

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
Εργαστήριο Βελτίωσης Φυτών και Γεωργικού Πειραματισμού

Διδακτορική Διατριβή

Μαριόλης Α. Νικόλαος

**«Αξιολόγηση και Βελτίωση Ποικιλιών Αραβοσίτου για την
Αειφορική Παραγωγή Βιοκαυσίμων στην Ελλάδα»**

Επιβλέπων Καθηγητής: Σκαράκης Ν. Γεώργιος

ΑΘΗΝΑ, Φεβρουάριος 2016

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
Εργαστήριο Βελτίωσης Φυτών και Γεωργικού Πειραματισμού

Διδακτορική Διατριβή

Μαριόλης Α. Νικόλαος

**«Αξιολόγηση και Βελτίωση Ποικιλιών Αραβοσίτου για την
Αειφορική Παραγωγή Βιοκαυσίμων στην Ελλάδα»**

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

Σκαράκης Γεώργιος, Καθηγητής Γ.Π.Α. (Επιβλέπων)

Γούλας Χρήστος, Καθηγητής Π.Θ. (Μέλος)

Παπαδάκης Γεώργιος, Καθηγητής Γ.Π.Α. (Μέλος)

Επταμελής Εξεταστική Επιτροπή

Σκαράκης Γεώργιος, Καθηγητής Γ.Π.Α.

Γούλας Χρήστος, Καθηγητής Π.Θ. (Μέλος)

Παπαδάκης Γεώργιος, Καθηγητής Γ.Π.Α. (Μέλος)

Μπεμπέλη Πηνελόπη, Καθηγήτρια Γ.Π.Α.

Μενεξές Γεώργιος, Επ Καθηγητής Α.Π.Θ

Τάνη Ελένη, Λέκτορας Γ.Π.Α

Παυλή Ουρανία, Λέκτορας Π.Θ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ξεκινώντας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Σκαράκη Ν. Γεώργιο για την δυνατότητα την οποία μου έδωσε ώστε να πραγματοποιήσω αυτήν την επιθυμία μου, καθώς επίσης και για τις πολύτιμες συμβουλές και την επιστημονική υποστήριξη την οποία μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια αυτών των επτά και πλέον ετών. Στον ίδιο βαθμό να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ Γούλα Χρήστο, καθώς το αμέριστο ενδιαφέρον του, η συνεχής υποστήριξη και η ουσιαστική βοήθεια εκ μέρους του υπήρξαν καθοριστικές. Κάθε συνάντηση μαζί του ήταν για μένα ένα ραντεβού με τη γνώση.

Πάνω απ' όλα όμως και τους δυο καθηγητές μου θα ήθελα να τους ευχαριστήσω για την ηθική στήριξη και τις ατελείωτες ώρες που αφιέρωσαν για την παρούσα μελέτη. Θερμές ευχαριστίες οφείλω στα μέλη της συμβουλευτικής επιτροπής κ^ο Μενεξέ Γεώργιο, κ^α Μπεμπέλη Πηνελόπη, κ^ο Παπαδάκη Γεώργιο, κ^α Ελένη Τάνη για τις αναμφισβήτητα πολύτιμες και στοχευμένες παρεμβάσεις τους, οι οποίες συνέβαλαν ουσιαστικά στην πληρέστερη ολοκλήρωση της μελέτης μου.

Σε αυτό το σημείο, θα ήθελα ιδιαίτερος να ευχαριστήσω τη συνάδελφο κ^α Παυλή Ουρανία επίσης μέλος της συμβουλευτικής επιτροπής για την επιστημονική στήριξη που μου παρείχε και τις πάντα εύστοχες παρατηρήσεις, όπως και το συνάδελφο Ph D Βλάχο Ε Χρήστο για την πολύτιμη βοήθεια κατά τη διεξαγωγή των πειραμάτων αγρού και την ανιδιοτελή συμπαράσταση. Τόσο η Ράνια όσο και ο Χρήστος στάθηκαν στο πλευρό μου και υπήρξαν ακούραστοι συνοδοιπόροι καθ' όλη τη διάρκεια του διδακτορικού μου.

Θέλω να ευχαριστήσω τον κ^ο Ευγενίδη Γεώργιο (τέως Διευθυντή του Ινστιτούτου Σιτηρών ΕΘΙΑΓΕ), τον κ^ο Κορπέτη Ευάγγελο (Οργανισμό Δήμητρα) και την κ^α Μιχάλακ Βασιλική (Ινστιτούτο Τυποποίησης Δημητριακών) για το ενδιαφέρον και την πολύτιμη βοήθεια τους, συμβάλλοντας ουσιαστικά στο πειραματικό και εργαστηριακό μέρος της διατριβής μου.

Συνεχίζοντας, θα ήθελα να ευχαριστήσω το προσωπικό του εργαστηρίου Βελτίωσης Φυτών και Γεωργικού Πειραματισμού του Γ.Π.Α., το προσωπικό του αγροκτήματος του Γ.Π.Α. στην περιοχή της Κωπαΐδας, το προσωπικό του αγροκτήματος του Οργανισμού Δήμητρα (Ινστιτούτου Σιτηρών ΕΘΙΑΓΕ) στην Θέρμη Θεσσαλονίκης

και τον κ^ο Στεφανίδη Κωνσταντίνο στις Μουριές Κυκλάδων για τη βοήθεια που μου παρείχαν, ώστε να ολοκληρωθεί αυτή η εργασία.

Θέλω να ευχαριστήσω από το βάθος της καρδιά μου όλους ανεξαιρέτως τους συνάδελφους μου στην PIONEER Hi Bred HELLAS ΑΕ, οι οποίοι όλα αυτά τα χρόνια ήταν δίπλα μου και αισθάνθηκα αυτή την εργασία δική τους. Ιδιαίτερη αναφορά θα κάνω για τον Ph D Ζανάκη Γεώργιο για την ηθική στήριξη της όλης αυτής προσπάθειας.

Και επειδή η στήριξη από επιστημονικής άποψης δεν αποτελεί το αποκλειστικό ζητούμενο για την ολοκλήρωση ενός διδακτορικού, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα αδέρφια μου και τις οικογένειες τους, η συμπαράσταση των οποίων αποτέλεσε πολύτιμο αρωγό στην προσπάθεια μου να φέρω εις πέρας το δύσκολο αυτό έργο.

Μια απλή ευχαριστία δεν θα ήταν αρκετή ώστε να εκφράσω αυτό που αισθάνομαι για την στήριξη της συντρόφου μου κ^ας Έλενας Ανανιάδου. Με την υπομονή και την κατανόησή της, με τις ατέλειωτες ώρες εργασίας στο χωράφι δίπλα μου, συνέβαλε ώστε να κλείσω αυτόν τον κύκλο, στηρίζοντας με τόσο ηθικά όσο και πρακτικά.

Τέλος να ζητήσω ταπεινά συγγνώμη από την μονάκριβη Δανάη μου που όλα αυτά τα χρόνια στερήθηκε ο ένας τον άλλον. Εύχομαι αυτή η προσπάθεια αυτή να αποτελέσει ένα μικρό φάρο για την ζωή της.

Το διδακτορικό ήταν ένας ακόμη στόχος. Όλα αυτά τα χρόνια, μπορεί να υπήρχαν στιγμές έντασης, πίεσης και επίμονης προσπάθειας, ποτέ δεν το μετάνιωσα. Ζούσα την κάθε στιγμή, απολάμβανα το ταξίδι. Και τώρα, στο τέλος της διαδρομής, καθώς γυρίζω πίσω, το συναισθήματα με οδηγούν στο είμαι χαρούμενος για αυτό το οποίο πραγματοποίησα, δηλαδή γνωρίζοντας αξιοσημείωτους ανθρώπους και κερδίζοντας γνώση !!!

Μαριόλης Α. Νικόλαος
Αθήνα, Φεβρουάριος 2016

Στην Ιερή Μνήμη των γονιών μου

Στην Μονάκριβη Δανάη μου

Στην Έλενα

Στην Χριστίνα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εγχώρια παραγωγή βιοκαυσίμων, και συγκεκριμένα βιοαιθανόλης, αφενός μεν θα συνεισφέρει στην υλοποίηση των στόχων που έχουν τεθεί από την ΕΕ για τη χρήση ΑΠΕ, αφετέρου θα βοηθήσει στην περιφερειακή οικονομική ανάπτυξη της χώρας. Η οποιαδήποτε σοβαρή προσπάθεια παραγωγής βιοαιθανόλης πρώτης ή/και δεύτερης γενιάς στη χώρα μας, απαιτεί την διεξοδική μελέτη όλων των συντελεστών διαμόρφωσης του κόστους της βιομάζας που αποτελεί το 70% περίπου του συνολικού κόστους του τελικού προϊόντος μιας τέτοιας επιχειρηματικής δραστηριότητας. Στο πλαίσιο αυτό, βασικότατος παράγοντας για τη βιωσιμότητα της παραγωγής βιοαιθανόλης είναι η αποδοτικότητα και ποιοτική καταλληλότητα των καλλιεργούμενων ποικιλιών καλαμποκιού.

Δομημένη σε αντίστοιχα κεφάλαια-ενότητες, η διατριβή αυτή σκοπούσε στην α) διερεύνηση του παραγωγικού δυναμικού εμπορικών υβριδίων καλαμποκιού στις συνθήκες της χώρας μας για παραγωγή βιοαιθανόλης πρώτης η/και δεύτερης γενιάς, β) μελέτη της δυνατότητας έναρξης προγράμματος γενετικής βελτίωσης για παραγωγή ποικιλιών καλαμποκιού προσαρμοσμένων στις αγροκλιματικές συνθήκες της χώρας μας, γ) βελτίωση συγκεκριμένου επιλεγμένου πληθυσμού ως προς τα γνωρίσματα που ενδιαφέρουν στην αξιοποίηση ποικιλιών για την παραγωγή βιοαιθανόλης και δ) μελέτη της αειφορίας της καλλιέργειας του καλαμποκιού στη χώρα μας.

Αξιολογήθηκαν οι πλέον επιτυχημένες σήμερα στη χώρα εμπορικές ποικιλίες αραβοσίτου και αποκτήθηκε πρωτογενής πληροφόρηση για την καταλληλότητα των ποικιλιών αυτών όσον αφορά στο δυναμικό άμεσης παραγωγής βιοαιθανόλης πρώτης γενιάς από τον καρπό, η/και δεύτερης γενιάς από τα λιγνοκυτταρινούχα υπολείμματα της καλλιέργειας. Ταυτόχρονα εκτιμήθηκαν όλες εκείνες οι γενετικές παράμετροι που διέπουν τα συστατικά της παραγωγής αυτής και χρησιμεύουν για την πρόβλεψη της δυνατότητας ανάπτυξης επιτυχούς προγράμματος δημιουργίας κατάλληλων για την χώρα ποικιλιών. Από την αξιολόγηση του παραγωγικού δυναμικού των εμπορικών αυτών υβριδίων προέκυψε ότι αυτό είναι ιδιαίτερα υψηλό και επιτρέπει την άμεση και αξιόπιστη αξιοποίηση του για παραγωγή βιοαιθανόλης πρώτης η/και δεύτερης γενιάς εάν υπάρξουν οι κατάλληλες παραγωγικές μονάδες. Με δεδομένη τη σχετική βαρύτητα της απόδοσης του καρπού στην διαμόρφωση του ολικού αμύλου, που με τη σειρά του διαμορφώνει την τελικώς παραγόμενη ποσότητα βιοαιθανόλης πρώτης γενιάς, η απόδοση του καρπού αποτελεί τον σημαντικότερο συντελεστής διαφοροποίησης μεταξύ των ποικιλιών. Οι πλέον αποδοτικές ποικιλίες για την παραγωγή βιοαιθανόλης πρώτης γενιάς, ήταν και οι αποδοτικότερες και για την παραγωγή βιοαιθανόλης δεύτερης γενιάς, επιτρέποντας την επιθυμητή συνδυασμένη χρήση παραγωγής των ποικιλιών αυτών τόσο για ζωοτροφές όσο και για την παραγωγή βιοαιθανόλης δεύτερης γενιάς. Όσον αφορά στη δυνατότητα αξιοποίησης του γενετικού υλικού που θα προέλθει από τις παραπάνω εμπορικές ποικιλίες, η περιορισμένη διαθέσιμη γενετική παραλλακτικότητα για τα χαρακτηριστικά ενδιαφέροντος οδήγησε στο

συμπέρασμα ότι άξια λόγου γενετική πρόοδος μπορεί να επιτευχθεί μόνο με επιλογές βασιζόμενες σε επιλογή απογονικών σχημάτων. Ο νέος δείκτης αξιολόγησης-επιλογής που δημιουργήθηκε στο πλαίσιο της μελέτης, παρέχει σημαντικές δυνατότητες αξιοποίησής του από σχετικά βελτιωτικά προγράμματα. Από την εφαρμογή του στα δεδομένα αυτής της διατριβής, διαφοροποιήθηκε σημαντικά η παραγωγική κατεύθυνση καρπού έναντι του ενσίρωματος. Με βάση τον ίδιο δείκτη, είναι εμφανές ότι οι μεγαλύτερη ποσότητα βιοαιθανόλης (σύνολο πρώτης και δεύτερης γενιάς) μπορεί να προέλθει από την καλλιέργεια ποικιλιών διπλής χρήσης, δηλαδή για καρπό και ενσίρωμα.

Για την εγκαθίδρυση ενός νέου στοχευμένου βελτιωτικού προγράμματος για τη δημιουργία ποικιλιών κατάλληλων για την παραγωγή βιοαιθανόλης, συντέθηκε επίσης ένας αρχικός προς βελτίωση πληθυσμός από τον εμπλουτισμό σύγχρονου υψηλής απόδοσης γενετικού υλικού με τοπικό γενετικό υλικό και πραγματοποιήθηκαν τρεις κύκλοι αμφίπλευρης μαζικής επιλογής ως προσέγγιση ποσοτικής γενετικής ανάλυσης και διερεύνησης των δυνατοτήτων επιτυχίας σχετικού βελτιωτικού προγράμματος για την παραγωγή πρώτης και δεύτερης γενιάς βιοαιθανόλης. Αξιοποιήθηκε ο ελληνικός αβελτίωτος πληθυσμός GROPI79 ο οποίος παρά το γεγονός ότι εμφάνισε το χαμηλότερο παραγωγικό δυναμικό ως προς την απόδοση σε καρπό, εν τούτοις η F_1 του πληθυσμιακού υβριδίου του, ήταν στον μέσο όρο των γονέων (MP)=99.2%. Το πληθυσμιακό υβρίδιο PRH3.12xGROPI79 επιλέχτηκε επίσης για τον πληθυσμό εκκίνησης λαμβάνοντας υπ όψιν α) την αγρονομική συμπεριφορά των πληθυσμιακών υβριδίων για τα χαρακτηριστικά απόδοση σε ολικό άμυλο, καρπό, άξονες, υγρασία συγκομιδής, ημέρες άνθισης και ASI., β) την ετερωτική συμπεριφορά των πληθυσμιακών υβριδίων ως προς την μεσογονική τιμή των για τα παραπάνω χαρακτηριστικά καθώς και γ) την αξιοποίηση πηγών αβελτίωτου γενετικού υλικού το οποίο εν δυνάμει μπορεί να αυξήσει την παραλλακτικότητα σε βελτιωμένο υλικό και δεδομένου ότι επιδίωξη ήταν να μελετηθεί η δυνατότητα εμπλουτισμού (*introgression*) σύγχρονου γενετικού υλικού με τοπικό γενετικό υλικό.

Με βάση όλες τις αναλύσεις των παραγωγικών χαρακτηριστικών καθώς και των γενετικών παραμέτρων τους, τα αποτελέσματα μετά το πέρας τριών κύκλων επιλογής υπήρξαν ιδιαίτερα ενθαρρυντικά για την δυνατότητα σύνθεσης ποικιλιών - υβριδίων καλαμποκιού κατάλληλων για την παραγωγή βιοαιθανόλης τόσο πρώτης όσο και δεύτερης γενιάς.

Απαραίτητη προϋπόθεση για την παραγωγή και διάθεση βιοαιθανόλης για υποκατάσταση μέρους της βενζίνης είναι η συμμόρφωση της όλης παραγωγικής διαδικασίας με συγκεκριμένα κριτήρια αειφορίας που έχουν τεθεί σε Ευρωπαϊκό επίπεδο. Για το λόγο αυτό, έγινε μια πρώτη λεπτομερής, και με βάση τα δεδομένα της γεωργικής πράξης στη ζώνη καλλιέργειας του καλαμποκιού στη χώρα μας, μελέτη της αειφορίας της παραγωγής βιοαιθανόλης α' γενιάς στη χώρα μας. Η ανάλυση κύκλου ζωής έδειξε ότι στο σύνολο των ζωνών αυτών μπορούν να πληρούνται τα κριτήρια αειφορίας όπως έχουν θεσπισθεί από την ΕΕ.

ABSTRACT

The purpose of this dissertation was to investigate the possibilities for an economically viable production of first and/or second generation bioethanol, exploiting locally bred and produced maize hybrid varieties. Structured into four chapters/sections, the study concentrated on a) determining the potential of well established in the country commercial hybrids for the production of the aforementioned biofuels, b) looking at the feasibility to launch an dedicated maize breeding program aiming at producing hybrids specifically adapted to the agroclimatic conditions of Greece, c) the synthesis and improvement of a population, developed by the use of an old local OP variety (landrace), for all traits relevant to the biofuel production and d) assessing the life cycle of bioethanol to be produced and comparing them to the mandatory sustainability criteria as set by the EU.

The results of the different studies proved quite promising for the local production of bioethanol. Currently grown imported varieties could immediately be utilized, if biofuel plants were constructed nearby the cultivation zones. Most importantly though, the three-years population improvement program provided reasonably certain indications that new productive hybrid varieties are possible through a breeding approach exploiting locally adapted germplasm in combination with advanced imported material.

Finally, the life cycle assessment of the crop and bioethanol production, revealed that in most cultivation zones of maize the sustainability criteria are met.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	9
ΓΕΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	9
1.1. ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΟΥ ΓΕΝΟΥΣ <i>Zea</i>	9
1.2. ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ <i>Zea mays</i> L.	10
1.3. ΦΥΛΕΣ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ <i>Zea mays</i> L.	11
1.4. ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ.	13
1.4.1. Γενετική Βελτίωση Πληθυσμών.....	15
1.4.2. Πηγές, Δημιουργία και Βελτίωση Καθαρών Σειρών	18
1.4.3. Δημιουργία Εμπορικών Υβριδίων.....	20
1.5. ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΟΥ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ	21
1.5.1. Βελτίωση Επιθυμητών Χαρακτηριστικών για την παραγωγή Βιοαιθανόλης πρώτης και δεύτερης γενιάς.....	22
1.6. ΓΕΝΕΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ.....	27
1.7. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ	30
1.8. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΠΡΩΤΗΣ ΓΕΝΕΑΣ ΑΠΟ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ. 30	
1.9. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΔΕΥΤΕΡΗΣ ΓΕΝΙΑΣ ΑΠΟ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ	33
1.10. ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ ΠΡΩΤΗΣ VS. ΔΕΥΤΕΡΗΣ ΓΕΝΙΑΣ.....	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	38
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΕΜΠΟΡΙΚΩΝ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ	38
ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	38
2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	38
2.1.1. Η ιστορία του καλαμποκιού στην Ελλάδα	39
2.1.2. Χρήση και κατανάλωση του καλαμποκιού στην Ελλάδα	43

2.2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	44
2.2.1. Πειραματισμός Αξιολόγησης Υβριδίων 2008-2011.....	44
2.2.2. Εκτίμηση Παραγωγής Βιοαιθανόλης	48
2.2.3. Επεξεργασία Δεδομένων	49
2.2.4. Εκτίμηση γενετικών παραμέτρων	49
2.2.5. Γενετική και Φαινοτυπική Συσχέτιση Χαρακτηριστικών	50
2.2.6. Μεθοδολογία κατασκευής δείκτη αξιολόγησης της επίδοσης των γονοτύπων για την παραγωγή βιοαιθανόλης α' και β' γενεάς.....	51
2.3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	57
2.3.1. Πειραματισμός αγρού.....	57
2.3.2. Γενετική και Φαινοτυπική συσχέτιση χαρακτηριστικών	66
2.3.3. Γενετικές παράμετροι.....	71
2.3.4. Εφαρμογή του νέου δείκτη αξιολόγησης της απόδοσης για την παραγωγή βιοαιθανόλης α' και β' γενεάς.....	74
2.4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	75
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	78
ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΠΡΩΤΗΣ ΓΕΝΙΑΣ	78
ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	78
3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	78
3.2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	80
3.2.1. Γενεαλογία και Περιγραφή Πληθυσμών	80
3.2.2. Κριτήρια Επιλογής Πληθυσμών.....	81
3.2.3. Αξιολόγηση Γενετικού Υλικού 2008-2009	82
3.2.4. Αξιολόγηση Γενετικού Υλικού 2010	85
3.2.5. Γενεαλογικός Αγρός 2010-2013.....	87
3.2.6. Πειραματισμός 2014.....	94
3.2.7. Αξιολόγηση Προόδου Επιλογής.....	97
3.2.8. Επεξεργασία Δεδομένων	105

3.2.9. Γενετικές Παράμετροι	105
3.2.10. Μεθοδολογία κατασκευής δείκτη αξιολόγησης των αγρονομικών χαρακτηριστικών γονοτύπων για την παραγωγή βιοαιθανόλης πρώτης και δεύτερης γενιάς.....	106
3.3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΣΥΖΗΤΗΣΗ.	108
3.3.1. Πειραματισμός και Αξιολόγηση του Γενετικού Υλικού 2008-2009.....	108
3.3.2. Πειραματισμός και Αξιολόγηση του Γενετικού Υλικού 2010.....	115
3.3.3. Γενεαλογικός Αγρός 2010-2013.....	121
3.3.4. Αποτελεσματικότητα της Έμμεσης Επιλογής.....	138
3.3.5. Φαινοτυπική συσχέτιση του χαρακτηριστικού επιλογής και των επιθυμητών χαρακτηριστικών των πληθυσμών υψηλής και χαμηλής απόδοσης σε άμυλο ανά γενιά επιλογής.....	140
3.3.6. Πειραματισμός 2014.....	141
3.3.7. Εφαρμογή του δείκτη αξιολόγησης των αγρονομικών χαρακτηριστικών γονοτύπων για την παραγωγή βιοαιθανόλης πρώτης και δεύτερης γενιάς.	161
3.4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	164
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	167
ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ ΔΕΥΤΕΡΗΣ ΓΕΝΙΑΣ.....	167
4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	167
4.1.1. Παράγωγή βιοαιθανόλης από άξονες καλαμποκιού.....	167
4.1.2. Παραγωγή Βιοαιθανόλης από Βιομάζα Καλαμποκιού.....	173
4.2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	188
4.2.1. Πειραματισμός, Αξιολόγηση, Δημιουργία και Επιλογή Βασικού Γενετικού Υλικού (2008-2010).	188
4.2.2. Γενεαλογικός Αγρός 2010-2013.....	188
4.2.3. Πειραματισμός και Αξιολόγηση 2014.....	188
4.3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ, ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	190
4.3.1. Πειραματισμός, Αξιολόγηση, Δημιουργία και Επιλογή Βασικού Γενετικού Υλικού (2008-2010).....	190
4.3.2. Έμμεση Επίδραση της Αμφίπλευρης Επιλογής για Ολικό Άμυλο στα Χαρακτηριστικά της Βιομάζας.....	190

4.3.3. Φαινοτυπική συσχέτιση του Χαρακτηριστικού Επιλογής (ολικό άμυλο) και των χαρακτηριστικών για την παραγωγή βιοαιθανόλης-Απόδοση σε άξονες και Απόδοση σε βιομάζα-των πληθυσμών υψηλής και χαμηλής απόδοσης σε άμυλο ανά γενεά επιλογής	192
4.3.4. Πειραματισμός 2014.....	193
4.4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	217
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	220
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΕΙΦΟΡΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ	220
ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	220
5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	220
5.2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	221
5.2.1. Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου κατά τη φάση της καλλιέργειας.....	221
5.2.2. Τυπικές εκπομπές κατά τη φάση της καλλιέργειας.....	224
5.2.3. Τυπικές εκπομπές μετά τη φάση της καλλιέργειας	225
5.2.4. Μείωση εκπομπών GHG από τη χρήση της βιοαιθανόλης	225
5.2.5. Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου στην καλλιέργεια του καλαμποκιού	226
5.3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	227
5.3.1. Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου κατά τη φάση της καλλιέργειας.....	227
5.3.2. Τυπικές εκπομπές κατά τη φάση της καλλιέργειας.....	230
5.3.3. Μείωση Εκπομπών GHG	231
5.3.4. Εκπομπές Αερίων θερμοκηπίου στη ζώνη καλλιέργειας του καλαμποκιού.....	232
5.4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	237
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	242
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	257

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το αναβαθμισμένο ενδιαφέρον για την ανάπτυξη και χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) στην ΕΕ, όπως φυσικά και στον υπόλοιπο κόσμο, οφείλεται στην επιτακτική ανάγκη άμεσων και αποτελεσματικών λύσεων στα σημαντικότερα προβλήματα που σχετίζονται με την προστασία του περιβάλλοντος μέσω της μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την έντονη εξάρτηση των εθνικών οικονομιών από εξωτερικές και ασταθείς πηγές ορυκτών καυσίμων. Ιδιαίτερα όσον αφορά στην αξιοποίηση αγροτικών προϊόντων και παραπροϊόντων για την παραγωγή βιοκαυσίμων, πρόσθετος παράγων είναι η επιθυμία στήριξης του αγροτικού τομέα και η διεύρυνση των βιώσιμων επιχειρηματικών επιλογών του μετά και την τελευταία αναθεώρηση της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής.

Οι προσπάθειες για την χρήση εναλλακτικών-ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, με έμφαση μάλιστα στην αξιοποίηση φυτικής βιομάζας ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοκαυσίμων, είχαν την αφετηρία τους στα μέσα-τέλη της δεκαετίας του '70 με την κρίση στις διεθνείς τιμές του πετρελαίου. Καταβλήθηκαν τότε σημαντικές προσπάθειες για μελέτες της καταλληλότητας διάφορων συμβατικών και αμιγώς ενεργειακών καλλιεργειών ως πρώτες ύλες. Η μετέπειτα υποχώρηση και σταθεροποίηση των τιμών του αργού πετρελαίου σε χαμηλά επίπεδα είχε ως αποτέλεσμα πολλές από αυτές τις ερευνητικές προσπάθειες να μην ολοκληρωθούν και τα ευρήματά του να μείνουν ανεκμετάλλευτα. Παρά το ότι οι τιμές αυτές ευρίσκονται σήμερα και πάλι σε χαμηλά επίπεδα, δεν υπάρχει τίποτα που να εγγυάται παρόμοια συνέχεια ενώ ταυτόχρονα οι περιβαλλοντικοί και γεωπολιτικοί λόγοι υιοθέτησης των βιοκαυσίμων απέκτησαν εξαιρετική βαρύτητα. Ως αποτέλεσμα, η παραγωγή και οικονομικά βιώσιμη αξιοποίηση βιοκαυσίμων αποτελεί κύριο ζητούμενο γνωρίζει σήμερα ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

Η ΕΕ υπήρξε ανέκαθεν πρωτοπόρος στην προώθηση των ΑΠΕ, στοχεύοντας στην ανάπτυξη μιας οικονομίας υψηλής ενεργειακής αποτελεσματικότητας και ταυτόχρονα στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (ΑΕΘ) στο πλαίσιο τήρησης διεθνών δεσμεύσεων. Η ανανεώσιμη ενέργεια στην ΕΕ σήμερα έχει ετήσιο κύκλο εργασιών πάνω από 50 δισεκατομμύρια ευρώ και δημιουργεί 550.000 θέσεις εργασίας. Υπάρχει πλέον σαφής επιστημονική τεκμηρίωση ότι οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, όπως το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το μεθάνιο (CH₄) και το οξείδιο του αζώτου (N₂O) που παράγονται από την χρήση ορυκτών καυσίμων καθώς και από την αλλαγή χρήσης της γης, ευθύνονται για τις κλιματικές αλλαγές. Ο ρυθμός μεγέθυνσης των εκπομπών αυτών συμβαδίζει με την αύξηση του πληθυσμού και με την κατά κεφαλή μεγαλύτερη ζήτηση ενέργειας. Κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, οι υψηλότεροι ρυθμοί αύξησης των εκπομπών ΑΕΘ σε κάθε οικονομικό τομέα προέρχεται από τις μεταφορές. Προβλέπεται μάλιστα ότι το 2030 η χρήση ενέργειας διεθνώς στις μεταφορές και οι συνακόλουθες εκπομπές θα είναι κατά 80% αυξημένες σε σχέση με τα σημερινά επίπεδα.

Ως αποτέλεσμα των παραπάνω, έχουν τεθεί ιδιαίτερα φιλόδοξοι στόχοι για την αύξηση του ποσοστού των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη συνολική κατανάλωση ενέργειας από τα κράτη μέλη της. Με βάση στόχους που τέθηκαν για πρώτη φορά το 2007, η Οδηγία Ανανεώσιμης Ενέργειας (2009) που αποτελεί υποχρεωτική νομοθεσία για την εξασφάλιση των κλιματικών και ενεργειακών στόχων της ΕΕ για το έτος 2020, περιλαμβάνει τρεις βασικούς στόχους:

- μείωση κατά 20% των εκπομπών ΑΕΘ (με βάση τα επίπεδα του 1990)
- συμμετοχή κατά 20% των ΑΠΕ στην κατανάλωση ενέργειας στην ΕΕ
- αύξηση της ενεργειακής αποτελεσματικότητας κατά 20%

Επιπρόσθετα, το 10% των καυσίμων για τις μεταφορές θα πρέπει να αντικατασταθεί από βιοκαύσιμα. Η συμμετοχή του τομέα των μεταφορών στην κατανάλωση ενέργειας στην ΕΕ εκτιμάται στο 30%, με το 21% περίπου των συνολικών εκπομπών ΑΕΘ να οφείλονται σε αυτές. Το γεγονός αυτό ακριβώς αιτιολογεί και την ιδιαίτερη σπουδαιότητα που δίδεται στην ανάπτυξη του τομέα της βιοενέργειας και ειδικότερα στην παραγωγή υγρών κυρίως βιοκαυσίμων, ώστε να μειωθούν στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό οι εκπομπές αυτές από τη χρήση ντίζελ και βενζίνης για την κίνηση των οχημάτων.

Ερωτηματικά ως προς την προκύπτουσα ωφέλεια της χρήσης βιοκαυσίμων πρώτης γενιάς σε σχέση κυρίως με την αλλαγή χρήσης γης, το ενεργειακό ισοζύγιο, το πραγματικό ποσοστό μείωσης των ΑΕΘ και τη βιοποικιλότητα, οδήγησε την ΕΕ στην θέσπιση υποχρεωτικών κριτηρίων αειφορίας που πρέπει να χαρακτηρίζουν τα βιοκαύσιμα, διατηρώντας ακέραιους τους ποσοτικούς της στόχους. Με βάση αυτά τα κριτήρια δίδεται ιδιαίτερη ώθηση στα βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς. Οι κύριες μορφές αξιοποιήσιμης φυτικής βιομάζας για παραγωγή βιοκαυσίμων είναι α) τα αμυλούχα, ζαχαρούχα και ελαιούχα φυτά (βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς) και β) οι ενεργειακές καλλιέργειες και τα υπολείμματα γεωργικών και δασικών καλλιεργειών (βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς).

Η βιοαιθανόλη διαδραματίζει στη φάση αυτή δευτερεύοντα ρόλο στα βιοκαύσιμα της ΕΕ σε σύγκριση με το βιοντίζελ που αντιπροσωπεύει το 80% της συνολικής παραγωγής βιοκαυσίμων. Το δυναμικό παραγωγής βιοαιθανόλης πρώτης γενιάς τετραπλασιάστηκε από το 2006 μέχρι το 2013 με την πλειονότητα του δυναμικού αυτού να εγκαθίσταται στη Γαλλία, τις χώρες της Benelux, το Ηνωμένο Βασίλειο, την Ισπανία, την Πολωνία και την Ουγγαρία. Το 2015, η βιοαιθανόλη αυτή παράχθηκε από 20 κράτη μέλη, σε 98 εργοστασιακές μονάδες και η συνολική ποσότητα ανήλθε στα 5,3 δισεκατομμύρια λίτρα περίπου. Παράγεται κυρίως από σιτάρι (ΒΔ Ευρώπη), καλαμπόκι (Κ. Ευρώπη και Ισπανία) και παραπροϊόντα ζαχαροτεύτων (ΒΔ Ευρώπη, Τσεχία). Λόγω της μεγάλης παγκόσμιας παραγωγής και της πτώσης των τιμών του καλαμποκιού, οι παραγωγοί της ΒΔ Ευρώπης πέρασαν το 2013 και 2014 στη χρήση μη-ΓΤ καλαμποκιού με εισαγωγές κυρίως από την Ουκρανία. Τοπικά παραγόμενο καλαμπόκι χρησιμοποιήθηκε ιδιαίτερα στην

Ουγγαρία. Οι χρησιμοποιηθείσες ποσότητες πρώτων υλών ήταν 10.1 MMT σιτηρών και 11.2 MMT ζαχαροτεύτλων, ποσότητες που αντιστοιχούν στο 3.0% και 8.8% της συνολικής παραγωγής σιτηρών και ζαχαροτεύτλων αντίστοιχα.

Εκτεταμένη προσπάθεια όμως επίσης αφορά και στην παραγωγή και χρήση βιοαιθανόλης δεύτερης γενιάς από λιγνοκυτταρινούχων πρώτων υλών. Μέχρι σήμερα, η εμπορική παραγωγή βιοαιθανόλης από λιγνοκυτταρίνη περιορίζεται στην ΕΕ. Στην Ιταλία η Beta Renewables λειτουργεί από το 2013 στο Crescentino μια μονάδα με δυναμικό παραγωγής 75 εκατομ. λίτρων αξιοποιώντας 270,000 MT βιομάζας. Οι πρώτες ύλες στη φάση αυτή είναι μόνο άχυρα σίτου ενώ μπορεί να αξιοποιηθούν άχυρα και φλοιοί ρυζιού καθώς και καλάμι (*Arundo donax*) που αναπτύσσεται σε οριακά εδάφη. Έχει επίσης ανακοινωθεί η πρόθεση της κυβέρνησης να χρηματοδοτήσει την κατασκευή τριών νέων μονάδων στη Ν. Ιταλία, με δυναμικό παραγωγής 100 εκατ. λίτρων βιοαιθανόλης κάθε μια τον χρόνο αξιοποιώντας άχυρο σίτου και ενεργειακά φυτά. Εκτός από τις παραπάνω μονάδες, έχει ανακοινωθεί η κατασκευή διάφορων άλλων μονάδων: στη Φιλανδία προγραμματίζεται για το 2016 η λειτουργία μονάδας 10 εκατ. λίτρων ενώ η Beta Renewables σχεδιάζει την αξιοποίηση της τεχνολογίας της σε μονάδα 70 εκατ. λίτρων στη Σλοβακία για το 2017. Στη Δανία επίσης σχεδιάζεται η κατασκευή μονάδας 80 εκατ. λίτρων ενώ στη Γαλλία αναμένεται η εμπορική αξιοποίηση του πιλοτικού προγράμματος Futuro1 από τη εταιρία Axens.

Στη χώρα μας η παραγωγή βιοκαυσίμων περιορίζεται μόνο στο βιοντίζελ. Η σχετική σημασία της βιοαιθανόλης πρόκειται όμως, όπως συμβαίνει ήδη διεθνώς, να καταστεί σημαντική και στη χώρα μας. Ενδεικτικά σημειώνεται ότι τα διυλιστήρια ζήτησαν 300 εκατ. λίτρα για το 2009, ενώ η ποσότητα στόχος για το 2010 ήταν 480 εκατ. λίτρα. Με βάση δε τους νέους στόχους της ΕΕ για το 2020, είναι προφανές ότι είναι θέμα χρόνου η στροφή προς τη βιοαιθανόλη από εγχώριες πρώτες ύλες. Παλαιότερα είχε εκδηλωθεί επενδυτικό ενδιαφέρον από την EBZ, που είχε δρομολογήσει τη διαδικασία μετατροπής των ζαχαρουργείων της στη Λάρισα και την Ξάνθη σε μονάδες παραγωγής βιοαιθανόλης ετήσιας συνολικής δυναμικότητας 330 εκατ. λίτρων. Δεν υπήρξε ποτέ συνέχεια στην προσπάθεια αυτή. Πρόσφατα έχει υπάρξει σοβαρό επενδυτικό ενδιαφέρον, και με τη στήριξη Τραπεζών, για την κατασκευή σε πρώτη φάση μιας μονάδας παραγωγής 50 εκατ. λίτρων βιοαιθανόλης ετησίως, αξιοποιώντας με πρώτες ύλες στελέχη-άξονες καλαμποκιού και άχυρα μικρών σιτηρών.

Η οποιαδήποτε σοβαρή προσπάθεια παραγωγής βιοαιθανόλης πρώτης ή/και δεύτερης γενιάς στη χώρα μας, απαιτεί την διεξοδική μελέτη όλων των συντελεστών διαμόρφωσης του κόστους της βιομάζας που αποτελεί το 70% περίπου του συνολικού κόστους του τελικού προϊόντος μιας τέτοιας επιχειρηματικής δραστηριότητας. Στο πλαίσιο αυτό, βασικότατος παράγοντας για τη βιωσιμότητα της παραγωγής βιοαιθανόλης είναι η αποδοτικότητα και ποιοτική καταλληλότητα των καλλιεργούμενων ποικιλιών καλαμποκιού.

Σκοπός αυτής της διατριβής ήταν α) η διερεύνηση του παραγωγικού δυναμικού εμπορικών υβριδίων καλαμποκιού στις συνθήκες της χώρας μας για παραγωγή βιοαιθανόλης πρώτης η/και δεύτερης γενιάς, β) η διερεύνηση της δυνατότητας έναρξης στοχευμένου σχετικού βελτιωτικού προγράμματος για την δημιουργία νέων ποικιλιών καλαμποκιού προσαρμοσμένων στις αγροκλιματικές συνθήκες της χώρας μας, γ) η βελτίωση συγκεκριμένου επιλεγμένου πληθυσμού ως προς τα γνωρίσματα που ενδιαφέρουν στην αξιοποίηση ποικιλιών για την παραγωγή βιοαιθανόλης και δ) η μελέτη της αειφορίας της καλλιέργειας του καλαμποκιού σύμφωνα με τις σχετικές Οδηγίες της ΕΕ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΓΕΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

1.1. ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΟΥ ΓΕΝΟΥΣ *Zea*

Τα είδη *Tripsacum* L. και *Zea* L. είναι μόνοικα είδη χόρτων ευρέως διαδομένα στον Νέο Κόσμο. Αυτά συνήθως ταξινομούνται μαζί με τα αντίστοιχα μόνοικα του Παλαιού Κόσμου *Coix* L., *Chionachne* R. Br., *Sclerachne* R. Br., *Polytoca* R. Br., *Trilobachne* Henr ως φυλή των Andropogoneae (Celarier, 1957). Τα μόνοικα είδη του Π και του Ν Κόσμου ωστόσο δεν είναι πολύ κοντινά με αποτέλεσμα ο Clayton (1973, 1981) να διαίρεση αυτά στις υποφυλές Tripsacinae (*Tripsacum*, *Zea*), Chionachninae (*Chionachne*, *Polytoca*, *Sclerachne*, *Trilobachne*) και Coicinae (*Coix*). Τα Tripsacinae είναι αναπαραγωγικά απομονωμένα από τα Chionachninae και Coicinae, όμως είδη των *Tripsacum* διασταυρώνονται με είδη των *Zea* είτε σαν πατέρας είτε σαν μητέρα.

Το γένος *Zea* έχει ταξινομηθεί από τους Doebley & Iltis (1980) και Iltis & Doebley (1980) οι οποίοι στον τομέα *Zea* συμπεριλαμβάνουν το *Z.mays* L και στον τομέα *Luxuriantes*, συμπεριλαμβάνουν τα *Z. luxurians* (Durieu & Ascherson) Bird, *Z. diploperennis* Iltis, Doebley & Guzman και *Perennis* (Hitchc.) Reeves & Mangelsdorf. Το γένος *Z. mays* L. προέρχεται από την Κ. Αμερική και έχει φυσική διασπορά. Λόγο της μεγάλης ποικιλομορφίας το *Z.mays* L. είναι επιπλέον υποδιαιρεμένο, στο υποείδος *mays* το οποίο περιλαμβάνει όλες τις εξημερωμένες φυλές του καλαμποκιού, στο υποείδος *mexicana* (Schrad) (Iltis) το οποίο περιλαμβάνει το ετήσιο ζιζάνιο Teosintes και το, υποείδος *parviglumis* (Doebley & Iltis) το οποίο περιλαμβάνει το άγριο ετήσιο Teosintes εκτός από τα *Z. luxurians*. Η ποικιλομορφία μέσα στο υποείδος *parviglumis* αναγνωρίστηκε σαν *var parviglumis* και *var huehuetenengensis* (Iltis & Doebley) (De Wet J. M. J., 1991).

Η αντίληψη ότι το καλαμπόκι είναι μια βασική καλλιέργεια για την κατανάλωση του καρπού αποδεικνύεται από το όνομα του οποίου του δόθηκε από τους δυτικούς μελετητές. Το επιστημονικό όνομα *Zea* είναι ένας όρος Ελληνικός/Λατινικός και σημαίνει «καρπός όπως του σιταριού» και το είδος *mays* μια Taino-Arawakan λέξη και σημαίνει «αυτός ο οποίος δίνει ζωή-ο ζωοποιός». Οι αρχαιολογικές έρευνες και οι Εθνοϊστορικές αποδείξεις δείχνουν ότι οι Taino χρησιμοποιούσαν αυτόν το όρο για τις πνευματικές τους αναζητήσεις και όχι γιατί το καλαμπόκι αποτελούσε μια σημαντική καλλιέργεια για την κοινωνία τους (Staller J. E., 2009). Οι στενοί συγγενείς του εξημερωμένου καλαμποκιού ανήκουν στην ομάδα των τεσσάρων ετήσιων και διετών διπλοειδών ($2n=2x=20$) και τετραπλοειδών ειδών ($2n=4x=40$) μέσα στο γένος *Zea* τα οποία συνήθως αποκαλούνται Teosintes. Το όνομα Teosintes προέρχεται από την λέξη των Αζτέκων *teocintle* και μεταφράζεται ως «ο καρπός των Θεών». Οι Teosintes συναντώνται σε απομονωμένους αγρούς διαφόρων μεγεθών. στο Ν. Μεξικό και την Δ. Νικαράγουα και είναι ιθαγενή φυτά.

Κάποιες φυλές (Nobogame στο Ν. Μεξικό) έχουν στενή γεωγραφική διασπορά και υπάρχουν μόνο λίγοι τοπικοί πληθυσμοί. Οι Teosintes περιλαμβάνουν επτά ταξινομήσεις, οι οποίες χωρίζονται σε δυο τομείς και πέντε είδη. Οι Teosintes στο τομέα *Luxuriantes* (Doebly & Pitis) είναι γενετικά διαφορετικοί και έχουν διακριτή ταξινόμηση από αυτούς του τομέα *Zea* (στον οποίο τομέα περιλαμβάνεται το εξημερωμένο καλαμπόκι). Δυο από αυτούς είναι πολυετείς και πολλαπλασιάζονται δια μέσου ριζωμάτων. Μια άλλη ομάδα των άγριων συγγενών του καλαμποκιού είναι τα πολυετή είδη του γένους *Tripsacum* L. το οποίο είναι ο πιο στενός συγγενής του γένους *Zea* και βρίσκεται από τη Μασαχουσέτη των ΗΠΑ έως την Παραγουάη. Ο χρωμοσωμικός αριθμός του *Tripsacum* είναι $x=18$ και αυτός αντιπροσωπεύεται από διπλοειδή, τριπλοειδή, τετραπλοειδή καθώς και υψηλότερο επίπεδο πολυπλοειδή. Τα όρια των ειδών του *Tripsacum* είναι συχνά ασαφή, εξ αίτιας της ενδιάμεσης μορφής τους η οποία προκύπτει σαν αποτέλεσμα του απλού και φυσικού υβριδισμού. Αυτή την στιγμή 16 είδη αυτού του γένους είναι αναγνωρισμένα και χωρίζονται σε δυο τομείς: ο τομέας *Fasciculata* Hitch (5 είδη) και ο τομέας *Tripsacum* (11 είδη). Δώδεκα (12) από αυτά τα είδη είναι αυτόχθονα του Μεξικού και της Γουατεμάλας με το *T. dactyloides* (L.) να επεκτείνεται δια μέσου του Ανατολικού μισού των ΗΠΑ – περιλαμβάνοντας και τη ζώνη του καλαμποκιού στο Δυτικό μισό, ενώ τέσσερα (4) είδη είναι αυτόχθονα της Ν. Αμερικής (Meike S. Anderson and M. Carmen de Vicente (2010).

1.2. ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ *Zea mays* L.

Το καλαμπόκι προέρχεται από το Μεξικό και εξαπλώθηκε βορειότερα προς τον Καναδά και νοτιότερα προς την Αργεντινή. Παρ' ότι δευτερεύοντα κέντρα της καταγωγής είναι πιθανό να βρίσκονται στην Ν. Αμερική, οι παλαιότερες αρχαιολογικές ανακαλύψεις του καλαμποκιού (7000 χρόνια) βρέθηκαν στη Μεξικάνικη κοιλάδα Tehuacan. Τα θηλυκά άνθη του αραβοσίτου το 5000 π. Χ. είχαν φτάσει σε τέτοιο βαθμό εξειδίκευσης ώστε να αποκλείουν την πιθανότητα της φυσικής διασποράς του σπόρου, έτσι το παλαιότερο καλαμπόκι που κατεγράφη ήταν εξαρτώμενο από τον άνθρωπο για την επιβίωση του. Μεγάλος αριθμός θεωριών για την προέλευση έχει παρουσιαστεί με την πάροδο των χρόνων, μόνον δυο από αυτές έχουν σοβαρό υπόβαθρο σήμερα. Η μια είναι ότι ο ετήσιος Teosintes (*Z. mays* υποείδος *Mexicana* (Schrad) είναι ο άγριος γονέας του καλαμποκιού και η άλλη είναι ότι ένα άγριο είδος καλαμποκιού με περικόρπιο το οποίο τώρα εκλείπει ήταν ο πρόγονος του καλλιεργουμένου καλαμποκιού. Παρ' ότι οι περισσότερες μελέτες φαίνεται να αποδέχονται την πρώτη θεωρία άλλες μελέτες εξίσου πειστικά υποστηρίζουν την δεύτερη (Brown et al., 1984). Εκτός από τον πιθανό του ρόλο στην προέλευση του καλαμποκιού ο Teosintes (*Z. mays* υποείδος *Mexicana* (Schrad) έχει σημαντική επίδραση στην εξέλιξη του. Στο Μεξικό, ιδιαίτερα η διασταύρωση μεταξύ *Z. mays* L. και Teosintes (*Z. mays* υποείδος *Mexicana* (Schrad) έχει λάβει χώρα από αιώνες. Τα αποτελέσματα αποδεικνύονται από τη μορφολογία και την κυτταρολογία

αμφοτέρων των ειδών. Επί πλέον γένη του *Z. mays* L. με αντοχή σε σοβαρές ιώσεις ίσως έχουν δημιουργηθεί λόγω της ανάμειξης του γενετικού υλικού (introgression) με τον *Teosintes* (Brown et al., 1984).

Ακολουθώντας τους Ευρωπαίους στην ανακάλυψη της Αμερικής, το *Z. mays* L. μετακινήθηκε γρήγορα σε Ευρώπη, Αφρική και Ασία. Στην Ευρώπη εξαπλώθηκε βορειότερα σε περιοχές με μικρή βλαστική περίοδο όπως Γαλλία, Γερμανία, Αυστρία, και Α. Ευρώπη. Στην Αφρική το *Z. mays* L. έφτασε αργότερα προερχόμενο από τις Ν. Πολιτείες των ΗΠΑ, το Μεξικό και τις Α/Β Πολιτείες. Το *Z. mays* L. των πεδιάδων της Αφρικής είναι παρόμοιο με αυτό της Κ. και Ν. Αμερικής. Στην Ασία το πλέον διαδεδομένο και παραγωγικό *Z. mays* L. προέρχεται από τις Φυλές της Καραϊβικής (West Indian Races)-τύπου flint οι οποίες εισήλθαν σε σχετικά πρόσφατα χρόνια, ωστόσο παλαιότεροι, διακριτοί τύποι μπορούν επίσης να βρεθούν. Ενώ οι περισσότερες σύγχρονες φυλές του *Z. mays* L. προέρχονται από τις αρχικές οι οποίες δημιουργήθηκαν από τους πρώιμους ιθαγενείς βελτιωτές του Μεξικού της Κ. και Ν. Αμερικής, μια αξιοσημείωτη εξαίρεση αποτελεί η φυλή που δημιουργήθηκε μετά τον αποικισμό της Β. Αμερικής. Αυτή είναι η Corn Belt Dents, η οποία κυριαρχεί στις ζώνες καλλιέργειας των ΗΠΑ, Καναδά και Ευρώπης σήμερα. Η προέλευση και η εξέλιξη της αξιοσημείωτης αυτής φυλής έχει σαφώς στοιχειοθετηθεί και επιβεβαιωθεί. Στις αρχές του 1800 η μεγάλη κύκλου ωρίμανσης Virginia Gourdseed και η μικρού κύκλου ωρίμανσης Northern Flints διασταυρώθηκαν και η ανωτερότητα του υβριδίου αναγνωρίστηκε και περιγράφηκε. Η διασταύρωση επαναλήφθηκε πολλές φορές κατά την διάρκεια του αποικισμού στην δύση και από αυτές τις μίξεις προφανώς αναδύθηκε η Corn Belt Dents ως το περισσότερο παραγωγικό είδος σήμερα στον κόσμο. Η φυλή του Corn Belt Dent αποτέλεσε τη βάση υβριδισμού του καλαμποκιού και ήταν η πηγή για τις πρώτες ομομεικτες σειρές που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή υβριδίων. Το γενετικό υλικό αυτών των ποικιλιών (Reid Lancaster, Krug, etc.) δείχνει καταφανώς τους προγόνους των υβριδίων που χρησιμοποιούνται στην ζώνη καλαμποκιού (D. E. Farnham et al., 2003).

1.3. ΦΥΛΕΣ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ *Zea mays* L.

Περισσότερο από 70 χρόνια πριν, οι Anderson & Cutler (1942) εκδήλωσαν την ανάγκη για την ταξινόμηση της παραλλακτικότητας η οποία υπάρχει μεταξύ των φυλών του *Z. mays* L. (Goodman M. M. and W.L. Brown, 1988). Η βελτίωση ωφελείται από την κατανόηση της ιστορίας και τη γενετική παραλλακτικότητα μέσα στο είδος και τελικά το πλέον σημαντικό η αύξηση της γνώσης για τη γενετική και μορφολογική σύσταση των φυλών θα δείξει το δρόμο για την πλέον αποτελεσματική μείωση της γενετικής διάβρωσης. Όπως υποδεικνύεται από την έρευνα του Committee on Genetic Vulnerability of Major Crops of the National Academy of Sciences (1972), το καλαμπόκι υφίσταται μια βαθμιαία και συνεχή μείωση της γενετικής του παραλλακτικότητας για περισσότερο από 50 χρόνια. Η μείωση αυτή συνοδεύεται από την αύξηση της γενετικής του υποβάθμισης. Καθώς η γενετική βάση του υλικού το οποίο χρησιμοποιείται για εμπορικούς σκοπούς μειώνεται, ο κίνδυνος

για οικονομικές απώλειες εξ αίτιας ασθενειών, εντόμων, η ασυνήθιστων καταπονήσεων είναι αυξημένος. Το κλασικό παράδειγμα το οποίο συνδέεται με την ομοιομορφία της γενετικής βάσης είναι αυτό της επιδημίας του Southern leaf blight (*Bipolaris maydis*) το 1970. Η εμπειρία αυτή έφερε ξανά στην πραγματικότητα τους κινδύνους, οι οποίοι συνδέονται με τη γενετική διάβρωση για όλο το φάσμα των καλλιεργουμένων ειδών. Το μεγαλύτερο μέρος του γενετικού υλικού το οποίο χρησιμοποιείται σήμερα προέρχεται από την ανάμειξη μόνο των δυο κύριων φυλών (Virginia Gourdseed και Northern Flints) (Wallace and Brown, 1956).

Το απλούστερο μέσο για να διορθωθεί αυτή η κατάσταση είναι η ενσωμάτωση ή εισαγωγή (introgression) άλλου γενετικού υλικού στο υπάρχον, το οποίο βρίσκεται κυρίως σε εξωτικό γενετικό υλικό (exotic germplasm). Η πραγματοποίηση αυτού του εγχειρήματος είναι μια μεγάλη αποστολή. Υπάρχει τεράστια αποθήκη γενετικού υλικού εκτός ΗΠΑ το οποίο διαφέρει σημαντικά από το υπάρχον ως προς το δυναμικό του και είναι αναξιοποίητο. Αν και η γνώση μας για τις φυλές των τροπικών και υποτροπικών περιοχών δεν είναι ολοκληρωμένες, αυτή η οποία είναι διαθέσιμη είναι καθήκον να χρησιμοποιηθεί για τη μείωση της γενετικής διάβρωσης (Goodman Major M. and William L. Brown, 1988).

Φυλές Δυτικού Ημισφαιρίου του *Zea mays* L.

Οι φυλές αυτές είναι ονομαστικά: Λατινικής Αμερικής, Μεξικού, Κεντρικής Αμερικής, Καραϊβικής, Νότιας Αμερικής και ΗΠΑ. Οι σημαντικότερες αυτών είναι οι: Northern Flints, Great Plains Flints and Fours, Pima-Papago, Southwestern Semidents, Southwestern 12Row, Southern Dents, Southeastern Flints and Flours, Derived Southern Dents, Corn Belt Dents. Ο ρόλος της Northern Flints στην εξέλιξη του καλαμποκιού είναι σημαντικός και έχει περιγραφεί αναλυτικά (Anderson and Brown, 1952; Wallace and Brown, 1956). Η διασταύρωση της με τις οψιμότερες, παραγωγικότερες τύπου Dent φυλές του νότου από τους παραγωγούς δημιούργησαν μια νέα φυλή η οποία αργότερα κυριάρχησε ολοκληρωτικά στις περιοχές του καλαμποκιού όχι μόνο στις ΗΠΑ αλλά και στον υπόλοιπο κόσμο (Goodman M.M. and W.L. Brown, 1988).

Ευρωπαϊκές Φυλές του *Zea mays* L.

Το καλαμπόκι εισήχθη στην Ευρώπη από τον Κολόμβο και καλλιεργήθηκε για πρώτη φορά στην Ευρωπαϊκή Ήπειρο στην Σεβίλλη της Ισπανίας το 1492 (Brandolini A., 1971). Στην διάρκεια των επομένων τεσσάρων αιώνων, η μετακίνηση γενετικού υλικού στην Ευρώπη γινόταν περιοδικά και με διαφόρους ρυθμούς. Η συνεχής εισαγωγή είχε σαν αποτέλεσμα την δημιουργία προσαρμοσμένων στο περιβάλλον φυλών με μεγάλο εύρος παραλλακτικότητας, όμως η εισαγωγή των βελτιωμένων φυλών από τις ΗΠΑ οδήγησε πολύ γρήγορα στην εξαφάνιση τους είτε με την αντικατάσταση είτε σαν προϊόν διασταυρώσεων με το υπάρχον γενετικό υλικό. Συνεπώς η εμπειρία των ΗΠΑ επαναλήφθηκε στην Ευρώπη και από τις προσαρμοσμένες στο Ευρωπαϊκό περιβάλλον φυλές πολλές χάθηκαν εξ αίτιας του

ενδιαφέροντος στο πρόσφατα εισαχθέν βελτιωμένο γενετικό υλικό από τις ΗΠΑ. Το καλαμπόκι κατ' αρχήν προσαρμόστηκε πολύ λίγο στο περιβάλλον της Ισπανίας, όμως υπήρχε συνεχής εισαγωγή από τους εξερευνητές του Δ. Ημισφαιρίου.

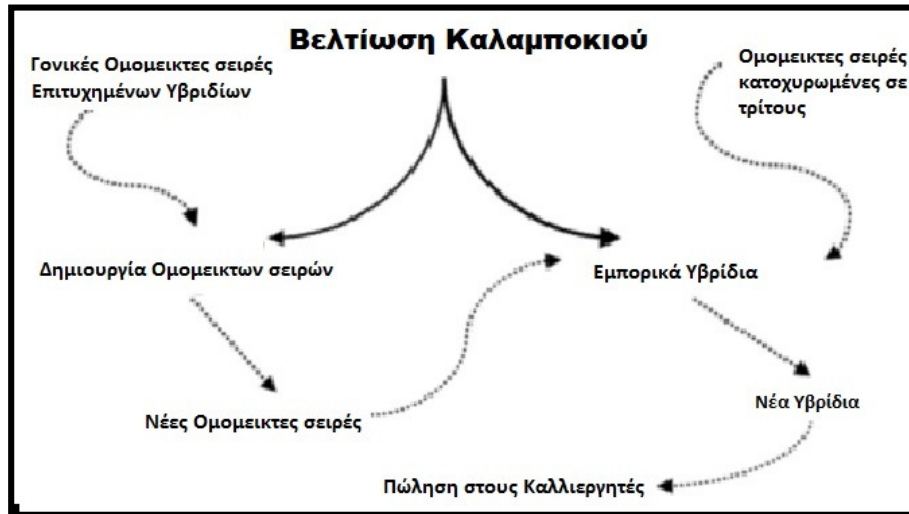
Στους τέσσερις αιώνες εισαγωγής γενετικού υλικού, αυτό προσαρμόστηκε σε ένα ευρύ φάσμα περιβαλλοντικών συνθηκών, από τις άγονες περιοχές πλησίον της Μεσογείου έως την μικρής διάρκειας καλλιεργητική περίοδο της Βόρειας Ευρώπης. Η εισαγωγή ευρέως φάσματος γενετικού υλικού είχε διάφορες επιπτώσεις στην σύνθεση της πηγής του Ευρωπαϊκού γενετικού υλικού, καθώς φυσική και τεχνητή επιλογή ανέπτυξαν ποικιλίες με ειδική προσαρμοστικότητα στο νέο περιβάλλον. Η αναγκαιότητα επιβίωσης του σπόρου στις θαλάσσιες μεταφορές φαίνεται ότι οδήγησε τις Flint και popcorn ποικιλίες να παίξουν ένα προεξέχοντα ρόλο στο πρώιμο Ευρωπαϊκό γενετικό υλικό ειδικότερα στην Νότια Ευρώπη Ενδεχομένως οι φυλές Northern Flints και Southern Dents να εισήχθησαν στην Κ Ευρώπη σαν αποτέλεσμα της εξερεύνησης Βρετανών και των Γάλλων. Αργότερα περίπου στα 1900 η φυλή Corn Belt Dents αποτέλεσε ένα σημαντικό μέρος της δεξαμενής του Ευρωπαϊκού γενετικού υλικού. Οι διάφορες εποχές εισαγωγής, ο υβριδισμός του εισαγομένου με το υπάρχον και η προσαρμοστικότητα σε ένα ευρύ φάσμα περιβαλλόντων, δημιούργησαν το περίπλοκο σύνολο του Ευρωπαϊκού γενετικού υλικού. Οι φυλές αυτές όπως κατεγράφησαν από τους Leng et al. (1962) είναι ονομαστικά : Small eared Montenegrin Flints, Small Kerneled Flints, Eight Rowed (Northern) Flints, Mediterranean Flints, Derived Flints, Many Rowed soft Dents (Southern Dents), Large Kerneled Dents, Beaked (Rostrato) Dents, Corn Belt Dents, Derivatives of hybrids between flint and dent races (Hallauer, A. R. and J. B. Miranda Filho, 1988).

1.4. ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ.

Τα ίχνη του υβριδισμού του καλαμποκιού έχουν τις ρίζες τους στον πειραματισμό για την ετέρωση και την ομομειξία που διεξήχθησαν από τον G. H. Shull (1908, 1909) στο Cold Spring Harbor Laboratories της New York και E. M. East (1909) στο Connecticut State College. Εκείνες οι παρατηρήσεις έγιναν προσεγγίσιμες 100 χρόνια αργότερα και η περιγραφόμενη μεθοδολογία από τον G. H. Shull (1909) ανέδειξε τον σύγχρονο βιομηχανικό υβριδισμό του καλαμποκιού (cuf. Crow, 1998). Εξ' αίτιας του φυσικού υβριδισμού της καλλιέργειας, η σύγχρονη βελτίωση του καλαμποκιού σε ΗΠΑ και Καναδά έχει αναπτυχθεί με δυο διακριτές δραστηριότητες: ανάπτυξη καθαρών σειρών και εμπορικό υβριδισμό (E.A Lee and M. Tollenaar, 2007; Dunvik D. N. and K. G. Cassman, 1999)

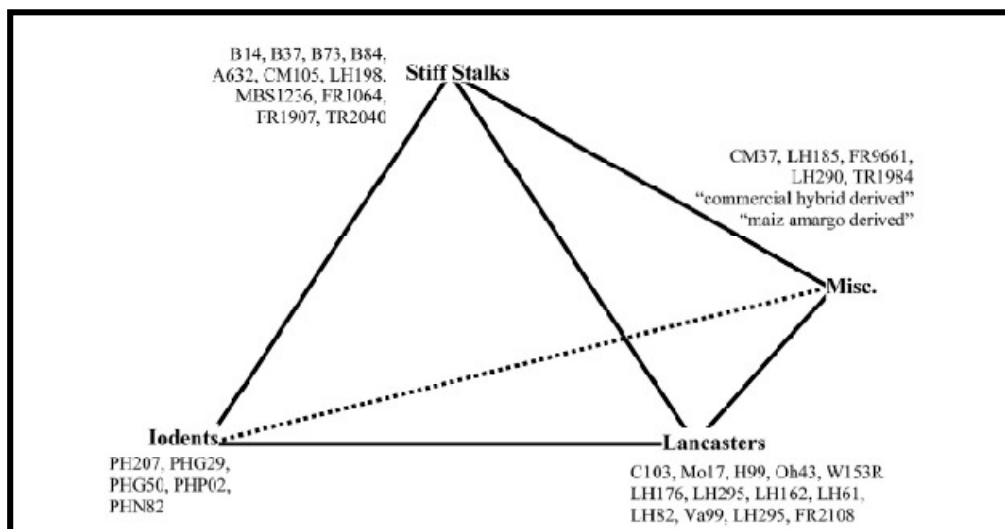
Η γενετική βελτίωση γίνεται κατά την παραγωγή βελτιωμένων καθαρών σειρών και πριν αυτές αποτελέσουν τη βάση των εμπορικών υβριδίων. Στη φάση αυτή δημιουργείται το μεγαλύτερο ποσόν της νέας γενετικής παραλλακτικότητας με τον ανασυνδυασμό. Κατα το στάδιο του εμπορικού υβριδισμού, η γενετική παραλλακτικότητα είναι μικρότερη, αλλά αντιπροσωπεύεται από μια κατά πολύ

Σχήμα 1: Σύγχρονο Βελτιωτικό Πρόγραμμα Καλαμποκιού (Lee and Tollenaar, 2007)



βελτιωμένη πηγή γενετικού υλικού, ως αποτέλεσμα μιας εντατικής αξιολόγησης. Το σύγχρονο γενετικό υλικό ΗΠΑ και Καναδά ανήκει στην φυλή Corn Belt Dent του καλαμποκιού (Goodman, 1985). Οι βελτιωμένες σειρές είναι ταξινομημένες σε ετερωτικές ομάδες και είναι επιπλέον υποδιαιρεμένες σε οικογένειες μέσα στις ετερωτικές ομάδες. Το καλαμπόκι στις ζώνες καλλιέργειας των ΗΠΑ και του Καναδά προέρχεται από τρία βασικά ετερωτικά σχήματα τα Stiff Stalk, Lancaster, και Iodent και μια κατηγορία όπου περιλαμβάνονται οι σειρές που δεν εμπίπτουν στα τρία βασικά ετερωτικά σχήματα.

Σχήμα 2: Ετερωτικά σχήματα του σύγχρονου καλαμποκιού (Mikel M. A. and J. W. Dudley, 2006; Troyer A. E., 1999; Lee E. A. and M. Tollenaar, 2007)



Η Ταξινόμηση των ετερωτικών σχημάτων είναι βασισμένη πάνω σε διάφορα κριτήρια όπως στη γενεαλογία, εκτίμηση παραλλακτικότητας με μοριακούς δείκτες συνδυαστική ικανότητα (Smith O. S. et al., 1990). Έχει καταλήξει μεταξύ δυο και

επτά διακριτών ετερωτικών σχημάτων τα οποία περιγράφονται (Mikel M. A. and J. W. Dudley, 2006; Smith J. S. C. and O. S. Smith, 1989; Troyer A. E., 1999; Lu H. and R. Bernado, 2001; Gethi J. G. et al., 2002). Οι περισσότερες συμβατικές καθαρές σειρές που έχουν αναπτυχθεί επικεντρώνονται στην ανακύκλωση των σειρών μέσα στα ετερωτικά σχήματα; ωστόσο τουλάχιστον δυο νέα ετερωτικά σχήματα έχουν αναδεχθεί: το Argentina Maiz Amargo και το Commercial Hybrid (Mikel M. A. and J. W. Dudley, 2006).

Ένα σύγχρονο βελτιωτικό πρόγραμμα καλαμποκιού (Σχήμα 1) μπορεί να θεωρηθεί ως ένα ανοικτό πρόγραμμα αμοιβαίας επαναλαμβανόμενης επιλογής (RRS) όπου κάθε ετερωτικό σχήμα διαχειρίζεται ως ένας πληθυσμός που προέκυψε από επαναλαμβανόμενη επιλογή (Dunvik D. N. et al., 2004). Ωστόσο, το γενετικό υλικό το οποίο προέρχεται από την δεξαμενή της Β. Αμερικής είναι βασισμένο πάνω σε επτά ομομεικτες σειρές με πολύ μικρή ένδειξη ενσωμάτωσης εξωτικού γενετικού υλικού. (Mikel M. A. and J. W. Dudley, 2006). Η πρακτική και η φιλοσοφία της βελτίωσης δεν έχουν παραμείνει στατικές κατά την διάρκεια της περιόδου των υβριδίων αλλά αντίθετα έχουν εξελιχθεί, ενσωματώνοντας προχωρημένες επιστημονικά γενετικές θεωρίες όπως η αξιολόγηση στις πρώτες γενιές (early generation testing) (Sprague, 1946 [cf. Troyer, 2004], (El. Lakany and Russell, 1971), υιοθετώντας γρήγορα βελτιωμένες πρακτικές διαχείρισης όπως ο αυξημένος αριθμός φυτών και η χημική αντιμετώπιση των ζιζανίων και αναγνωρίζοντας καλλίτερα πως μπορεί να αποτιμηθεί το γενετικό δυναμικό του γονότυπου δια μέσου της βελτίωσης του πειραματικού σχεδιασμού. Αλλαγές όπως η υιοθέτηση βελτιωμένων πρακτικών διαχείρισης επέδρασαν τόσο στην δημιουργία των καθαρών σειρών όσο και στα εμπορικά υβρίδια. Καθόλου δεν εκπλήσσει ότι οι περισσότεροι νεωτερισμοί στη βελτίωση δεν επιδρούν στο γενετικό υλικό αλλά στις διαδικασίες αξιολόγησης του.

1.4.1. Γενετική Βελτίωση Πληθυσμών

Οι μέθοδοι βελτίωσης ανάλογα με το κριτήριο το οποίο χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση των φαινότυπων και των παραγόντων οι οποίοι καθορίζουν εάν κάποιος από αυτούς θα επιλεγεί διακρίνονται α) σε μεθόδους χωρίς αξιολόγηση απογόνων, όπως η μαζική επιλογή με κριτήριο επιλογής μόνο το φαινότυπο του επιλεγόμενου φυτού, και β) σε μεθόδους βασισμένες στην αξιολόγηση απογόνων όπου τα φυτά επιλέγονται αρχικά με βάση τον φαινότυπο τους αλλά η τελική επιλογή όσων θα συμμετάσχουν στην δημιουργία της επομένης γενεάς βασίζεται σε αξιολόγηση διάφορης μορφής απογονικών οικογενειών. Εδώ εντάσσεται και η επαναλαμβανόμενη επιλογή (RS). Η ανάλυση των μεθόδων βελτίωσης δεν είναι σκοπός αυτής της μελέτης, όμως η μέθοδος της επαναλαμβανόμενης επιλογής είναι καθοριστική στη βελτίωση όχι μόνο της απόδοσης αλλά και των τεχνολογικών χαρακτηριστικών του καλαμποκιού, παρουσιάζεται συνεπώς μια σύντομη περιγραφή των μορφών των διαδικασιών και των σκοπών της μεθόδου.

Η επαναλαμβανόμενη επιλογή αναπτύχθηκε αρχικά για την δημιουργία βελτιωμένων ομόμεικτων σειρών - γονέων υβριδίων καλαμποκιού. Το γενετικό υλικό το οποίο χρησιμοποιείται στην Επαναλαμβανομένη Επιλογή (RS) πρέπει να διαθέτει τη επιθυμητή έκφραση και τη γενετική παραλλακτικότητα για τα χαρακτηριστικά στόχο. Πληροφορίες σχετικές με την απόδοση την καταγωγή, τη γενεαλογία, τις προηγούμενες επιλογές, την συμπεριφορά στις διασταυρώσεις, την ικανότητα ετέρωσης και τις γενετικές παραμέτρους (διακυμάνσεις, κληρονομικότητα) είναι σημαντικές στην επιλογή του γενετικού υλικού. Σκοπός είναι η αύξησης της μέσης απόδοσης του χαρακτηριστικού με την αύξηση της συχνότητας των επιθυμητών αλληλομόρφων καθώς και η διατήρηση της γενετικής παραλλακτικότητας ώστε να υπάρχει η δυνατότητα συνεχούς βελτίωσης των πληθυσμών (Jenkins, 1940; Hull, 1945; Comstock et al., 1949) (F. Javier Betran et al., 2004).

Η επαναλαμβανομένη επιλογή είναι κυκλική, κάθε κύκλος περιλαμβάνει: την αξιολόγηση και αυτογονιμοποίηση επιλεγμένων φυτών, τη διασταύρωση των επιλεγμένων σε όλους τους δυνατούς συνδυασμούς και την ισόποση συμμετοχή σπόρου των διασταυρώσεων για σύνθεση του νέου πληθυσμού. Ο ανασυνδυασμός των επιλεγμένων ατόμων για την δημιουργία νέων προς επιλογή πληθυσμών είναι το χαρακτηριστικό που διαφοροποιεί την επαναλαμβανομένη επιλογή από τις άλλες κυκλικές μεθόδους. Υπάρχουν αρκετά σχήματα αξιολόγησης στην επαναλαμβανομένη επιλογή ανάλογα με τον τρόπο επιλογής των ατόμων, τον τρόπο δόμησης των οικογενειών οι οποίες αξιολογούνται και εάν αφορά σε ενδοπληθυσμιακή ή διαπληθυσμιακή βελτίωση.

Η ενδοπληθυσμιακή βελτίωση περιλαμβάνει α) την απλή επαναλαμβανομένη ή επαναλαμβανομένη μαζική επιλογή, β) την επαναλαμβανομένη επιλογή για γενική συνδυαστική ικανότητα (GCA) και την επαναλαμβανομένη επιλογή για ειδική συνδυαστική ικανότητα (SCA), όπου και στις δυο αυτές μεθόδους το παρατηρούμενο κέρδος σε απόδοση κυμαίνεται από 2 έως 4% ανά κύκλο επιλογής (F. Javier Betran et al., 2004) και γ) την επαναλαμβανομένη επιλογή με βάση τις S_1 ή S_2 *per se* για αποφυγή ενδεχόμενης επικάλυψης των πραγματικών διαφορών μεταξύ των επιλεγμένων φυτών από τα γονίδια του δοκιμαστή.

Η διαπληθυσμιακή βελτίωση περιλαμβάνει την αμοιβαία επαναλαμβανομένη επιλογή α) με βάση ετεροθαλικές οικογένειες και β) με βάση ομοθαλικές οικογένειες. Χρησιμοποιούνται κυρίως για τη απόδοση του καρπού και συνήθως περιλαμβάνουν πληθυσμούς από διαφορετικά ετερωτικά σχήματα. Η αμοιβαία επαναλαμβανομένη επιλογή μπορεί να μεγιστοποιήσει το πλεονέκτημα της ετέρωσης και συχνά ακολουθεί την ενδοπληθυσμιακή βελτιωτική προσπάθεια. Η μετάβαση αυτή σε αμοιβαία επαναλαμβανομένη επιλογή προτάθηκε για την δημιουργία ευνοϊκών συνδυασμών αλληλομόρφων στους δυο ετερωτικούς συνδυασμούς. Αυτούς τους συνδυασμούς εκμεταλλεύεται η ετέρωση δίνοντας έμφαση στις αθροιστικές και μη αθροιστικές επιδράσεις των γονιδίων. Η αμοιβαία επαναλαμβανομένη επιλογή με

ετεροθαλικές οικογένειες, χρησιμοποιείται σε αρκετά βελτιωτικά προγράμματα (Hallauer A. R. and J. B. Miranda Fihlo, 1988), όντας αποτελεσματική στην επιλογή των πληθυσμών και στην ενίσχυση της ετέρωσης των διασταυρώσεων. Η άμεση απόκριση για απόδοση στο πληθυσμό των διασταυρώσεων είναι θετική, ενώ η έμμεση στους πληθυσμούς *per se* είναι μικρή. Η γενετική παραλλακτικότητα χάνεται μέσα σε κάθε πληθυσμό, αλλά παραμένει υψηλή μεταξύ των πληθυσμών, υποδεικνύοντας ότι τα διαφορετικά αλληλόμορφα αύξησαν την συχνότητα τους στους δυο πληθυσμούς. Στην αμοιβαία επαναλαμβανομένη επιλογή με ομοθαλικές οικογένειες, τα όσα φυτά έχουν δυο σπάδικες αυτογονιμοποιούνται και ταυτόχρονα διασταυρώνονται. Η επιλογή είναι αποτελεσματική ως προς τη βελτίωση της απόδοσης είτε ένδο- ή διαπληθυσμιακά. Επειδή στη μέθοδο απαιτούνται φυτά με πολυδυμία, οι Marquez-Sanchez (1982) παρουσίασαν μια τροποποιημένη μέθοδο όπου τα S₁ φυτά χρησιμοποιήθηκαν για να κάνουν τις ομοθαλικές οικογένειες (F. Javier Betran et al., 2004).

Η επιλογή για αύξηση της απόδοσης στο καλαμπόκι έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματική. Είναι φανερό από την αύξηση της απόδοσης των ομομεικτων σειρών, ότι οι βελτιωτές έχουν σταθεροποιήσει επιτυχώς μερικά καλά αλληλόμορφα. Το μέγεθος της ετέρωσης, μετρούμενο ως η αύξηση της συνολικής απόδοσης των υβριδίων πάνω από το μέσο όρο των ομόμεικτων σειρών των γονέων, έχει ελαττωθεί ελαφρώς στο πέρασμα των δεκαετιών (Dunvick, 1984), συνεπώς οι βελτιωτές βασίζονται λιγότερο στη κυριαρχικές αλληλεπιδράσεις τώρα από ότι στο παρελθόν. Η έννοια της σταθεροποίησης των άριστων αλληλομόρφων είναι πιθανόν υπεραπλουστευμένη, συνεπώς οι βελτιωτές οι οποίοι αντιμετωπίζουν συνεχώς μεταβαλλόμενες συνθήκες απαιτούν νέες προσαρμοστικότητες. Δυο προφανή παραδείγματα στο καλαμπόκι είναι η αύξηση της πυκνότητας σποράς και η εκμηχάνιση της συγκομιδής. Και τα δυο απαιτούν νέες προσαρμοστικότητες ώστε να αυξηθεί η ανταγωνιστικότητα και η ευκολία συγκομιδής. Χωρίς αμφιβολία, οι καλλιεργητικές διαδικασίες θα συνεχίσουν να εξελίσσονται, καθώς επίσης και οι περιβαλλοντικές συνθήκες θα αλλάζουν σταθερά και απρόβλεπτα στο μέλλον. Όπως έχει αναφερθεί δύο είναι οι βασικοί στόχοι των βελτιωτών και δημιουργών υβριδίων : η δημιουργία εμπορικών ποικιλιών και η αύξηση του γενετικού δυναμικού του γενετικού υλικού, έτσι ώστε και στο μέλλον να συνεχίσουν να επιτυγχάνουν γενετικό κέρδος.

Η διατήρηση και στο μέλλον της επιτυχίας βιομηχανίας παραγωγής υβριδίων εξαρτάται από το παρελθόν. Με άλλα λόγια η διαφορά μεταξύ της βελτίωσης των υβριδίων και της κυκλικής επιλογής αντανakλά εν μέρει το δίλλημα εάν η βιομηχανία παραγωγή υβριδίων πρέπει να θέσει κοντινούς η μακρινούς στόχους. Το βαθύτερο μήνυμα από την κυκλική επιλογή, η οποία εφαρμόζεται σε όλα τα βελτιωτικά προγράμματα είναι ότι η γρήγορη μετάβαση από την αξιολόγηση στην επιλογή και ο τελικός ανασυνδυασμός είναι ουσιαστικοί παράμετροι για τη μακροπρόθεσμη βελτίωση του γενετικού υλικού (Coors J. G., 1999; Σκαράκης Ν. Γ., 2013).

1.4.2. Πηγές, Δημιουργία και Βελτίωση Καθαρών Σειρών

Η κύρια δεξαμενή από την οποία προέρχονται οι καθαρές σειρές είναι α) ελεύθερα επικονιαζόμενες ποικιλίες (OP) δηλ ετερογενείς και ετεροζύγωτοι πληθυσμοί οι οποίοι παράγονται με ανοικτή χωρίς έλεγχο επικονίαση. Η επιλογή τέτοιου είδους ποικιλιών αποτελεί ουσιαστικά αποτέλεσμα πληθυσμιακής βελτίωσης, β) πληθυσμοί από σχεδιασμένες διασταυρώσεις (απλοί και σύνθετοι πληθυσμοί, ανάλογα με τον αριθμό των σειρών-γονέων τους και γ) πληθυσμοί αποτέλεσμα επαναλαμβανόμενης επιλογής (Σκαράκης Ν. Γ., 2013). Στην αρχή οι ελεύθερα επικονιαζόμενες ποικιλίες ήταν η κυρία πηγή από την οποία προέρχονταν οι ομόμεικτες σειρές. Αργότερα χρησιμοποιήθηκαν πολύ τα υβρίδια (Καλτσίκης Π. Ι., 1989).

Το σύστημα δημιουργίας υβριδίων είναι εξαρτώμενο από τις elite ομόμεικτες σειρές του καλαμποκιού. Για την δημιουργία τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα σχήματα διασταυρώσεων. Η πλέον κοινή μέθοδος είναι η αυτογονιμοποίηση. Η επιλογή των επιθυμητών φυτών στην διάρκεια της δημιουργίας ομόμεικτων σειρών γίνεται με πολλούς τρόπους.. Η γενεαλογική βελτιωτική μέθοδος είναι η κυρίως χρησιμοποιούμενη στα βελτιωτικά προγράμματα (Hallauer A. R. and J. B. Miranda Filho, 1988). Αυτό το βελτιωτικό σχήμα επιτρέπει την καλλίτερη δυνατόν βελτίωση στις αθροιστικές και μη αθροιστικές γενετικές επιδράσεις με αποτέλεσμα το μεγαλύτερο γενετικό κέρδος (Lee E. A. and M. Tollenaar, 2007). Η μέθοδος απαιτεί εκτενή καταγραφή, όμως συντηρεί την δομή της οικογένειας. Η καταγραφή της δομής και καταγωγής της οικογένειας επιτρέπουν στους βελτιωτές να επιλέξουν τις καλλίτερες οικογένειες και στην συνέχεια τα καλλίτερα ατομικά φυτά μέσα στις καλλίτερες οικογένειες. Αυτές οι καταγραφές χρησιμοποιούνται επίσης για να εκτιμηθεί η συγγένεια των ομόμεικτων σειρών. Οι εκτιμήσεις είναι χρήσιμες για την διατήρηση των ετερωτικών σχημάτων των ομόμεικτων σειρών.

Δυο ετερωτικά σχήματα χρησιμοποιούνται στη δημιουργία υβριδίων καλαμποκιού. Το ένα σχήμα χρησιμοποιείται σαν θήλυ για την παραγωγή των υβριδίων και το άλλο ως άρρεν. Οι εταιρείες παραγωγής σπόρων συντηρούν την ετέρωση με την προφύλαξη της γενετικής απόκλισης μεταξύ των ετερωτικών σχημάτων. Οι ομόμεικτες σειρές των αρσενικών και θηλυκών σχημάτων διασταυρώνονται μεταξύ τους μόνο για την δημιουργία πειραματικών ή εμπορικών υβριδίων. Ομόμεικτες σειρές μέσα στα ετερωτικά σχήματα διασταυρώνονται για τον σχηματισμό βελτιωμένων πληθυσμών για την δημιουργία νέας γενεάς ομόμεικτων σειρών. Στις ομόμεικτες σειρές οι οποίες χρησιμοποιούνται σαν θηλυκά στην παραγωγή υβριδίων πολύ συχνά εντοπίζεται γενετικό υλικό το οποίο καλείται Stiff Stalk synthetic (SS), ενώ αυτές στις οποίες δεν ανιχνεύεται το SS synthetic ονομάζονται Non Stiff Stalk synthetic(NSS) και χρησιμοποιούνται σαν αρσενικά. Στην διάρκεια της διαδικασίας για την ανάπτυξη βελτιωμένων ομόμεικτων σειρών ενισχύεται μέσα σε κάθε ετερωτικό σχήμα η συντήρηση των γονικών χαρακτηριστικών. Η βελτίωση στο Stiff Stalk synthetic ενισχύει τα καλλίτερα αναπαραγωγικά χαρακτηριστικά (π.χ. μεγαλύτερο σπάδικα), ενώ στο Non Stiff Stalk synthetic την κατάλληλη παραγωγή γύρης. Στην έναρξη δημιουργίας νέων ομόμεικτων σειρών, ο βελτιωτής πρέπει να

ταυτοποιήσει το υπάρχον υλικό έτσι ώστε να σχηματίσει την νέα γενεά του πληθυσμού. Οι περισσότεροι βελτιωτές χρησιμοποιούν παρόμοιες διαδικασίες με μικρές παραλλαγές οι οποίες αφορούν την πυκνότητα σποράς, τον αριθμό των απογόνων ανά γραμμή σποράς, αριθμό των αυτογονιμοποιήσεων ανά γραμμή σποράς, γενεά στην οποία πρέπει να αρχίσει η δοκιμασία επιλογής των υβριδίων κλπ. Συνήθως χρησιμοποιείται το σύστημα σπάδικας ανά γραμμή σποράς, με ομομειξία και επιλογή για αρκετές γενεές μέχρι την απόκτηση ομοζυγωτίας. Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται δυο ή τρεις γενεές με παραγωγικότερες σειρές, όσο αφορά την ρώμη και την παραγωγή σπόρου, όμως η γενετική αστάθεια είναι ένα πρόβλημα. Οι μέθοδοι δημιουργίας ομόμεικτων σειρών βασίζονται στην φαινοτυπική επιλογή μεταξύ και εντός των απογονικών σπαδικών-γραμμών σποράς για αρκετές γενεές, με αξιολόγηση ως προς την απόδοση των υβριδίων. Η επιλογή πραγματοποιείται και για αντοχή σε έντομα, βιολογικό κύκλο και προσαρμοστικότητα, αρχιτεκτονική του φυτού, μέγεθος ρόκας και ποιότητα καρπού. Οι φαινοτυπικές διαφορές μεταξύ των γραμμών αυξάνονται με την συνεχή αυτογονιμοποίηση των απογόνων, όμως παρουσιάζονται δυο βασικά προβλήματα: α) μείωση της ρώμης εξ αίτιας του ομομεικτικού εκφυλισμού και β) η επιτυχία της επιλογής εντός της γραμμής για τα επιθυμητά χαρακτηριστικά μειώνεται συνήθως από την S_3 γενεά και μετά.

Στην αξιολόγηση υβριδίων σε πρώιμα στάδια αυτογονιμοποίησης π.χ. διασταυρώσεις φυτών της S_0 και S_1 , οι γονότυποι οι οποίοι διακρίνονται για απόδοση μεγαλύτερη από τη μέση απόδοση των υβριδίων συνήθως συνεχίζουν στην διαδικασία επιλογής. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί για την δημιουργία ομόμεικτων σειρών, ετεροθαλή αντί ομοθαλή αδέρφια όπως η προηγούμενη μέθοδος, καθώς αυτό επιτρέπει τον ανασυνδιασμό και το διαχωρισμό των γενετικών θέσεων οι οποίες έχουν περισσότερα από ένα αλληλόμορφα των απογόνων και έτσι δίδεται η δυνατότητα επιλογής των επιθυμητών χαρακτηριστικών. Οι ετεροθαλείς σειρές έχουν μεγαλύτερο βαθμό γενετικής ανομοιομορφίας ωστόσο αυτό δίνει μεγαλύτερη σταθερότητα στο εξεταζόμενο χαρακτηριστικό. Κάποιες σειρές παρουσιάζουν συχνές αλλαγές με την πάροδο του χρόνου. Εξ' αίτιας της ετερογένειας των γενετικών θέσεων είναι δύσκολη η εισαγωγή απλών γονιδίων (π.χ. αντοχή σε ασθένειες) και η μετατροπή σε κυτταροπλασματικά αρρενόστειρη σειρά με επαναδιασταύρωση.

Για ένα τυπικό πρόγραμμα παραγωγής εμπορικών υβριδίων ο βελτιωτής ξεκινά με την αξιολόγηση 30 έως 250 νέων βελτιωμένων πληθυσμών κάθε χρόνο, αριθμός ο οποίος εξαρτάται από το μέγεθος του προγράμματος. Οι πληθυσμοί αυτοί είναι αποτέλεσμα της διασταύρωσης δυο ομόμεικτων σειρών, όμως υπάρχει και δυνατότητα χρήσης πληθυσμού με διαφορετική δομή. Από κάθε πληθυσμό στην F_2 γενεά ένα δείγμα από 15 έως 50 ομοθαλικές οικογένειες επιλέγονται για την αναπαραγωγή στα πειράματα επιλογής. Η αξία μιας ομόμεικτης σειράς κρίνεται από την συνδυαστική της ικανότητα. Αυτή η οποία δείχνει την καλλίτερη γενετική τιμή για απόδοση και αγρονομικά χαρακτηριστικά αποτελεί μια νέα εμπορική ομόμεικτη σειρά και χρησιμοποιείται για την δημιουργία υβριδίων. Γενικά μεταξύ του 1 και 2 %

των επιλεγμένων απογόνων από την F2 θα χρησιμοποιηθούν για αυτόν το σκοπό. Οι ομομεικτες σειρές που αναπτύσσονται για συγκεκριμένη χρήση απαιτούν επί πλέον επιλογή και προσοχή. Όταν επιλέγονται νέοι βελτιωμένοι πληθυσμοί ως προς κάποιο ειδικό χαρακτηριστικό, συχνά αυτό βρίσκεται και στους δυο τους γονείς μαζί με την απαιτούμενη απόδοση και τα αγρονομικά χαρακτηριστικά. Εργαλεία όπως οι μοριακοί δείκτες, η υπέρυθη φασματοσκοπική ανάλυση (NIT) και η αέρια φασματογραφία (GC), μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επιλογή των απογόνων οι οποίοι θα αυξήσουν την πιθανότητα για αποδοτικότερους γονότυπους οι οποίοι ταυτόχρονα θα έχουν και τα ζητούμενα χαρακτηριστικά (D. M. Haefele and A. J. Ross, 2009).

Η ανάπτυξη της βιομηχανίας παραγωγής υβριδίων οδηγεί σε υποβάθμιση της ανάγκης για την δημιουργία ομομεικτων σειρών. Οι κρίσιμες ανάγκες της βιομηχανίας παραγωγής είναι η έλλειψη ύπαρξης νέων πηγών γενετικού υλικού από τις οποίες θα προκύψουν νέες ομομεικτες σειρές. Η επιδημία του Southern leaf blight (*Bipolaris maydis*) το 1970 έδωσε ξανά έμφαση στην ανάγκη για νέες πηγές γενετικού υλικού, για ανθεκτικότητα στα έντομα και προσαρμοστικότητα στα σε εύρος περιβαλλόντων.

1.4.3. Δημιουργία Εμπορικών Υβριδίων.

Αντίθετα με την δημιουργία καθαρών σειρών, τα εμπορικά υβρίδια περιέχουν ένα κλιμακούμενο σύστημα δοκιμών (Dunvik D. N. and K. G. Cassman, 1999). Οι περισσότεροι υβριδικοί συνδυασμοί έχουν δοκιμαστεί σε λίγα περιβάλλοντα κατά την διάρκεια της πρώτης φάσης έλεγχου, ενώ στην ύστερη φάση λίγοι από αυτούς ελέγχονται σε περισσότερα περιβάλλοντα (Lee E. A. and M. Tollenaar, 2007). Η απόδοση είναι το σημαντικότερο χαρακτηριστικό, οι δοκιμές για απόδοση γίνονται στα πειραματικά υβρίδια και πραγματοποιούνται με τις τρέχουσες αγρονομικές πρακτικές. Μέρος του πειραματικού σχεδιασμού και καινοτομίες στην ανάλυση δεδομένων έχουν ουσιαστικά τροποποιήσει στην άποψη για την παραγωγή εμπορικών υβριδίων. Στις αρχές της δεκαετίας του 80 στις ΗΠΑ άλλαξε η φιλοσοφία για την αξιολόγηση των υβριδίων. Αντί να δίνεται έμφαση για υψηλή ακρίβεια ανά περιβάλλον (λίγα περιβάλλοντα- πολλές επαναλήψεις), η διαδικασία αξιολόγησης δίνει έμφαση σε μικρότερη ακρίβεια ανά περιβάλλον (πολλά περιβάλλοντα-μια επανάληψη) (Bradley et al., 1988). Αυτή η αλλαγή περιλαμβάνει αύξηση του αριθμού των περιβαλλόντων (τοποθεσίες-έτη) και αλλαγή στους τύπους των περιβαλλόντων. Τα περιβάλλοντα κυμαίνονται από αυτά υψηλών αποδόσεων έως αυτά με συνθήκες καταπόνησης (Bradley et al., 1988). Η συμβατική μέθοδος σύγκρισης περιλαμβάνει την απευθείας σύγκριση των πειραματικών υβριδίων στο ίδιο χώρο και στο ίδιο δοκιμαστικό αγρό (Bradley et al., 1988; Crosbie T. M. et al., 2006). Από το 1980 έγινε ακόμα μια αλλαγή στη φιλοσοφία της αξιολόγησης, και αφορούσε τη βοήθεια από την χρήση των υπολογιστών με την δημιουργία των καταλλήλων προγραμμάτων. Στην διάρκεια αυτής της δεκαετίας πολλές αλλαγές πραγματοποιήθηκαν με

αποτέλεσμα η βελτίωση να επικεντρωθεί στην ανάπτυξη εθνικών η πολυεθνικών παρά τοπικών προϊόντων. Η αλληλεπίδραση γονοτύπου και περιβάλλοντος (GxE) αποτελεί ένα εμπόδιο για τη ταυτοποίηση του καλύτερου γονοτύπου. Μια καθοριστική βοήθεια στον χειρισμό της αλληλεπίδρασης (GxE) αποτελούν τα γεωγραφικά συστήματα πληροφόρησης (GIS) τα οποία μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την ταξινόμηση των περιβαλλόντων σε κατηγορίες και η βοήθεια θα αφορά την πρόβλεψη της απόδοσης του υβριδίου (Loffler et al., 2005). Από τα πειραματικά υβρίδια της αρχικής φάσης μόνο ένα ανάμεσα σε μερικές εκατοντάδες θα γίνει εμπορικό και από αυτά όχι περισσότερο από το 20% θα γίνει ευρέως αποδεκτό (Dunvik D. N. and K. G. Cassman 1999). Έρευνα στην διάρκεια χαρακτηρισμού του υβριδίου είναι κρίσιμη για την ταυτοποίηση της τελικής του χρήσης. Το υβρίδιο πρέπει να ανταποκρίνεται σε προκαθορισμένα κριτήρια για να αποκτήσει υπεραξία ως την τελική χρήση (Haefele D. M. and A. J. Ross, 2009).

Χαρακτηριστικά Εμπορικών υβριδίων ως προς την τελική χρήση

Το κίτρινο οδοντωτό (Dent) καλαμπόκι θα μπορούσε να θωρηθεί ως μια σημαντική επιτυχία της βελτίωσης για την τελική χρήση του προϊόντος (Haefele D. M. and A. J. Ross, 2009). Αρκετές εμπορικές χρήσεις είναι καθιερωμένες και βελτιωτικές προσπάθειες για τα χαρακτηριστικά αυτών των χρήσεων αυτών έχουν στεφεί με επιτυχία. Παράδειγμα αποτελούν τα υβρίδια waxy (αμυλοπηκτική), τα υψηλής περιεκτικότητας σε αμυλόζη, καθώς και τα λευκά/κίτρινα υβρίδια για ανθρώπινη διατροφή. Υπάρχουν αρκετές αναδυόμενες αγορές ως προς την τελική χρήση, όπως η ποιότητα διατροφής των αγροτικών ζώων, η κατεργασία του καλαμποκιού (Wet milling) και η παραγωγή βιοαιθανόλης (Dry grid). Μια σημαντικότερη αγορά με πολλές βελτιωτικές προσπάθειες να την χαρακτηρίζουν τόσο ως προς την δημιουργία ομομεικτων σειρών όσο και υβριδίων είναι αυτή του εξαγωγίμου άμυλου. Το εξαγωγίμο άμυλο είναι ένα μέτρο της ποσότητας του αμύλου η οποία ανακτάται δια μέσου της wet milling κατεργασίας. Διαφορά χαρακτηριστικά του καρπού εκτός της περιεκτικότητας σε άμυλο, επιδρούν στην wet milling κατεργασία με αποτέλεσμα αυτά να επηρεάζουν στο εξαγωγίμο άμυλο. Το άμυλο του καρπού και τα απλά σάκχαρα αποτελούν πηγή υδατανθράκων για την διαδικασία ζύμωσης στην παραγωγή βιοαιθανόλης. Το ποσόν του συνολικού αμύλου ωστόσο δεν αποτελεί τον καλλίτερο δείκτη για το δυναμικό παραγωγής βιοαιθανόλης από καλαμπόκι (Dien B. S. et al., 2002; Haefele D. et al., 2004; Singh V. and Graeber J. V., 2005). Τα υβρίδια διαφέρουν πραγματικά ως προς το παραγωγικό δυναμικό αιθανόλης και οι εταιρείες σποροπαραγωγής έχουν αναπτύξει αναλυτικές μεθόδους για την εκτίμηση αυτού του δυναμικού η του συνολικού περιεχομένου του εξαγωγίμου αμύλου (Haefele D. et al., 2004).

1.5. ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΟΥ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ

Το καλαμπόκι θα συνεχίσει να συνεισφέρει στη βιομηχανία των βιοκαυσίμων (Haefele D. M. and A. J. Ross, 2009). Η απόδοση σε βιομάζα (καρπός και τα

υπόλοιπα μέρη του φυτού) θα συνεχίσει να αυξάνεται, ακόμα και με μειωμένες εισροές αζώτου, με την χρήση βελτιωμένων ζιζανιοκτόνων, αντοχή σε έντομα και ασθένειες και αντοχή στην ξηρασία. Η ποιότητα του καρπού θα συνεχίσει να βελτιώνεται ως αποτέλεσμα της βελτίωσης χαρακτηριστικών όπως η αντοχή σε εχθρούς και ασθένειες (Wu, 2007). Οι εταιρείες σπόρων εργάζονται για την αύξηση της παραγωγής αιθανόλης ανά μονάδα επιφανείας, τη μείωση των απαιτήσεων των ενζύμων και τη βελτίωση της ποιότητας των υποπροϊόντων της βιομηχανίας της βιοαιθανόλης. Η αύξηση της απόδοσης σε καρπό και της ποιότητας της βιομάζας θα συνεισφέρουν από κοινού στην υψηλότερη παραγωγή βιοαιθανόλης ανά μονάδα επιφανείας. Αυτό θα μειώσει επιπλέον το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του καλαμποκιού για την παραγωγή βιοκαυσίμων και θα επιβεβαιώσει την επιτυχία αυτής της βιομηχανίας (Farrel A. E. et al., 2006; Hill J. et al., 2006; Ragauskas A. J. et al., 2006).

1.5.1. Βελτίωση Επιθυμητών Χαρακτηριστικών για την παραγωγή Βιοαιθανόλης πρώτης και δεύτερης γενιάς.

Το καλαμπόκι είναι καλλιέργεια των ευκράτων κλιμάτων και απαιτεί μέσες θερμοκρασίες για να αναπτυχτεί. Σε θερμοκρασίες μικρότερες των 10 °C η μεγαλύτερες των 45°C έχει μικρή ανάπτυξη. Η μέγιστη παραγωγή επιτυγχάνεται σε περιοχές όπου η ωρίμανση του καρπού των εμπορικών υβριδίων χρειάζεται 130-140 ημέρες. Απαιτεί πλούσιο φως για την άριστη απόδοση και δεν αναπτύσσεται καλά στην σκιά. Εξ' αιτίας της μεγάλης περιόδου ανάπτυξης απαιτεί άφθονη υγρασία. Η ωρίμανση του καρπού επηρεάζεται από το μήκος της ημέρας, ενώ η μικρή φωτοπερίοδος ευνοεί την πρόωρη ανθοφορία. Προσαρμόζεται σε ευρύ φάσμα κλιματολογικών συνθηκών, από τους τροπικούς έως τις εύκρατες περιοχές (0-55 γεωγραφικό πλάτος) και σε υψόμετρο από το επίπεδο της θάλασσας έως 4000 m λόγω των πολλών τύπων του, οι οποίοι έχουν βιολογικό κύκλο από 42 έως 400 ημέρες (Farnham D. E. et al., 2003).

Απόδοση

Η απόδοση του καλαμποκιού άρχισε να αυξάνεται στα τέλη της δεκαετίας του 1930 ταυτόχρονα με την είσοδο των υβριδίων στην αγορά και τη βελτίωση των καλλιεργητικών μεθόδων (Dunvik D., 2005). Η Γενετική βελτίωση είναι υπεύθυνη περίπου για το 50-60% της αύξησης της απόδοσης σε επίπεδο παραγωγού και το εναπομένον είναι αποτέλεσμα της καλλιεργητικής τεχνικής. Όμως βελτίωση και τεχνική αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και κανένας παράγοντας δεν θα μπορούσε να αυξηθεί χωρίς την ταυτόχρονη αλλαγή του άλλου. Πολυάριθμες εκτιμήσεις της γενετικής προόδου στην απόδοση των υβριδίων δείχνουν ότι, χωρίς καμιά εξαίρεση, αυτή έχει αυξηθεί γραμμικά στην διάρκεια των τελευταίων 70 χρόνων. Διαχρονικά, τα υβρίδια έχουν αλλάξει σημαντικά ως προς τον φαινότυπο, την αντοχή σε βιοτικές και αβιοτικές καταπονήσεις, καθώς και το γονότυπο όπως αυτός μετράται με μοριακούς δείκτες. Οι φαινοτυπικές αλλαγές υποδεικνύουν βελτίωση της αποτελεσματικότητας των συντελεστών παραγωγής του καρπού (μικρότερη

ταξιανθία που απελευθερώνει περισσότερη ενέργεια για την παραγωγή καρπού, πιο ορθόφυλλα φυτά, λιγότερα αδέρφια, μικρότερη ποσοστιαία περιεκτικότητα πρωτεΐνης). Τα νεότερα υβρίδια δεν είναι μόνο παραγωγικότερα λόγω αύξησης της ετέρωσης διαχρονικά αλλά και από το γεγονός ότι βελτιώθηκε σε μεγάλο βαθμό η αντοχή τους σε βιοτικές και αβιοτικές καταπονήσεις. Το δυναμικό απόδοσης ανά φυτό δεν έχει αυξηθεί στην διάρκεια αυτών των χρόνων. Συνοπτικά, σαν απόδοση καρπού ορίζουμε την συγκέντρωση της ξηράς ουσίας και τον καταμερισμό ενός κλάσματος αυτής από την συνολική υπέργεια βιομάζα στον καρπό. Οι διαδικασίες οι οποίες επιδρούν στην συγκέντρωση της ξηράς ουσίας αναφέρονται σαν παραγωγή (source) ενώ διαδικασίες οι οποίες επιδρούν στον καταμερισμό της ξηράς ουσίας αναφέρονται σαν αποθήκευση (sink). Είναι ουσιώδες ότι η παραγωγή και η αποθήκευση πρέπει να διατηρούνται σε ισορροπία και η βελτίωση της μίας πρέπει να συνοδεύει ταυτόχρονα τη βελτίωση της άλλης (Lee E. A. and M. Tollenaar, 2007). Ένα βασικό ερώτημα είναι πως θα επιτευχθεί γενετική πρόοδος στο μέλλον χρησιμοποιώντας τις συμβατικές μεθόδους βελτίωσης και το υφιστάμενο γενετικό υλικό. Μια προσπάθεια για να απαντηθεί η ερώτηση είναι ότι θα εξετασθούν τα χαρακτηριστικά που καθορίζουν την παραγωγή και την αποθήκευση, αξιολογώντας το δυναμικό τους σε σχέση με τους βιολογικούς περιορισμούς της επιλογής και το εύρος της γενετικής παραλλακτικότητας του γενετικού υλικού. Από τα χαρακτηριστικά της παραγωγής, θα μπορούσαν να εξετασθούν η ημερομηνία άνθισης, η περίοδος γεμίσματος του καρπού (GFP), η επιφάνεια και η γωνία των φύλλων, το δυναμικό φωτοσύνθεσης καθώς και το οπτικό και λειτουργικό stay green, ενώ από τα χαρακτηριστικά της αποθήκευσης η δυναμική του ρυθμού ανάπτυξης στην διάρκεια της ανθοφορίας και ο αριθμός των σπόρων. Από αυτά τα χαρακτηριστικά, η επιφάνεια και η γωνία των φύλλων συνεισφέρουν μικρό ποσοστό στη βελτίωση (Tollennar M. and E. A. Lee, 2006), ενώ η ημερομηνία άνθισης επίσης δεν συνεισφέρει στη βελτίωση αλλά στην διαφορά μήκους του βιολογικού κύκλου (Irish and Nelson, 1991; Corke and Kannerberg, 1989). Το δυναμικό φωτοσύνθεσης δεν άλλαξε στην διάρκεια της περιόδου αξιοποίησης της ετέρωσης. Ως προς οπτικό stay green (καθυστερήση εμφάνισης γήρανσης στα φύλλα και συντήρηση της πράσινης εμφάνισης τους στην διάρκεια του γεμίσματος του καρπού), οι γονότυποι είναι ικανοί να διατηρούν την πράσινη επιφάνεια του φύλλου πέρα από το σημείο της φυσιολογικής ωρίμανσης όμως, παρά το γεγονός ότι αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, δεν φαίνεται να εμφανίζει ευκαιρίες για περαιτέρω βελτίωση. Όσον αφορά την περίοδο γεμίσματος του καρπού, η ικανότητα για μια έως δυο επιπλέον εβδομάδες εναπόθεσης ξηράς ουσίας καθώς επίσης και ένα καλύτερο λειτουργικό stay green αποτελούν μια σημαντική ευκαιρία. Ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης μειώνεται στην διάρκεια της περιόδου γεμίσματος του καρπού, η μείωση είναι μικρότερη στο νεώτερο γενετικό υλικό από ότι στο παλαιότερο. Η μείωση του ρυθμού αυτού από το μετάξωμα έως και έξι εβδομάδες μετά είναι 50%. Αυτό το 50% είναι μια ευκαιρία η οποία θα μπορούσε να μεταφραστεί σε απευθείας συγκέντρωση ξηράς ουσίας. Το δυναμικό για περαιτέρω βελτίωση είναι μεγάλο, καθώς υπάρχει ευνοϊκή γενετική παραλλακτικότητα στην δεξαμενή του γενετικού υλικού (Lee E. A. and M. Tollenaar, 2007).

Περιεκτικότητα Αμύλου

Η υψηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες και η αντίστοιχη μείωση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες, λιπαρά, ίνες και τέφρα θα οδηγούσε σε μεγαλύτερη παραγωγή αιθανόλης ανά μονάδα καρπού. Παρά το γεγονός ότι άμεσα δεδομένα δεν είναι διαθέσιμα, έμμεσες ενδείξεις υποδηλώνουν ότι η περιεκτικότητα του αμύλου μπορεί να τροποποιηθεί με βελτιωτικά προγράμματα. Υπάρχουν ήδη ποικιλίες με περιεκτικότητα πρωτεϊνών 4,5% και άλλες με περιεκτικότητα λιπαρών 1% (Dudley, 1977). Η μείωση της περιεκτικότητας των πρωτεϊνών στο 6% και των λιπαρών στο 3% στα εμπορικά υβρίδια φαίνεται να είναι ένας ρεαλιστικός στόχος. Συνεπώς μπορεί να είναι αναμενόμενη μια αύξηση της περιεκτικότητας των υδατανθράκων κατά 4 έως 5 ποσοστιαίες μονάδες. Η μείωση των ινών και της τέφρας από τα υπάρχοντα επίπεδα φαίνεται απίθανο και ίσως χωρίς σημασία διότι η περιεκτικότητα αυτών δεν ξεπερνά το 3% του βάρους του καρπού (Alexander D. E., 1988).

Άξονες

Τα πλεονεκτήματα των αξόνων ως πρώτη υλη παραγωγής αιθανόλης βασίζονται στην συμπαγή αρχιτεκτονική τους και το υψηλό κλάσμα περιεκτικότητας σε κυτταρίνη και ημικυτταρίνη (Jansen C., 2012). Οι άξονες περιέχουν πολύ μικρή ποσότητα τέφρας, θρεπτικά και στερεά και η απομάκρυνσή τους από τον αγρό του δεν μειώνει τη γονιμότητα του εδάφους. Μπορεί να αποθηκευτούν και να μεταφερθούν πολύ πιο αποτελεσματικά από ότι τα στελέχη και τα φύλλα. Η καλύτερη αξιοποίηση των αξόνων περιλαμβάνει τεχνολογίες συγκομιδής, καλλιεργητικές πρακτικές και προφανώς γενετική βελτίωση. Εάν οι παραγωγοί συγκομίζουν τους άξονες, τότε τα υβρίδια διπλής χρήσης με υψηλή και σταθερή παραγωγή σε καρπό και σε άξονες θα μπορούσαν να είναι ανώτερα από τα παραδοσιακά. Ωστόσο η γνώση για την κληρονομικότητα των χαρακτηριστικών του άξονα, η γενετική τους βάση, η παραλλακτικότητα τους καθώς επίσης και η σχέση αυτών με χαρακτηριστικά όπως η απόδοση σε καρπό και η πυκνότητα σποράς είναι περιορισμένη. Τα χαρακτηριστικά του άξονα όπως η διάμετρος η το βάρος έχουν τύχει λίγων μελετών QTL στο παρελθόν, σε αντίθεση με χαρακτηριστικά όπως το μήκος, ο αριθμός των σπόρων ανά άξονα, ο αριθμός των σπόρων ανά σειρά η ο αριθμός των σειρών. Πιο πειστικά στοιχεία παρέχουν ο όγκος και η πυκνότητα του άξονα, όμως αυτά είναι δύσκολο να μετρηθούν και δεν έχουν ενδιαφέρον όταν η βελτίωση γίνεται για καρπό. Ενώ είναι επιθυμητή και πολλά υποσχόμενη η ταυτόχρονη βελτίωση για απόδοση σε καρπό και σε άξονες, ωστόσο ο άριστος τύπος άξονα δεν είναι ξεκάθαρος από τα μέχρι τώρα δεδομένα, ως εκ τούτου η πλέον υποσχόμενη προσέγγιση για την αύξηση της απόδοσης του είναι αύξηση της πυκνότητας. Η πυκνότητα του δεν συσχετίζεται με την απόδοση σε καρπό, το μήκος, τη διάμετρο και το βάρος του ενώ συσχετίζεται θετικά με την συνολική απόδοση.

Βιομάζα

Τα δομικά στοιχεία της βιομάζας του καλαμποκιού είναι το στέλεχος, τα φύλλα, η αρσενική ταξιανθία, τα βράκτια και ο σπαδικας. Υπάρχει η δυνατότητα για πολλές χρήσεις, τρεις όμως είναι οι πλέον σημαντικές: η διατροφή των ζώων, η παραγωγή βιοαιθανόλης και η συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού. Αναφορικά με τη βιοαιθανόλη, έρευνα του 2002 από το National Renewable Energy Laboratory αναφέρεται σε δυνατότητα παραγωγής 330 lt ανά τόνο ξηράς ουσίας. Γενικά, η ποσοστιαία περιεκτικότητα των δομικών στοιχείων της βιομάζας δηλαδή κυτταρίνη, ημικυτταρίνη και λιγνίνη είναι 45, 30 και 25% αντιστοίχως (Zaldivar J. et al., 2001). Η κυτταρίνη είναι η βασική δεξαμενή υδατανθράκων για την παραγωγή βιοκαυσίμων (Demura and Ye. 2010). Η σχέση υγρασίας καρπού και μέσης υγρασίας βιομάζας είναι ελαφρώς μεγαλύτερη από το 2.15:1 όταν η υγρασία του καρπού είναι μικρότερη από το 30% (Shinners K. J. and B. N. Binversie, 2007; Barten J., 2013). Η οικονομικότητα της απόδοσης της βιομάζας περιλαμβάνει και έναν επιπρόσθετο παράγοντα, τον δείκτη συγκομιδής (Harvest Index- HI) που είναι ο λόγος της απόδοσης καρπού προς την συνολική υπέργεια βιομάζα, επιμερίζοντας έτσι τα προϊόντα της συνολικής φωτοσύνθεσης ως προς αυτά τα οποία συγκομίζονται. Ο HI έχει αυξηθεί διαμέσου της εξημέρωσης και της βελτίωσης των φυτών και ιδιαίτερα στα σιτηρά (Evans, 1993). Στο καλαμπόκι η αύξηση της απόδοσης είναι ευθυγραμμισμένη με την αύξηση της συνολικής βιομάζας.

Ο HI ήταν ήδη υψηλός όταν άρχισε η εμπορική παραγωγή των υβριδίων και η ευρεία εξάπλωση τους την δεκαετία του 1930. Συμπεράσματα για τον HI του καλαμποκιού είναι δύσκολο να εξαχθούν, διότι η γενετική πρόοδος ως προς την απόδοση του καρπού έχει επιτευχθεί και με τη βελτίωση σε υψηλή πυκνότητα σποράς (Dunvik D. N. et al., 2004). Ο HI μειώνεται καθώς η πυκνότητα σποράς πλησιάζει υψηλά επίπεδα (Tollenaar et al., 1994). Ως εκ τούτου σε συγκριτικούς πειραματικούς αγρούς, οι νεώτερες ποικιλίες έχουν αυξημένο HI σε σχέση με τα παλαιότερες, λόγω του μεγαλύτερου αριθμού φυτών χωρίς σπάδικα (Barenness) των παλαιότερων υβριδίων που δεν είναι βελτιωμένα για υψηλές πυκνότητες (Dunvik D., 2005). Ο Russel (1985) αναφέρει ότι ενώ η απόδοση σε καρπό και βιομάζα αυξήθηκαν μεταξύ του 1930 και του 1980, δεν παρατηρήθηκε τάση αύξησης του HI. Αυτό οδήγησε στο συμπέρασμα ότι η αύξηση του καρπού ακολουθείται από την αύξηση της βιομάζας ανά μονάδα επιφανείας. Κατά το παρελθόν ελάχιστες μελέτες (ιδιαίτερα τις δεκαετίες 1970 και 1980), μέτρησαν και αναφέρθηκαν σε χαρακτηριστικά όπως η συνολική βιομάζα, τον HI και την απόδοση της βιομάζας πέρα από τον καρπό. Συχνά οι εργασίες αυτές είχαν αντικειμενικό σκοπό τη μελέτη της φυσιολογίας της απόδοσης του καρπού ώστε να σχεδιαστεί η βελτίωση του. Πέντε εργασίες που περιγράφουν τις αλλαγές στον HI και τη απόδοση της βιομάζας, έδειξαν την αύξηση της απόδοσης στον χρόνο, ταυτόχρονα όμως ότι η μεταβολή του HI είχε μικρή σχέση με τη βελτίωση του καρπού. (Russel W. A., 1985; Tapper, 1983 Tollenaar M., 1989; Meghji M. R. et al., 1984; Lauer J. G. et al., 2001)

Αρκετές αλλαγές στη μορφολογία και την ανάπτυξη του φυτού θα μπορούσαν να συνοδεύουν την απόδοση του καρπού και να συνεισφέρουν στην συσχετιζόμενη αύξηση της απόδοσης της βιομάζας. Τέτοια χαρακτηριστικά είναι το ύψος του φυτού, η πυκνότητα σποράς, το μέγεθος και η πυκνότητα του στελέχους, η φυλλική επιφάνεια (LAI) και η καθυστέρηση της γήρανσης του φυτού (Stay Green).

Το ύψος του φυτού δεν αποδεικνύεται από καμία εργασία ότι έχει αλλάξει διαχρονικά (Meghji M. R. et al., 1984; Russel W. A., 1985; Dunvik D. N. et al., 2004; Dunvik D. N. and K. G. Cassman, 1999). Η φυλλική επιφάνεια (LAI) είναι ένα στοιχείο, το οποίο συσχετίζεται απ ευθείας με την σύλληψη της ηλιακής ακτινοβολίας και θα μπορούσε λογικά να συνδέεται στενά με την αύξηση της απόδοσης του καρπού και της βιομάζας, τα αποτελέσματα όμως για τις αλλαγές στον LAI είναι αμφιλεγόμενα. Η Μείωση του σπασίματος του στελέχους (Stalk Lodging), επιτρέπει αφ ενός την εκμηχάνιση της συγκομιδής και αφ ετέρου την αύξηση της πυκνότητα σποράς (Dunvik D. N. and K. G. Cassman, 1999). Η αντοχή του στελέχους συσχετίζεται με την διάμετρο και την πυκνότητα του (Thompson D. L., 1964; Zuber M. S. et al., 1980). Η αυξημένη ξηρά ουσία στο στέλεχος, ιδιαίτερα κάτω από τον σπάδικα πιθανώς να συνεισφέρει στην αύξηση της απόδοσης του καρπού και την αύξηση του βάρους της βιομάζας ανά μονάδα επιφανείας. Η μείωση του σπασίματος του στελέχους (Stalk Lodging) στα νεωτέρα υβρίδια συνδέεται είτε με την κατανομή περισσότερης ξηράς ουσίας στο στέλεχος κατά την διάρκεια της περιόδου γεμίσματος του καρπού η με τη μετακίνηση λιγότερης ξηρής ουσίας από το στέλεχος στον καρπό (Tollenaar et al., 1994). Ουσιαστικά η αύξηση της αντοχής του στελέχους, του ριζικού συστήματος και του μίσχου της ρόκας έχουν μειώσει δραματικά την ποσότητα του μη συγκομιζόμενου καρπού (Crosbie T. M., 1982).

Το χαρακτηριστικό όμως το οποίο με συνεπεία και σταθερότητα συνδέεται με την αύξηση της απόδοσης του καρπού είναι η καθυστέρηση της γήρανσης του φυτού (Stay Green) (Evans L. T., 1993; Dunvik D., 2005). Το Stay Green είναι ο ευκολότερος δρόμος να αυξήσουμε την εποχιακή φωτοσύνθεση της καλλιέργειας και μέσω αυτής την παραγωγή βιομάζας (Richards R. A., 2000). Οι διαφορές στην συγκέντρωση της ξηράς ουσίας μεταξύ παλαιών και νέων υβριδίων βρέθηκε ότι είναι μεγαλύτερες στην διάρκεια γεμίσματος του καρπού (Tollenaar M. and E. A. Lee, 2006; Tollenaar M., 1991). Η καθυστέρηση της γήρανσης του φυτού είναι επίσης μια εκδήλωση υγιεινών φυτών περισσότερο ικανών να αντέχουν την καταπόνηση η οποία προκαλείται από τη γήρανση των φύλλων και την απώλεια απόδοσης του καρπού (Tollenaar et al., 1994). Ο Tollenaar (1991) έδειξε ότι τα φύλλα των παλαιότερων υβριδίων γηράσκουν συντομότερα από αυτά των νεωτέρων. Το γεγονός αυτό έχει σαν αποτέλεσμα μεγαλύτερες απώλειες για την βιομάζα στα παλιότερα υβρίδια στην διάρκεια τριών εβδομάδων μεταξύ άνθισης και φυσιολογικής ωρίμανσης.

Ωστόσο, δεν είναι ξεκάθαρο εάν οι απώλειες προκαλούνται από την αυξημένη μετακίνηση ξηράς ουσίας στον σπάδικα η είναι ένας φυσικός παράγοντας της βιομάζας. Μεταγενέστερα αποτελέσματα αποδεικνύουν την σημαντικότητα του

προηγούμενου μηχανισμού (Valentinuz O. R. and Tollennar M., 2004; Tollennar M. and E. A. Lee, 2006) καθώς τα νεότερα υβρίδια είναι ικανά σαν συλλαμβάνουν περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία και για περισσότερο χρόνο στην διάρκεια του γεμίσματος του καρπού, αποφεύγοντας με αυτόν τον τρόπο την ανάγκη μετακίνησης της ξηράς ουσίας για τη μεγιστοποίηση της απόδοσης του καρπού. Τα υβρίδια του καλαμποκιού με υψηλή απόδοση σε καρπό και βιομάζα θα μπορούσαν να είναι ιδανικά για ταυτόχρονη παραγωγή τροφίμων και ενέργειας. Ο ΗΙ δεν έχει αυξηθεί διαχρονικά, το γενετικό κέρδος του καρπού είναι περισσότερο ευθυγραμμισμένο με την αύξηση της απόδοσης της βιομάζας, ιδιαίτερα σε υψηλές πυκνότητες σποράς. Το γενικό αυτό πρότυπο παρατηρήθηκε σε όλες τις μελέτες. Ο ΗΙ δεν έχει σημαντικά αλλάξει η τουλάχιστον δεν ακολουθεί την αυξητική τάση της απόδοσης του καρπού. Ως εκ τούτου η απόδοση της βιομάζας θα συνεχίσει να αυξάνεται όσο θα συνεχίζεται η επιλογή για μεγαλύτερη απόδοση σε καρπό. Εάν τα βελτιωτικά προγράμματα αρχίζουν να επιλέγουν για υψηλότερη απόδοση σε βιομάζα, απόγονοι με καλή βελτιωτική αξία για καρπό και βιομάζα θα μπορούσαν να βρεθούν, διότι όλες οι παρατηρούμενες αυξήσεις στην απόδοση του καρπού είναι ανάγκη να συνοδεύονται από αυξήσεις στη βιομάζα, εικάζοντας ότι η είσοδος νέων παραμέτρων για τη βελτίωση της βιομάζας όπως το μέγεθος του στελέχους, η καλλίτερη αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας, το μέγεθος της φυλλικής επιφάνειας (LAI) θα βοηθήσει στην αύξηση της απόδοσης του καρπού.

1.6. ΓΕΝΕΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Συντελεστής Κληρονομικότητας

Η κληρονομικότητα ορίζεται ως το ποσοστό της Φαινοτυπικής παραλλακτικότητας ενός γνωρίσματος που οφείλεται σε γενετικά αίτια. Εκτιμάται με δύο διαφορετικούς συντελεστές κληρονομικότητας ανάλογα με το είδος της γενετικής διακύμανσης (ολική ή αθροιστική) που λαμβάνεται υπόψη κατά τον υπολογισμό του. Ο υπό την ευρεία έννοια συντελεστής (H), που είναι επαρκής στην περίπτωση καθαρών σειρών, κλώνων ή μονογονοτυπικών υβριδίων, δίδει το βαθμό κατά τον οποίο η φαινοτυπική διακύμανση (V_P) εξαρτάται από την ολική γενετική διακύμανση (V_G) (δηλαδή την αθροιστική, την κυριαρχική και την επιστατική), όπως φαίνεται παρακάτω:

$$H = \frac{V_G}{V_P}$$

Ο υπό τη στενή έννοια αντίστοιχος συντελεστής κληρονομικότητας (h^2) δίδει το βαθμό κατά τον οποίο η φαινοτυπική διακύμανση εξαρτάται από την αθροιστική γενετική διακύμανση (V_A), που αποτελεί το τμήμα της σταθεροποιήσιμης-κληρονομίσιμης γενετικής διακύμανσης. Η αθροιστική γενετική διακύμανση

ορίζεται και ως η διακύμανση των βελτιωτικών τιμών μεταξύ των ατόμων του πληθυσμού:

$$h^2 = \frac{V_A}{V_P}$$

Ο συντελεστής κληρονομικότητας υπό στενή έννοια έχει μεγαλύτερη πρακτική αξία, καθώς δύναται να εκτιμήσει την αναμενόμενη γενετική πρόοδο από επιλογή σε διαχωριζόμενους πληθυσμούς (Hallauer A. R. and J. B. Miranda Fihlo, 1988; Rex B., 2002).

Αλληλεπίδραση γονοτύπου-περιβάλλοντος

Η επίδραση του περιβάλλοντος δύναται να επηρεάσει την έκφραση τόσο των ποσοτικών όσο και των ποιοτικών γνωρισμάτων. Για το λόγο αυτό, είναι απαραίτητος ο διατοπικός και διαχρονικός πειραματισμός του γενετικού υλικού κατά τη δημιουργία νέων ποικιλιών. Ο αριθμός των περιβαλλόντων, στα οποία κρίνεται απαραίτητος ο έλεγχος του γενετικού υλικού, εξαρτάται από το μέγεθος τη αλληλεπίδρασης μεταξύ γονοτύπου και περιβάλλοντος, η οποία αποτυπώνεται μέσω των διακυμάνσεων του υπό μελέτη γνωρίσματος στα διαφορετικά περιβάλλοντα (Rex B., 2002). Ο παράγοντας περιβάλλον ορίζεται ως το σύνολο των μη γενετικών επιδράσεων, οι οποίες επηρεάζουν τη φαινοτυπική τιμή ενός γονοτύπου. Η περιβαλλοντική επίδραση μπορεί να προκαλείται από φυσικά ή χημικά χαρακτηριστικά του εδάφους, κλιματικούς παράγοντες όπως η βροχόπτωση, η θερμοκρασία και η ηλιοφάνεια, και τέλος από βιοτικούς παράγοντες καταπόνησης (Comstock R. E. and R. H. Moll, 1963). Κατά την εκτίμηση των γενετικών παραμέτρων σε μελέτες που αφορούν την αλληλεπίδραση γονοτύπου-περιβάλλοντος, στην περίπτωση διαφόρων τοποθεσιών σε μονοετή πειραματισμό οι τοποθεσίες αυτές αποτελούν το περιβάλλον, ενώ στην περίπτωση διατοπικού και διαχρονικού πειραματισμού ως περιβάλλον θεωρείται ο συνδυασμός τοποθεσίας και έτους.

Η φαινοτυπική τιμή ενός γονοτύπου i , ο οποίος αξιολογείται σε j περιβάλλοντα με k επαναλήψεις, μπορεί να υπολογισθεί ως: $P_{ijk} = \mu + g_i + t_j + (gt)_{ij} + e_{ijk}$ όπου μ ο μέσος όρος του συνόλου των γονοτύπων, g_i η επίδραση του γονοτύπου i , t_j η επίδραση του περιβάλλοντος j , $(gt)_{ij}$ η αλληλεπίδραση του γονοτύπου i με το περιβάλλον j και e_{ijk} το πειραματικό σφάλμα.

Η γονοτυπική επίδραση g_i ορίζεται ως ο μέσος όρος ενός γονοτύπου για όλα τα περιβάλλοντα από τον οποίο αφαιρείται ο γενικός μέσος όρος όπως φαίνεται παρακάτω: $g_i = P_{i..} - \mu$.

Αντίστοιχα προσδιορίζεται και η επίδραση του περιβάλλοντος, κατά την οποία από το μέσο όρο ενός περιβάλλοντος αφαιρείται ο γενικός μέσος όρος: $t_j = P_{.j.} - \mu$. Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, η αλληλεπίδραση γονοτύπου-περιβάλλοντος υπολογίζεται ως: $(gt)_{ij} = P_{ij.} - g_i - t_j - \mu$. Εφόσον, οι αλλαγές του t_j δεν προκαλούν

αλλαγές στο g_i ή στο gt_{ij} στο κάθε περιβάλλον, ο παράγων t_j δύναται να αφαιρεθεί από το πρότυπο εκτίμησης της φαινοτυπικής τιμής. Με τον τρόπο αυτό η διακύμανση (V_P) της τιμής αυτής, προσαρμοσμένης για την επίδραση του κάθε περιβάλλοντος, δίδεται ως: $V_P = V_G + V_{GE} + V_E$, όπου V_G η διακύμανση που οφείλεται στους γονότυπους, V_{GE} η διακύμανση της αλληλεπίδρασης γονοτύπου x περιβάλλον και V_E είναι η εντός του περιβάλλοντος διακύμανση του σφάλματος. Οι τιμές t_j αποτελούν τις επιδράσεις μιας κατηγορικής μεταβλητής όπως είναι και οι επαναλήψεις. Επομένως, το άθροισμα $V_{GE} + V_E$ αφορά τη συνολική διακύμανση από μη γενετικούς παράγοντες. Μια ανάλυση διακύμανσης για πολλά περιβάλλοντα, ποσοτικοποιεί γενικώς το μέγεθος της εμφανιζόμενης V_{GE} , αλλά δεν ποσοτικοποιεί το μέγεθος της αλληλεπίδρασης γονοτύπου- περιβάλλοντος που αφορά τον κάθε γονότυπο χωριστά (Rex B., 2002).

Η ανάλυση της διακύμανσης γονοτύπων όταν αξιολογούνται σε ένα ή σε διαφορετικά περιβάλλοντα εμφανίζεται στους πίνακες 1.1 και 1.2 αντίστοιχα.

Πίνακας 1.1. Ανάλυση διακύμανσης γονοτύπων σε ένα περιβάλλον

Πηγή παραλλακτικότητας	Βαθμοί ελευθερίας	Μέσα τετράγωνα	ΘΣΜΤ
Επαναλήψεις	r-1		
Γονότυποι	n-1	MT _G	$V_E + r V_G$
Σφάλμα	(r-1)(n-1)	MT _{σφάλμα}	V_E

Πίνακας 1.2. Ανάλυση διακύμανσης γονοτύπων σε διάφορα περιβάλλοντα

Πηγή παραλλακτικότητας	Βαθμοί ελευθερίας	Μέσα τετράγωνα	ΘΣΜΤ
Περιβάλλον (E)	e-1		
Επαναλήψεις/E	(r-1)e		
Γονότυποι	n-1	MT _G	$V_E + r V_{GE} + r e V_G$
Γονότυποι x E	(n-1)(e-1)	MT _{GE}	$V_E + r V_{GE}$
Σφάλμα	(n-1)(r-1)e	MT _{σφάλμα}	V_E

Όπου e ο αριθμός των περιβαλλόντων, r ο αριθμός των επαναλήψεων σε κάθε περιβάλλον και n ο αριθμός των γονοτύπων.

1.7. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ

Η μελέτη της γενετικής παραλλακτικότητας διευκολύνεται με τη χρήση σχετικών συντελεστών.

Γενετικός συντελεστής παραλλακτικότητας

Είναι η γενετική τυπική απόκλιση εκφραζόμενη ως ποσοστό του μέσου όρου και επιτρέπει τη σύγκριση της γενετικής παραλλακτικότητας διαφορετικών γνωρισμάτων (Al-Jibouri et al., 1958).

$$GCV = \frac{s_G}{\bar{Y}} 100\% = \frac{\sqrt{V_G}}{\bar{Y}} 100\%$$

Η κρατούσα άποψη μεταξύ των βελτιωτών είναι πως για βελτιωμένο γενετικό υλικό $GCV = 12-14\%$ είναι το επιδιωκόμενο (η τουλάχιστον πάνω από 10%), διαφορετικά η πρόοδος θα είναι μικρή και δύσκολη (Προσωπική επικοινωνία κ^{ος} Γούλας)

Φαινοτυπικός συντελεστής παραλλακτικότητας

Ο Φαινοτυπικός συντελεστής παραλλακτικότητας εκφράζει σαν ποσοστό την φαινοτυπική διακύμανση μεταξύ των διαφόρων γνωρισμάτων του εξεταζόμενου γενετικού υλικού και υπολογίζεται ως εξής:

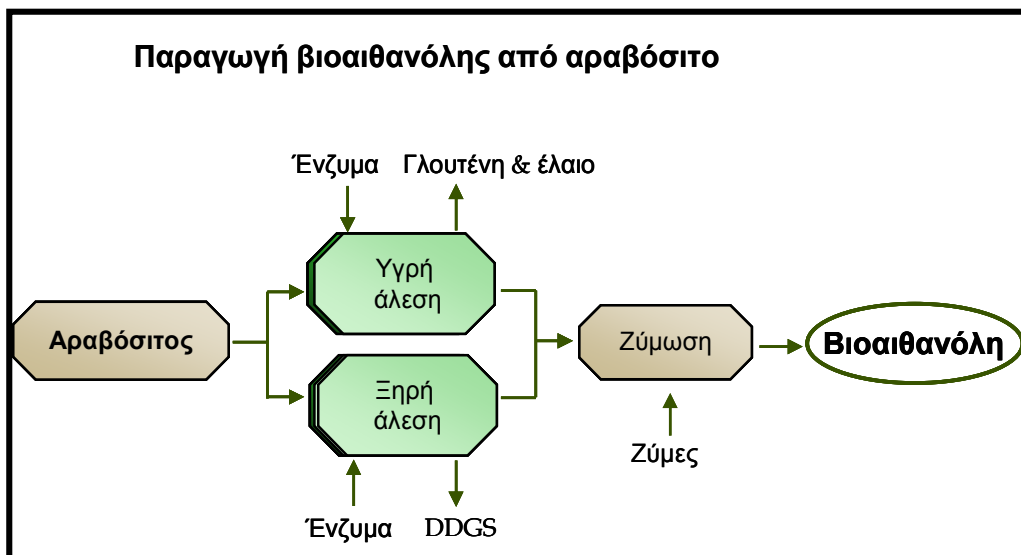
$$PCV = \frac{s_{GE}}{\bar{Y}} 100\% = \frac{\sqrt{V_P}}{\bar{Y}} 100\%$$

1.8. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΠΡΩΤΗΣ ΓΕΝΕΑΣ ΑΠΟ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ.

Η βιοαιθανόλη, αποτέλεσμα αλκοολικής ζύμωσης των ζαχάρων, είναι το πρώτο καύσιμο κίνησης που χρησιμοποιήθηκε ως υποκατάστατο της βενζίνης. Είναι ένα άχρωμο, διαυγές, βιοαποικοδομήσιμο, χαμηλής τοξικότητας υγρό που προκαλεί πολύ μικρή περιβαλλοντική μόλυνση. Η υψηλή περιεκτικότητά της σε αριθμό οκτανίων την καθιστά κατάλληλη ως προσθετικό στη βενζίνη αλλά και ως μέσο εμπλουτισμού της σε οξυγόνο με συνέπεια την πιο ολοκληρωμένη καύση και άρα τη μείωση των εκπομπών ρυπογόνων αερίων.

Η παραγωγή βιοαιθανόλης από αμυλούχες πρώτες ύλες όπως το καλαμπόκι, επιτυγχάνεται μετά από ενζυματική υδρόλυση του αμύλου σε ζάχαρα που στη συνέχεια ζυμώνονται από τα κατάλληλα στελέχη του ζαχαρομύκητα (*Saccharomyces cerevisiae*) στους $32-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ και σε pH 5.2. Η βιοαιθανόλη παράγεται σε συγκέντρωση $12-15\%$ και το διάλυμα αποστάζεται για την απόκτηση μεγαλύτερων συγκεντρώσεων. Σε βιομηχανικό επίπεδο, ένας τόνος καλαμπόκι παράγει 390 λίτρα

βιοαιθανόλης σε συγκέντρωση 99.6% και 0.33 τόνους υψηλής θρεπτικής αξίας ζωοτροφή (DDGS) ως παραπροϊόν (Σκαράκης Γ. Ν. et al, 2008).



Ιδιότητες του Αμύλου του Καλαμποκιού.

Το άμυλο είναι η αποθήκη των υδατανθράκων στο φυτικό βασίλειο. Υπάρχει με την μορφή λεπτών κόκκων αποθηκευμένων στους σπόρους, στους ιστούς και τις ρίζες των φυτών. Παρά το ότι τα άμυλο υπάρχει παντού στο φυτικό βασίλειο, μόνο από λίγα φυτά μπορεί να χρησιμοποιηθεί εμπορικά και το καλαμπόκι (*Zea mays* L) είναι η κυριότερη πηγή αμύλου παγκοσμίως. Άμυλο από πατάτα (*Solanum tuberosum*), σιτάρι (*Triticum aestivum* L) και σε μικρότερο βαθμό ρύζι (*Oryza sativa* L.) είναι επίσης σημαντικές πηγές αμύλου. Η απόδοση σε άμυλο από την wet milling διαδικασία είναι το 66% σε ξηρή βάση, υπολογισμένη επί τοις % της πρώτης ύλης του καλαμποκιού, και το γεγονός αυτό κάνει την ανάκτηση του άμυλου μια οικονομικά επιτυχή διαδικασία. Οι δείκτες αυτοί αναφέρονται στην wet milling διαδικασία μεταποίησης του άμυλου του κοινού (dent) καλαμποκιού που είναι η κυρίαρχη στην μεταποίηση. Η απόδοση των Waxy (wx) καλαμποκιών φτάνει το 90% και τα υψηλής περιεκτικότητας αμυλόζης (60 έως 70% αμυλοζή) υβρίδια φτάνουν από 80 έως 90% της αναμενόμενης απόδοσης του καλαμποκιού (dent) αντιστοίχως. Το άμυλο αποθηκεύεται με την μορφή κόκκων. Είναι μίγμα από δυο πολυσακχαρίτες με μονάδες γλυκόζης : α) την αμυλοζή, γραμμικό πολυμερές 100 έως 300 μονάδων γλυκόζης, οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους με α(1—4) γλυκοσιδικούς δεσμούς και με μικρές διακλαδώσεις στην θέση 6C και οποίες είναι συνδεδεμένες με α(1—6) γλυκοσιδικούς δεσμούς και β) την αμυλοπηκτινη, διακλαδισμένος πολυσακχαρίτης μονάδων γλυκόζης επίσης με α(1—4) γλυκοσιδικούς δεσμούς. Οι διακλαδώσεις απατώνται κάθε 30μόρια γλυκόζης και γίνονται με α(1—6) γλυκοσιδικούς δεσμούς. Στην υπόλοιπη αλυσίδα της διακλάδωσης οι δεσμοί μεταξύ των μορίων της γλυκόζης είναι α(1—4). Στο καλαμπόκι και σε μερικά άλλα φυτά υπάρχει η ένδειξη για μόρια

αμύλου ενδιάμεσου μοριακού βάρους από αυτά της αμυλόζης και της αμυλοπηκτίνης (White P. J., 2000).

Φυσιολογία του αμύλου του καλαμποκιού.

Στο καρπό του κοινού (dent) καλαμποκιού, τα κύτταρα του ενδοσπερμίου αρχίζουν να συνθέτουν το άμυλο αργά σε σχέση με την ανάπτυξη του καρπού (Boyer C. D. et al., 1977). Η συσσώρευση του αμύλου κατά την διάρκεια της ωρίμανσης του καρπού, με την μορφή κόκκων αμύλου μέσα στο κύτταρο, αυξάνεται από περίπου 10% του βάρους του καρπού την 7^η έως 10^η ημέρα μετά την γονιμοποίηση σε 55 έως 60%, 30 με 35 ημέρες μετά, και παραμένει σταθερό μέχρι την ωρίμανση. Ο σχηματισμός του αμύλου λαμβάνει χώρα προς δυο κατευθύνσεις, η κύρια από την κορυφή προς την βάση και η δευτερεύουσα από την κορυφή προς την περιφέρεια, με συνέπεια κάθε στιγμή τα κύτταρα του ενδοσπερμίου να έχουν διαφορετική ωριμότητα. Υπάρχουν μερικές διαφορές στην σύνθεση του αμύλου των κυττάρων του καρπού οι οποίες καθορίζονται από διάφορους παράγοντες. Η ημερομηνία σποράς α) επηρεάζει τις θερμικές ιδιότητες του αμύλου, β) αυξάνει στατιστικά σημαντικά την κορύφωση της θερμοκρασίας και την ενθαλπία της gelatinization (35 °C vs 25°C) και γ) μειώνει την απόδοση, το ειδικό βάρος (πυκνότητα) του καρπού, το μέγεθος των κόκκων του αμύλου, το ποσοστό της αμυλόζης, το μέγεθος των μορίων της αμυλόζης και αυξάνει την θερμοκρασία της gelatinization (Lu T. J. et al., 1996; White P. J., 2000).

Διαδικασίες ζύμωσης του αμύλου για την παραγωγή αιθανόλης.

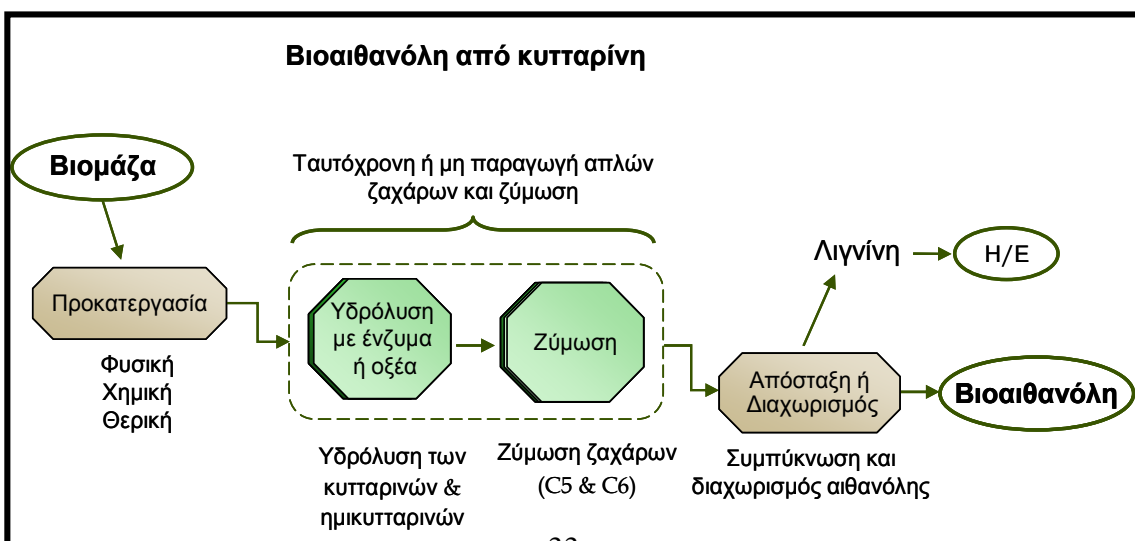
Η διαδικασία της ζύμωσης του αμύλου για την παραγωγή αιθανόλης είναι η ίδια για όλους τους αμυλούχους σπόρους. Το άμυλο ένα πολυμερές της γλυκόζης, μετατρέπεται ενζυματικά σε γλυκόζη, ακολουθεί ζύμωση και μετατροπή της γλυκόζης σε αλκοόλη. Ο καρπός του καλαμποκιού περιέχει κατά προσεγγίσει 70% άμυλο σε ξηρή βάση μαζί με πρωτεΐνες, λίπη και λάδι καθώς και ίνες (Watson S. A., 2003). Το άμυλο του καλαμποκιού είναι δεσμευμένο με την γλουτένη (φυσικό μίγμα γλουτενίνης και την γλιαδίνης και η οποία στο σιτάρι αποτελεί τη κύρια πρωτεΐνη των σπόρων (Διαμαντίδης Γ., 1994). Αποτελείται από μια μακριά πολυπεπτιδική αλυσίδα, έχει μια ιδιαίτερη ελαστικότητα και επιτρέπει την παραγωγή ψωμιού υψηλής ποιότητας (αντοχή και ελαστικότητα του αλεύρου). Το λάδι είναι αποθηκευμένο στο έμβρυο. Οι ίνες είναι παρούσες στο ενδοσπερμιο, το έμβρυο και το σημείο της προσκόλλησης του σπόρου στον άξονα. Το περικάρπιο το οποίο περιβάλλει τον καρπό αποτελείται από ίνες αραβοξυλανης και ένα κηρώδες επίθεμα.

Η σύνθεση του καρπού και η παραγωγή αιθανόλης μπορεί να διαφέρουν σημαντικά εξ αίτιας του γονότυπου και των περιβαλλοντικών επιδράσεων. Η ταυτοποίηση και ανάπτυξη γονοτύπων με υψηλή επίδοση σε παραγωγή αιθανόλης είναι ένας τομέας κάτω από εντατική έρευνα (Hucle and Chibbar, 1996; Ingledew, 1999; Zhan et al., 2003; Hicks et al., 2005; Rosenberg, 2005; Swanston and Newton, 2005; Corredor et al., 2006; Taylor et al., 2006) (Nancy N. Nicolis and Rodney J. Bothast, 2008).

Οι μέθοδοι για την παρασκευή αιθανόλης με ζύμωση είναι η wet mill και η dry grind. Ένας παρεμφερής όρος dry milling περιγράφει την κλασματοποίηση του καρπού για παραγωγή τροφίμων. Τα περισσότερα εργοστάσια παραγωγής αιθανόλης καθώς και όλες οι νέες μονάδες χρησιμοποιούν σήμερα την dry grind διαδικασία. Η βιολογική βάση και τα βασικά βήματα της ζύμωσης είναι τα ίδια και στις δυο διαδικασίες. Ο καρπός επεξεργάζεται ώστε το άμυλο του να είναι δεκτικό σε κατεργασία και με ζύμωση από μύκητες να μετατραπεί σε αιθανόλη. Οι κύριες διαφορές μεταξύ των δυο μεθόδων είναι στην αρχική επεξεργασία του καρπού και στα προϊόντα τα οποία παράγονται από αυτές τις διαδικασίες: α) στην wet mill χρησιμοποιείται αρχικά εμβάπτιση του και στην συνέχεια βήματα διαχωρισμού και απομόνωσης του άμυλου από τα άλλα συστατικά του καρπού και τυπικά την παραγωγή ενός αριθμού από σημαντικά προϊόντα επιπλέον της παράγωγης της αιθανόλης (Lawrence A. Johnson and James B. May, 2003) και β) στην dry grind διαδικασία στις μονάδες παραγωγής, επεξεργάζεται ολόκληρος ο καρπός και παράγονται μόνο δυο προϊόντα αιθανόλη η οποία ανακτάται από απόσταξη και τα υπόλοιπα της ζύμωσης τα οποία στην συνέχεια πωλούνται σαν τροφή για τα ζώα και αναφέρονται σαν DDGS (Distillers dry grains with soluble) (Kelsall D. R. and T. P. Lyons, 2003). Οι μονάδες παραγωγής με την dry grind διαδικασία έχουν μικρότερο κόστος και λειτουργικά έξοδα από τις αντίστοιχες της wet mill (Nicolis N. N. and Rodney J. Bothast, 2008).

1.9. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΔΕΥΤΕΡΗΣ ΓΕΝΙΑΣ ΑΠΟ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ

Η παραγωγή βιοκαυσίμων δεύτερης γενιάς βασίζεται στην ολική ή μερική αξιοποίηση των λιγνοκυτταρινούχων πρώτων υλών. Προς το παρόν υπάρχουν δύο κύριες πλατφόρμες για τη μετατροπή των πολυμερών αυτών σε υγρά βιοκαύσιμα. Η πρώτη πλατφόρμα, βασίζεται σε βιοχημική μετατροπή τους σε ζυμώσιμα ζάχαρα τα οποία στη συνέχεια με μικροβιακή ζύμωση παράγουν την βιοαιθανόλη. Η δεύτερη πλατφόρμα μετατροπής των κυτταρινών είναι χημική και χρησιμοποιεί θερμότητα και χημικούς καταλύτες για τη μετατροπή τόσο των υδατανθράκων όσο και των πολυμερών της λιγνίνης σε υγρά βιοκαύσιμα και κυρίως συνθετικό βιοντίζελ (Σκαράκης Γ. Ν. et al., 2008). Η βιοαιθανόλη από κυτταρίνη παράγεται κυρίως βιοχημικά, με την χρήση καινοφανών ενζύμων και ζυμών. Η βιοαιθανόλη δεύτερης γενιάς μπορεί επίσης να παραχθεί από βιομάζα και με θερμοχημική μετατροπή.



Προοπτική χρήσης βιομάζας ως πρώτη υλη παραγωγής βιοαιθανόλης

Η βιομάζα του καλαμποκιού είναι ένας ευρύς όρος ο οποίος περιγράφει το μέρος του φυτού το οποίο βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια του εδάφους. Τα δομικά στοιχεία της βιομάζας είναι το στέλεχος, τα φύλλα, η αρσενική ταξιανθία, τα βράκτια και ο σπάδικας. Στην περίπτωση της βιομάζας του καλαμποκιού υπάρχει η δυνατότητα για πολλές χρήσεις, τρεις όμως συγκεντρώνουν το μεγαλύτερο ποσοστό, α) η διατροφή των ζώων, β) η παραγωγή βιοαιθανόλης και γ) η συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού. Αναφορικά με τη βιοαιθανόλη, έρευνα του 2002 από το National Renewable Energy Laboratory αναφέρεται σε δυνατότητα παραγωγής 330 lt ανά τόνο ξηράς ουσίας. Η ποσοστιαία περιεκτικότητα των δομικών στοιχείων της βιομάζας δηλαδή κυτταρίνη, ημικυτταρίνη και λιγνίνη είναι 45, 30 και 25% αντιστοίχως (Zaldivar J. et al., 2001). Η κυτταρίνη είναι η βασική δεξαμενή υδατανθράκων για την παραγωγή βιοκαυσίμων (Demura and Ye., 2010). Η σχέση υγρασίας καρπού και μέσης υγρασίας βιομάζας είναι ελαφρώς μεγαλύτερη από το 1:2.15 όταν η υγρασία του καρπού είναι μικρότερη από το 30% (Shinners K. J. and B. N. Binversie 2007; Barten J., 2013).

Διαχείριση και Συγκομιδή Βιομάζας

Εφ' όσον το στέλεχος θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή βιοκαυσίμων, η καθυστέρηση του αλωνισμού επιτρέπει την μείωση του ποσοστού της υγρασίας του, και την πλήρη ωρίμανση του καρπού ώστε να υπάρχει πλήρης και ταυτόχρονη εκμετάλλευση. Ένα από τα πρωταρχικά εμπόδια στην υιοθέτηση της λιγνοκυτταρινούχου μάζας σαν πρώτη υλη για την βιομηχανία των βιοκαυσίμων, είναι το σχετικά υψηλό κόστος το οποίο συνδέεται με τον αλωνισμό την διαχείριση και την αποθήκευση αυτής της ύλης. Το υψηλό ποσοστό υγρασίας που υπάρχει στο στέλεχος του καλαμποκιού ακόμη και μετά την φυσιολογική ωρίμανση του καρπού είναι ακόμη ένα μειονέκτημα της βιομάζας γενικότερα, και ιδιαίτερα του στελέχους του καλαμποκιού. Η μικρή πυκνότητα (Bulk Density) της συγκομισμένης ύλης (de Leon N. and J. G. Coors, 2008) βάζει όρια για την οικονομικότητα της μεταφοράς από το χωράφι στο εργοστάσιο επεξεργασίας. Εναλλακτικές λύσεις όπως η συμπύκνωση, η χημική επεξεργασία μείωση του μεγέθους των τεμαχίων είναι πρακτικές υπό αξιολόγηση για την βελτίωση της ικανότητας μεταφοράς. Αρκετές πρωτότυπες προτάσεις έχουν υποβληθεί για την συλλογή της βιομάζας μετά την συγκομιδή του καρπού.

Επεξεργασία της Βιομάζας

Υφίσταται σημαντική γενετική διακύμανση σχετικά με την αποικοδόμηση των κυτταρικών τοιχωμάτων, την σύνθεση και την ανατομική δομή τους τόσο μεταξύ των κτηνοτροφικών φυτών, όσο και μέσα στο ίδιο είδος. Στο καλαμπόκι έχει πραγματοποιηθεί ένας μεγάλος αριθμός ερευνών για την γενετική και την γονιδιωματική δομή των κυτταρικών τοιχωμάτων. Η μετατροπή της λιγνοκυτταρινούχου πρώτης ύλης σε υγρό καύσιμο είναι μια διαδικασία πολλών σταδίων που περιλαμβάνει προεπεξεργασία, ενζυματική υδρόλυση και ζύμωση. Η

προεπεξεργασία είναι το πρώτο κρίσιμο βήμα κατά το οποίο ανοίγει η σφικτή δομή των κυτταρικών τοιχωμάτων ώστε να πραγματοποιηθεί η ενζυματική υδρόλυση της κυτταρίνης και της ημικυτταρίνης. Μόνο δύο τεχνολογίες μετατροπής έχουν τύχει βιομηχανικής η/και πιλοτικής αgioποίησης πρόσφατα α) Steam explosion και β) Mild acid hydrolysis.

Είναι ευρέως αποδεκτό ότι η συγκέντρωση της κυτταρίνης και της λιγνίνης είναι οι σημαντικότεροι παράγοντες για τους βελτιωτές, όσο αφορά την ικανότητα μετατροπής της βιομάζας. Ωστόσο η σχέση μεταξύ λιγνίνης και ζυμοσιμότητας-πεπτικότητας των κυτταρικών τοιχωμάτων είναι αρκετά μεταβλητή και σύνθετη. Οι ιδιότητες των κυτταρικών τοιχωμάτων όπως η υδροφοβία και η ειδική σύνθεση της λιγνίνης έχουν σημαντική επίδραση στην ικανότητα κατεργασίας αυτής της ύλης. Η φαινοτυπική επιλογή για μικρότερη συγκέντρωση ινών και λιγνίνης καθώς και αυξημένη πεπτικότητα των ινών χρησιμοποιούνται επιτυχώς για την βελτίωση της ποιότητας των κτηνοτροφικών φυτών. Οι κατάλληλες τεχνολογίες για την αξιολόγηση της μετατροπής της βιομάζας σε υγρά καύσιμα γενικά είναι ακριβές και απαιτούν πολύ χρόνο. Η πρόβλεψη μέσω του NIR για χαρακτηριστικά όπως το Neutral Detergent Fiber (NDF), *in vitro* true digestibility (INTD), άμυλο και πρωτεΐνη χρησιμοποιούνται για την ανάλυση των δειγμάτων του ενσιρώματος και είναι ευρέως διαδεδομένα για βελτιωτικούς σκοπούς (Natalia de Leon and James G. Coors, 2008).

Ποιότητα της βιομάζας

Η σύνθεση της βιομάζας, η οποία εδώ αναφέρεται σαν ποιότητα της βιομάζας, μπορεί να επηρεάσει δραματικά την παραγόμενη βιοενέργεια. Οι παράμετροι της ποιότητας περιλαμβάνουν την συγκέντρωση απλών σακχάρων η πολυσακχαριτών, το ποσοστό περιεκτικότητας σε πεντόζες και εξόζες, την συγκέντρωση των στερεών, την συγκέντρωση και την σύνθεση της λιγνίνης και τύπους των λιγνοκυτταρινούχων δεσμών μεταξύ των συστατικών των κυτταρικών τοιχωμάτων όπως η κυτταρίνη και η ημικυτταρίνη καθώς και την συγκέντρωση και των χημικών ενώσεων οι οποίες λειτουργούν σαν αναστολείς. Η σημαντικότητα αυτών των παραμέτρων είναι υψηλά εξαρτωμένη από την διαδικασία μέσω της οποίας η βιοενέργειας παράγεται από τη βιομάζα. Για παράδειγμα η διαδικασία η οποία περιλαμβάνει χημική, φυσική και/η ενζυματική προεπεξεργασία ακολουθούμενη από ζύμωση με στελέχη μυκήτων και η οποία χρησιμοποιεί μόνο εξόζες είναι πρωτίστως επηρεασμένη από την συγκέντρωση και την διαθεσιμότητα αυτού του τύπου των υδατανθράκων. Στη βιοχημική μετατροπή, τα νέα ένζυμα, σε συνδυασμό και με την κατάλληλη προεργασία, αποδομούν (υδρολύουν) τόσο τις κυτταρίνες όσο και τις ημικυτταρίνες σε απλούστερα C₆ και C₅ ζάχαρα αντίστοιχα. Τα νέα εξειδικευμένα στελέχη ζυμών μπορούν να ζυμώσουν και τα C₅ ζάχαρα και έτσι να παράγουν μεγαλύτερες ποσότητες βιοαιθανόλης. Η όλη διαδικασία εφαρμόζεται σε βιομηχανικό επίπεδο και λειτουργούν ήδη αρκετές μονάδες (Σουηδία, Δανία, Ισπανία, ΗΠΑ, Καναδά και Ιαπωνία).

Η οικονομικά βιώσιμη παραγωγή βιοαιθανόλης με την παραπάνω διαδικασία αναμένεται να κυριαρχήσει τα επόμενα χρόνια. Πρόδρομη μέθοδος της ενζυμικής υδρόλυσης, για την αποδόμηση των κυτταρινών και ημικυτταρινών, είναι η υδρόλυση με πυκνά ή αραιά οξέα, που έχει χρησιμοποιηθεί περιορισμένα σε βιομηχανικό επίπεδο. Όμως θεωρείται ως πιο πολύπλοκη μέθοδος και αναμένεται η αντικατάστασή της από την χρήση ενζύμων στο εγγύς μέλλον.

Η έρευνα επίσης επικεντρώνεται στην παραγωγή βιοαιθανόλης από βιομάζα με ταυτόχρονη ζύμωση ζαχάρων και κυτταρίνης. Ήδη λειτουργήσει στις ΗΠΑ μονάδα παραγωγής βιοαιθανόλης η οποία στηρίζεται σε αποδόμηση της κυτταρίνης με συνδυασμό ήπιας προεργασίας με οξέα και αναερόβιας δράσης μίγματος βακτηρίων, και στην ταυτόχρονη ζύμωση πεντοζών (C₅) και εξοζών (C₆) από δύο διαφορετικές ζύμες. Υπολογίζεται ότι από ένα τόνο ξηράς βιομάζας θα παράγονται 250 – 280 λίτρα βιοαιθανόλης.

1.10. ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ ΠΡΩΤΗΣ VS. ΔΕΥΤΕΡΗΣ ΓΕΝΙΑΣ

Τα βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς μειονεκτούν διότι η αξιοποίηση των φυτικών πρώτων υλών ανταγωνίζεται την διατροφική χρήση, τα φυτά έχουν βελτιωθεί για διατροφική και όχι ενεργειακή χρήση, μέρος μόνο των φυτών μετατρέπεται σε βιοκαύσιμο και έχουν υψηλό κόστος παραγωγής. Η γενιά αυτή βιοκαυσίμων, αποτελεί σαφώς μια περιορισμένης αποτελεσματικότητας αλλά απαραίτητη ενδιάμεση φάση στην άκρως επιθυμητή κάλυψη ενεργειακών αναγκών από ανανεώσιμες πηγές έως ότου καταστεί οικονομικά βιώσιμη η τεχνολογία παραγωγής βιοκαυσίμων δεύτερης γενιάς που ήδη έχει αρχίσει να εφαρμόζεται. Για το σκοπό αυτό συνεχίζονται οι προσπάθειες βελτίωσης των παραδοσιακών αμυλούχων, ζαχαρούχων και ελαιούχων φυτών με στόχο την δημιουργία ποικιλιών, συμβατικά ή βιοτεχνολογικά, εμπλουτισμένων με συγκεκριμένα γνωρίσματα που θα μεγιστοποιούν των παραγωγή βιοκαυσίμων. Τα γνωρίσματα αυτά αφορούν σε α) αύξηση φωτοσυνθετικού δυναμικού, β) βελτίωση μεταβολισμού αζώτου, γ) ανθεκτικότητα σε βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες, δ) μεταβολή ποιότητας αμύλου και ζαχάρων για καλύτερη αξιοποίηση και ε) ενσωμάτωση ενζυματικών μηχανισμών (αμυλάσες) για μετατροπή του αμύλου σε ζυμώσιμα ζάχαρα πάνω στον καρπό μετά τη συγκομιδή. Ταυτόχρονα, επιδιώκεται η προσαρμογή και βελτίωση εναλλακτικών αμυλούχων, ζαχαρούχων και ελαιούχων φυτών με μεγάλο δυναμικό παραγωγής βιοκαυσίμων σε αρδευόμενες ή ξερικές συνθήκες (πχ. γλυκό σόργο, ρετσίνολαδιά, *Jatropha*).

Σε αντίθεση με την πρώτη γενιά, τα βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς παράγονται κυρίως από κυτταρίνη φυτών βιομάζας. Τα χαρακτηριστικά των φυτών αυτών είναι ότι α) η ενεργειακή χρήση δεν ανταγωνίζεται τη διατροφική, β) μπορούν να βελτιωθούν εξειδικευμένα για ενεργειακή χρήση και γ) μεγαλύτερο μέρος των φυτών μετατρέπεται σε βιοκαύσιμο. Σε σχέση με τα βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς, έχουν μικρότερο κόστος πρώτων υλών αλλά η παραγωγή τους απαιτεί μεγαλύτερη αρχική επένδυση. Το βασικό τους πλεονέκτημα είναι το ότι παρέχουν σημαντικά ενεργειακά και περιβαλλοντικά οφέλη.

Πίνακας 1: Ενεργειακό ισοζύγιο και μείωση ΑΕΘ βιοκαυσίμων 1^{ης} και 2^{ης} γενιάς

Τύπος βιοκαυσίμου	Ισοζύγιο ενέργειας ¹	Μείωση ΑΕΘ % ²
Βενζίνη	0.81	-
Βιοαιθανόλη 1 ^{ης} γενιάς (καλαμπόκι)	1.25-1.35	12-26
Βιοαιθανόλη 2 ^{ης} γενιάς (άχυρο)	5-6	82-85
Ντίζελ	0.83	-
Βιοντίζελ από σογιέλαιο	1.93-3.21	41-78
Συνθετικό ντίζελ	> 10	90-95

¹ Απόδοση ενέργειας προς χρησιμοποιηθείσα ενέργεια από ορυκτά καύσιμα σε όλο τον κύκλο παραγωγής του βιοκαυσίμου (καλλιέργεια, μεταφορά, διεργασία μετατροπής)

² Σε σχέση με βενζίνη / ντίζελ

Στο πλαίσιο καλύτερης αξιοποίησης των φυτών βιομάζας, πρώτη επιλογή αποτελούν εγχώρια φυτικά είδη προσαρμοσμένα στις διάφορες περιοχές και αγρονομικές συνθήκες ενώ παράλληλα δοκιμάζεται και η προσαρμογή και αποδοτικότητα ορισμένων νέο-εισαγόμενων ειδών. Στόχος των σχετικών προγραμμάτων δημιουργίας ποικιλιών είναι η αύξηση της κυτταρινούχας βιομάζας και η βελτίωση της σύνθεσης των βασικών πολυσακχαριτών (πχ. μείωση ποσοστού λιγνίνης). Σημαντικότατο ρόλο στην παραγωγή τέτοιων ποικιλιών θα έχει η βιοτεχνολογία και ειδικότερα η διαγονιδιακή τεχνολογία. Η ίδια τεχνολογία αξιοποιείται ήδη για την παραγωγή των καινοφανών ενζύμων και ζυμών που προαναφέρθηκαν (Σκαράκης Γ. Ν. et al., 2008).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΕΜΠΟΡΙΚΩΝ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η ενότητα αυτή είχε ως σκοπό την πειραματική αξιολόγηση, σε αντιπροσωπευτικό δείγμα των ζωνών-περιβαλλόντων καλλιέργειας του καλαμποκιού στη χώρα, του παραγωγικού δυναμικού και της σταθερότητας εμπορικών υβριδίων διάφορης προέλευσης σε σχέση με την καταλληλότητά τους για εγχώρια παραγωγή βιοαιθανόλης πρώτης ή/και δεύτερης γενεάς. Η αξιολόγηση αυτή θα επιτρέψει την επιλογή των καταλληλότερων υβριδίων για άμεση αξιοποίηση σε ενδεχόμενη σχετική επιχειρηματική δραστηριότητα. Ταυτόχρονα, είχε ως στόχο μια πρώτη διερεύνηση της δυνατότητας αξιοποίησης των υβριδίων αυτών για παραγωγή πληθυσμών που θα μπορούσαν να αποτελέσουν αρχικό γενετικό υλικό ενός νέου βελτιωτικού προγράμματος για δημιουργία ποικιλιών προσαρμοσμένων στις εδαφικές και κλιματικές συνθήκες της χώρας μας, κατάλληλων για την παραγωγή βιοαιθανόλης. Προς την κατεύθυνση αυτή, ήταν απαραίτητη η εκτίμηση όλων των σχετικών γενετικών παραμέτρων, που απαιτούνται για τον ορθολογικό σχεδιασμό στοχευμένων προγραμμάτων γενετικής βελτίωσης.

2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το καλαμποκί (*Zea mays* L.) είναι μια από τις μεγαλύτερες σε έκταση και σημαντικότερες από οικονομικής άποψης καλλιέργειες στην Ελλάδα. Η συνολική ετησία παραγωγή ανέρχεται περίπου σε 2.185000 μετρικούς τόνους (FAOSTAT, 2013, από καλλιεργούμενη έκταση 1900000 στρ. Η κύρια ζώνη της καλλιέργειας εστιάζεται σε Μακεδονία, Θράκη και Θεσσαλία. Σημειώνονται σημαντικές ετήσιες αυξομειώσεις στην καλλιεργούμενη έκταση ανάλογα με την τιμή του προϊόντος, το κόστος καλλιέργειας και τις τιμές των ανταγωνιστικών εαρινών καλλιεργειών. Η μέση απόδοση ανά στρέμμα είναι 1150 kg/στρ και κυμαίνεται μεταξύ 900 και 1300 kg/στρ (FAOSTAT, 2013) ως αποτέλεσμα της διαφοράς των περιβαλλοντικών και των καλλιεργητικών συνθηκών. Η καλλιέργεια πραγματοποιείται σε μεγάλη ποικιλία τύπων εδάφους. Το ύψος της βροχόπτωσης κυμαίνεται απρόβλεπτα τόσο κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου όσο και κατά την διάρκεια του έτους. Υψηλές θερμοκρασίες παρατηρούνται κατά την άνοιξη και ιδίως το καλοκαίρι, στις κεντρικές και νότιες περιφέρειες, συνοδευόμενες από παρατεταμένες περιόδους ανομβρίας, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρή θερμική καταπόνηση.

Η αγορά των σπόρων καλαμποκιού στη Ελλάδα είναι έντονα επαγγελματική. Αποτελείται από 100% ιδιαίτερα παραγωγικά υβρίδια, πλήρως προσαρμοσμένα στις περιβαλλοντικές συνθήκες και τις σύγχρονες μεθόδους διαχείρισης της καλλιέργειας (πχ. πυκνότητα σποράς). Η αγορά επιθυμεί υβρίδια τα οποία να παρουσιάζουν υψηλή

απόδοση και σταθερά αγρονομικά χαρακτηριστικά (παραγωγική σταθερότητα, αντοχή στις ασθένειες και τους εχθρούς, μικρότερο σπάσιμο στελέχους και πλάγιασμα ριζικού συστήματος, μεγαλύτερη αντοχή στην ξηρασία).

2.1.1. Η ιστορία του καλαμποκιού στην Ελλάδα

Προέλευση των τοπικών πληθυσμών καλαμποκιού στην Ελλάδα

Η ετυμολογία της λέξης "καλαμπόκι" παραμένει αβέβαιη. Έχουν προταθεί οι εξής εκδοχές: α)<αλβ.kalambok, β)<ιταλ.calambochi, γ)<τουρκ.kalembek. Στον Ελλαδικό χώρο καλλιεργήθηκε για πρώτη φορά την άνοιξη του 1576 στα Ιόνια νησιά και στις απέναντι κοντινές ακτές από όπου και διαδόθηκε στην Βαλκανική χερσόνησο. Κατά τον 17^ο αιώνα, σημαντικό ρόλο στην διάδοση του καλαμποκιού στην Ν Α Ευρώπη έπαιξαν οι Οθωμανοί, εκμεταλλευόμενοι την κυριαρχία τους στην περιοχή (Ευγενίδης Α. Γ., 1998; Leng E. R., 1962). Αυτό φαίνεται από το κοινό όνομα του καλαμποκιού στις χώρες της ΝΑ Ευρώπης [*Kukuruz* Σερβία, Ρωσία, *Koruz* Σλοβενία, ονοματολογία προερχόμενη από την Τουρκική λέξη *Kukuruz* = cock feed, *granoturco* στην Ιταλία (Τούρκικος σπόρος) ενώ μόνο στο Μαυροβούνιο αλλάζει σε *Kolumbac* (σπόρος του Κολόμβου). Η ταυτότητα των πρώτων εισαχθέντων φυλών καλαμποκιού στην ΝΑ Ευρώπη και την Ελλάδα είναι ένα αντικείμενο με πολύ μικρή έρευνα, αν και ο Brown προτείνει τις φυλές της Καραϊβικής (West Indian Races) *Coastal Tropical Flint* και *Early Caribbean*, εντούτοις οι τύποι των σύγχρονων τοπικών πληθυσμών έχουν πολύ μικρή ομοιότητα με αυτές τις φυλές. Αυτό το οποίο είναι ξεκάθαρο είναι ότι οι πρώτες φυλές προέρχονταν από Μέξικο, Καραϊβική και Β Νότια Αμερική. Στα πιο πρόσφατα χρόνια ήταν κυρίως οι φυλές Northern Flints, Southern Dents οι οποίες εισάγονται από τις ΗΠΑ και ακόμη πιο πρόσφατα στα 1890-1910 η φυλή Corn Belt Dents.

Ο εθνικός και πολιτικός κατά το παρελθόν διαχωρισμός δεν επηρέασαν πρακτικά την διασπορά των παλαιότερων γονοτύπων στην Ν Α Ευρώπη. Τα εθνικά σύνορα έχουν αλλάξει αρκετές φορές στην διάρκεια των δυο τελευταίων αιώνων και συνεπώς η αλλαγή του γενετικού υλικού έχει πραγματοποιηθεί σε ευρεία βάση. Η διασπορά των παλαιότερων προσαρμοσμένων γονοτύπων έχει επηρεαστεί κυρίως από την πηγή προέλευσης, τις περιβαλλοντικές συνθήκες, τον σκοπό της χρήσης καθώς και την τεχνητή ή φυσική του βελτίωση (Leng E. R., 1962).

Η βελτίωση του καλαμποκιού στην Ελλάδα

Κατά την διάρκεια του δευτέρου παγκοσμίου πολέμου η καλλιέργεια του καλαμποκιού στην Ελλάδα καταλάμβανε σημαντικές εκτάσεις, περίπου 2,5 εκ στρέμματα και ένα σημαντικό μέρος της παραγωγής χρησιμοποιούνταν στην παρασκευή ψωμιού και την διατροφή του πληθυσμού. Η καλλιέργεια πραγματοποιείτο χωρίς την κατάλληλη τεχνική διαχείριση, με μικρού παραγωγικού δυναμικού τοπικές ποικιλίες (πληθυσμοί OP) και το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τις χαμηλές τιμές του προϊόντος, προσέφερε την μικρότερη δυνατή πρόσοδο στον

παραγωγό. Ως αποτέλεσμα, οι τοπικοί αυτοί πληθυσμοί εκτοπίστηκαν σταδιακά από άλλες περισσότερο κερδοφόρες ποικιλίες.

Επί σειρά ετών, το καλαμπόκι δεν αποτελούσε αντικείμενο κάποιας συστηματικής βελτιωτικής προσπάθειας. Το μόνο το οποίο γινόταν, ήταν ο διαχωρισμός των καλλίτερων σπαδικών από τους παραγωγούς, ο σπόρος των οποίων χρησιμοποιούταν την επόμενη χρονιά. Από την επιλογή αυτή δημιουργήθηκαν ομοιογενείς πληθυσμοί ως προς τα χαρακτηριστικά του καρπού (χρώμα, μέγεθος κλπ) και του άξονα (σχήμα, αριθμός σειρών). Με βάση κυρίως το ανάγλυφο του εδάφους και τις τοπικές συνθήκες παρατηρούνται πληθυσμοί διαφόρων βιολογικών κύκλων οι οποίοι κυμαίνονται από 80 έως 140 ημέρες φυσιολογικής ωρίμανσης. Οι πληθυσμοί αυτοί είχαν κοινά χαρακτηριστικά την καλή προσαρμοστικότητα στις τοπικές συνθήκες, συνήθως ένα μικρό βιολογικό κύκλο, μικρή παραγωγικότητα, μεγάλη ευπάθεια στο πλάγιασμα του ριζικού συστήματος και στο σπάσιμο του στελέχους, και αντοχή στις προσβολές των εντόμων. Η μέση παραγωγή ήταν περίπου 100 kg/στρ. ακόμη και τις παραγωγικότερες χρονιές φθάνοντας σε σπάνιες περιπτώσεις ως ανώτερη τιμή τα 300 kg/στρ.

Μετά το τέλος του δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου (τέλη της δεκαετίας του 1940, αμέσως μετά την λήξη του εμφυλίου πόλεμου), το Ινστιτούτο Σιτηρών εισήγαγε και αξιολόγησε μεγάλο αριθμό δίπλων υβριδίων. Σκοπός ήταν η αύξηση της μέσης παραγωγής ώστε να καλυφθούν οι εγχώριες ανάγκες της κτηνοτροφίας. Τα υβρίδια αξιολογήθηκαν σε ένα ευρύ δίκτυο πειραματικών αγρών σε όλη την Ελλάδα για πολλά χρόνια ως προς την παραγωγική τους ικανότητα και σταθερότητα. Από τα αξιολογηθέντα 4 ήταν αυτά τα οποία έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην αύξηση της παραγωγής (W355, M607, W641 και Oh92). Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του '50 άρχισε στο Ινστιτούτο Σιτηρών πρόγραμμα βελτίωσης του καλαμποκιού. Σαν γενετικό υλικό για την δημιουργία υβριδίων χρησιμοποιήθηκαν υψηλής παραγωγικότητας καθαρές σειρές τύπου Dent (ΗΠΑ), η F₂ διπλών υβριδίων (ΗΠΑ) σε συνδυασμό με τις καλής προσαρμοστικότητας τύπου Flint Ελληνικές καθαρές σειρές, οι οποίες δημιουργήθηκαν από τοπικούς πληθυσμούς κατόπιν μιας σειράς αυτογονιμοποιήσεων και επιλογής ατομικών φυτών. Δημιουργήθηκαν έτσι τα πρώτα διπλά Ελληνικά υβρίδια, όπως το ΙΣ228, ΙΣ848, ΙΣ70, ΙΣ20, ΙΣ400 που αντικατέστησαν σιγά-σιγά τους πληθυσμούς. Το γεγονός αυτό είχε σαν αποτέλεσμα οι στρεμματικές αποδόσεις στις αρχές της δεκαετίας του '70 να φθάσουν περίπου τα 400 kg/στρ. (Διάγραμμα 1). Η είσοδος των απλών υβριδίων στη χώρα μας- κυρίως από τις εταιρείες του ιδιωτικού τομέα αλλά και την ΚΥΔΕΠ-κατά τα τέλη της δεκαετίας του '70, αύξησε θεαματικά τις αποδόσεις, η δε εξάπλωσή τους ήταν ταχύτατη. Αποτέλεσμα της έκρηξης αυτής σε συνδυασμό με την επέκταση της καλλιέργειας, ήταν η αύξηση της εγχώριας παραγωγής από 0,5 σε 2 εκατομμύρια τόνους. Στα μέσα της δεκαετίας του '80 η χώρα ήταν αυτάρκης σε καλαμπόκι, κάτι που φαινόταν ακατόρθωτο μόλις λίγα χρόνια πριν. Οι ανάγκες σε σπόρο υβριδίων καλύφθηκαν από τις εταιρείες του ιδιωτικού τομέα. Αξίζει να αναφερθεί η προσπάθεια δημιουργίας υβριδίων από την EBZ με προγράμματα από το 1982 έως το

1987. Την ίδια εποχή δόθηκαν στη καλλιέργεια απο το Ινστιτούτο Σιτηρών και τα πρώτα Ελληνικά απλά υβρίδια (Άρης, Αλέξανδρος). Αυτά είχαν ένα κοινό γονέα (μητέρα), την καθαρή σειρά GRL317 προερχόμενη από τον βελτιωμένο πληθυσμό GROF158, ο οποίος προέκυψε από διασπώμενο υλικό της F₁ Αμερικανικού απλού υβριδίου. Ο δεύτερος γονέα (πατέρας) των υβριδίων ήταν οι καθαρές σειρές GRL267 και GRL41341 (Άρης και Αλέξανδρος αντίστοιχα), και προήρχοντο από τον βελτιωμένο πληθυσμό GROF170, ο οποίος προέκυψε από διασπώμενο υλικό της F₁ Γιουγκοσλαβικού απλού υβριδίου (Σφακιανάκης Ν. Ι. και Κατσαντώνης Δ. Ν., 1985). Αργότερα κυκλοφόρησαν και άλλα υβρίδια (Αθηνά, Δίας, Ανθήπη). Τελευταίο δημιούργημα είναι το απλό υβρίδιο Πτολεμαίος, το οποίο ενεγράφη στον Εθνικό κατάλογο το 2004 και προέκυψε από την διασταύρωση των καθαρών σειρών Γ236xΑ7/63 [Γ236 με αρχικό υλικό προέλευσης τον τοπικό Ελληνικό Πληθυσμό GROF272 (Σφακιανάκης), Α7/63 με αρχικό υλικό προέλευσης την S₅ του απλού υβριδίου PR3183 (Ευγενίδης)]. Σήμερα κανένα από αυτά δεν υπάρχει στην αγορά (Μπουντώνας Γ. και Καραλάζος Τ., 1968; Ευγενίδης Γ. Λ., 2005).

Διάγραμμα 2.1: Εξέλιξη των αποδόσεων των Καλαμποκιού στην Ελλάδα από 1945-2010



Πηγή: Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων

2.1.2. Χρήση και κατανάλωση του καλαμποκιού στην Ελλάδα

Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής χρησιμοποιείται εσωτερικά και μόνο μικρές ποσότητες εξάγονται. Το καλαμπόκι αξιοποιείται κυρίως ως ζωοτροφή (καρπός ή ενσίρωμα) ενώ περιορισμένες ποσότητες προορίζονται και για ανθρώπινη κατανάλωση. Η βιομηχανική χρήση του αυξήθηκε τα τελευταία 25 χρόνια σε παγκόσμιο επίπεδο ως εξαιρετική πρώτη ύλη παραγωγής αμύλου και γλυκαντικών ουσιών (ΕΕΕΓΒΦ 2012 Θεσ/κη). Η ραγδαία αύξηση της μη διατροφικής χρήσης του προήλθε από την ανάγκη παραγωγής βιοαιθανόλης από τον καρπό (βιοαιθανόλη πρώτης γενιάς). Τα στελέχη και τα υπολείμματα μετά τον αλωνισμό αποτελούν πλούσια και φτηνή πηγή βιομάζας για την παράγωγη βιοαιθανόλης δεύτερης γενιάς η οποία δεν ανταγωνίζεται τη διατροφική αξιοποίηση της παραγωγής (Vermeris et al.,2007). Παρά τα πλεονεκτήματα του, η χρήση του από την βιομηχανία στην Ελλάδα είναι μηδενική ενώ θα μπορούσε να αποτελέσει μια θαυμάσια πηγή πρώτης ύλης και ταυτόχρονα να συμβάλλει σημαντικά στην ανάπτυξη της οικονομίας. Η παγκόσμια καλλιεργούμενη έκταση του καλαμποκιού ανήλθε το 2013 σε 184192053 Ha και η παραγωγή σε 1016736092 tons. Οι ΗΠΑ παρήγαγαν το 34,8% της παγκόσμιας παραγωγής με μέση απόδοση 997kg/στρ., η ΕΕ το 6,4% με 672 kg/ στρ. και Ευρώπη συνολικά το 11,55% με 619 kg/στρ. μέση απόδοση αντίστοιχα. (552 kg/στρ Μέση Απόδοση) (FAOSTAT, 2013). Η κατανάλωση του καλαμποκιού για ανθρώπινη χρήση σύμφωνα με το FAOSTAT (2013) αναφέρεται στον Πίν. 2.1.

Πίνακας 2.1.: Ετήσια κατά Κεφαλή κατανάλωση Καλαμποκιού ανά τον Κόσμο

Περιοχή	Κατανάλωση ανά Κεφαλή kg/ Έτος
ΚΟΣΜΟΣ	18
ΗΠΑ	13
Κ. και Β. ΑΜΕΡΙΚΗ	41
Ε.Ε.	6
ΕΛΛΑΔΑ	1 (2,74g /ημέρα)

Η κατανάλωση του καλαμποκιού για τη διατροφή των ζώων σύμφωνα με το FAOSTAT (2013) αναφέρεται στον Πίν. 2.2

Πίνακας 2.2.: Ετήσια χρήση Καλαμποκιού στο Ζωικό Κεφάλαιο ανά τον Κόσμο

Κατανάλωση tons/Ετος		
Περιοχή	Παραγωγή γάλακτος (t)	Παραγωγή Κρέατος από Κοτόπουλα (t)
ΚΟΣΜΟΣ	289051897	7775706
ΗΠΑ	34810660	14667755
Ε.Ε.	66722344	7927912
ΕΛΛΑΔΑ	912033	203342

2.2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.2.1. Πειραματισμός Αξιολόγησης Υβριδίων 2008-2011

Στο πλαίσιο ενός προκαταρκτικού προσδιορισμού των πλέον κατάλληλων εμπορικών υβριδίων για την εγχώρια παραγωγή βιοαιθανόλης, αξιολογήθηκαν 20 από αυτά ως ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα σύγχρονων υβριδίων, διάφορης προέλευσης και παραγωγικής κατεύθυνσης, τα οποία διατίθενται στην Ελληνική αγορά. Τα υβρίδια τα οποία αξιολογήθηκαν καθώς και τα χαρακτηριστικά αυτών τα οποία αφορούν, παραγωγική κατεύθυνση [(Καρπός (Κ), Ενσίρωμα (Ε), Waxy (W) και διπλή χρήση (ΚΕ)], Ημέρες Φυσιολογικής Ωρίμανσης και τον Αριθμό FAO αναφέρονται με κωδικούς στον Πίν. 2.3.

Ο πειραματισμός έγινε στο αγρόκτημα του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών στην περιοχή Κωπαΐδα Βοιωτίας κατά τα έτη 2008, 2009, 2010, 2011 και στο αγρόκτημα του Ινστιτούτου Σιτηρών (ΕΘΙΑΓΕ) στην Ν Ζωή Θεσσαλονίκης το 2008 και στην Θέρμη Θεσσαλονίκης κατά τα έτη 2009, 2010, 2011. Εφαρμόστηκε το σχέδιο των τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων (Τ.Π.Ο) με τέσσερις επαναλήψεις, ακολουθώντας τις τυπικές καλλιεργητικές διαδικασίες κάθε περιβάλλοντος. Οι πειραματικοί αγροί περιελάμβαναν πειραματικά τεμάχια 2 γραμμών και μήκους 7 μέτρων δηλαδή πειραματική επιφάνεια περίπου 11m². Η σύσταση του εδάφους είναι μέση ελαφριά-αργιλλοπηλώδης (SL: C=12,4%, Si=29,6%, S=58% pH=7,83 και Οργανική Ουσία 1,02%) και μέση-πηλώδης (L: C=24,8%, Si=39,6%, S=35,6% pH=8,18 και Οργανική Ουσία 2,71%) για Θέρμη και Κωπαΐδα αντίστοιχα, ενώ μέση βαριά-αργιλλοπηλώδης (CL: C=34%, Si=30%, S=36% pH=7,76 και Οργανική Ουσία 2,33%) για την Νέα Ζωή. Η σπορά πραγματοποιήθηκε με χειροκίνητη σπαρτική μηχανή στην Κωπαΐδα το 2008, με πνευματική σπαρτική μηχανή στην Κωπαΐδα 2009, 2010 και 2011. Στη Θεσσαλονίκη η σπορά πραγματοποιήθηκε με το χέρι (2 σπόροι ανά θέση και στο στάδιο των 4 φύλλων έγινε αραίωμα) το 2008 και το 2009

και με πειραματική σπαρτική μηχανή το 2010 και 2011. Η κατεργασία του εδάφους περιελάμβανε άροση, δισκοσβάρνισμα και καλλιεργητή. Η βασική λίπανση εφαρμόστηκε παράλληλα με τη σπορά ενώ η επιφανειακή στο στάδιο του V₆-V₈.

Κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, οι πληθυσμοί των ζιζανίων ελέγχθηκαν σε όλα τα περιβάλλοντα με χημικά σκευάσματα. Για την άρδευση χρησιμοποιήθηκε η τεχνική του καταιονισμού με 5 αρδεύσεις ανά περιβάλλον. Συνοπτικά η περιγραφή των καλλιεργητικών εργασιών εκάστου πειράματος αξιολόγηση φαίνεται στο Πίν. 2.4. Κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου κατεγράφησαν: ημερομηνία άνθησης αρσενικής και θηλυκής ταξιανθίας, ύψος φυτού, ύψος σπάδικα, αντοχή στελέχους στο σπάσιμο (%), αντοχή ριζικού συστήματος σε πλάγιασμα (%), προσβολή από ανθράκωση (%). Η συγκομιδή του καρπού έγινε χειρωνακτικά μετά την φυσιολογική ωρίμανση. Από κάθε σειρά συγκομίστηκαν 3 m πλήρως ανταγωνιστικών φυτών σε σχέση με τα γειτονικά τους. Αξιολογήθηκαν η απόδοση σε καρπό (kg/στρ), η υγρασία συγκομιδής, και η απόδοση σε άξονες (kg/στρ). Η απόδοση του καρπού προσδιορίστηκε σαν η διαφορά βάρους του σπάδικα πριν και μετά την εκκόκκιση του, ενώ η απόδοση ανά στρέμμα υπολογίστηκε με αναγωγή στον αριθμό φυτών σποράς του πειραματικού αγρού και σε σταθερή υγρασία συγκομιδής (15%). Κατά την εκκόκκιση του καρπού τυχαίο δείγμα από τέσσερις άξονες κάθε πειραματικού αγρού, ζυγίστηκε και τοποθετήθηκε για περίπου 21 ημέρες σε θερμοκήπιο. Το δείγμα ζυγίστηκε εκ νέου για να υπολογιστεί η ξηρή ουσία του άξονα. Η απόδοση σε άξονες ανά στρέμμα υπολογίστηκε επί ξηράς ουσίας με αναγωγή στον αριθμό φυτών σποράς του πειραματικού αγρού.

Η βιομάζα (στέλεχος, φύλλα, ταξιανθία, βράκτια, σπάδικες) προσδιορίστηκε με την συγκομιδή 6 στελεχών από τις ίδιες σταθερές θέσεις για όλα τα τεμάχια σε όλα τα περιβάλλοντα. Τα φυτά κόπηκαν σε ύψος περίπου 0,15 m από την επιφάνεια του εδάφους και ζυγίστηκαν χωριστά, στέλεχος (Φύλλα, βράκτια και ταξιανθία), σπάδικας (άξονας και καρπός). Στην συνέχεια αφού έγινε εκκόκκιση και απομάκρυνση του καρπού τεμαχίστηκαν όλα μαζί με ειδική μηχανή σε μήκος 0,05-0,2cm. Ισόρροπο μείγμα βιομάζας από τα τέσσερα τεμάχια κάθε πειραματικού αγρού ζυγίστηκε και τοποθετήθηκε για περίπου 21 ημέρες σε θερμοκήπιο. Το δείγμα ζυγίστηκε εκ νέου για να υπολογιστεί η ξηρά ουσία. Η απόδοση της βιομάζας ανά στρέμμα υπολογίστηκε επί ξηράς ουσίας με αναγωγή στον αριθμό φυτών σποράς του πειραματικού αγρού. Σε δείγμα 1kg καρπού από κάθε πειραματικό τεμάχιο προσδιορίστηκαν με αναλυτή υπέρυθρων (NIR) οι περιεκτικότητες αμύλου (%) ξηράς ουσίας (ξ.ο.), λιπαρών (%) και πρωτεΐνης (%) (ξ.ο). Υπολογίστηκαν οι θεωρητικές αντίστοιχες ποσότητες παραγόμενης βιοαιθανόλης πρώτης και δεύτερης γενιάς.

Πίνακας 2.3. Αξιολογηθέντα Υβρίδια 2008-2011

Υβρίδιο	FAO	ΗΦΩ	Παραγωγική Κατεύθυνση
H1	670	130	ΚΕ
H2	760	140	ΚΕ
H3	700	134	ΚΕ
H4	740	138	Κ
H5	650	124	Κ
H6	670	129	Κ
H7	770	140	ΚΕ
H8	660	128	W
H9	700	127	ΚΕ
H10	680	126	Κ
H11	700	130	ΚΕ
H12	650	125	Κ
H13	630	123	ΚΕ
H14	680	130	ΚΕ
H15	620	122	Κ
H16	670	125	Κ
H17	680	128	Κ
H18	670	132	Κ
H19	700	135	Κ
H20	790	142	E

K= Καρπός, E= Ενσίρωμα, W= Waxy, ΚΕ= Διπλή Χρήση

Πίνακας 2.4. Πειραματικοί Αγροί Υβριδίων 2008-2011

Τοποθεσία		Σπορά			Λίπανση (N P K)		Ημερομηνία Συγκομιδής Καρπού	Ημερομηνία Συγκομιδής Στελεχών	Ζιζανιοκτονία
		Ημερομηνία Σποράς	Αποστάσεις Σποράς m	Αριθμός Φυτών/Στρ.	Βασική	Επιφανειακή			
Κωπαΐδα	✓	08/05	0,165x0,8	7576	13,8+9+46,5	16,7+0+0	06/11	27/11	Banvel+Mikado
N Ζωή*	X	05/06	0,20x0,8	6250	12+6+6	X	X	X	X
Κωπαΐδα*	X	02/05	0,165x0,8	7576	10,8+5,4+3,6	16,7+0+0	29/11	29/11	Banvel+Mikado
Θέρμη	✓	06/05	0,20x0,8	6250	12+6+6	16,7+0+0	16/10	17/10	Banvel+Mikado
Κωπαΐδα	✓	14/04	0,175 0,8	7143	12+12+12	16,7+0+0	28/11	28/11	Banvel+Mikado
Θέρμη	✓	26/04	0,20x0,8	6250	12+6+6	16,7+0+0	23/10	23/10	Banvel+Mikado
Κωπαΐδα	✓	14/05	0,155x0,8	8063	7,8+8+3,8	16,7+0+0	07/11	08/11	Banvel+Mikado
Θέρμη	✓	10/05	0,20x0,8	6250	14+7+7	16,7+0+0	26/10	27/10	Banvel+Mikado
αΐδα 2008*	Ο Πειραματικός Αγρός καταστράφηκε λίγο μετά την εγκατάσταση του								
αΐδα 2009*	Οι αγρονομικές παρατηρήσεις, η συγκομιδή καρπού και στελεχών έγινε κανονικά δεν καταστεί δυνατή η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων								

Πίνακας 2.5.: Αντιπροσωπευτική Σύσταση Βιομάζας και Αξόνων Καλαμποκιού

Ομάδα Σακχάρων	Συστατικά (%) ξ.ο.	Βιομάζα	Άξονες
Ολοζίτης	Γλουκάνη	40,9	39,4
Ομοπολυσακχαρίτης	Ξυλάνη	21,5	28,4
Ομοπολυσακχαρίτης	Αραβάνη	1,8	3,6
Ομοπολυσακχαρίτης	Γαλακτάνη	1,0	1,1
Ομοπολυσακχαρίτης	Μαννάνη	Μ Α	Μ Α
	Λιγνίνη	11,0	7,0
	Τέφρα	7,2	1,7
	Πρωτεΐνη	8,0-8,9	3,2
	Ακατέργαστα Λιπαρά	1,3	0,7

2.2.2. Εκτίμηση Παραγωγής Βιοαιθανόλης

Η εκτίμηση της θεωρητικά παραγόμενης βιοαιθανόλης πρώτης γενεάς βασίστηκε στη στρεμματική απόδοση του καρπού σε άμυλο (kg/στρ) επί ξηράς ουσίας, ο υπολογισμός της οποίας έγινε ως εξής: Απόδοση καρπού σε άμυλο (kg/στρ) = Απόδοση καρπού (kg/στρ. ξηρής ουσίας) x Περιεκτικότητα άμυλου επί ξηράς ουσίας (%). Ακολούθησε η μετατροπή του αμύλου σε αιθανόλη μέσω του συντελεστή μετατροπής 51.1% (Inglede W. M., 2003).

Η εκτίμηση της θεωρητικά παραγόμενης βιοαιθανόλης δεύτερης γενεάς από λιγνοκυτταρινούχο πρώτη ύλη βασίστηκε στη στρεμματική απόδοση της βιομάζας (στέλεχος, βράκτια, φύλλα, ταξιανθία, άξονας) kg/στρ σε ξηρή ουσία, και την αντιπροσωπευτική σύνθεση αυτής σε σάκχαρα όπως περιγράφεται στον Πίν. 2.5, για κάθε μέρος του φυτού ξεχωριστά (Διαμαντίδης Γ., 2007; Wyaman C. E., 2003). Ο υπολογισμός της θεωρητικά παραγόμενης απόδοσης σε βιοαιθανόλη βασίστηκε στο Theoretical ethanol yield calculator US Department of Energy, 2006 (http://www1.eere.energy.gov/biomass/ethanol_yield_calculator.html). Κατά την εκτίμηση της τελικής απόδοσης σε βιοαιθανόλη συνυπολογίστηκε και η αποδοτικότητα των μονάδων παραγωγής βιοαιθανόλης, η οποία ανέρχεται από σε 90% (Inglede W. M., 2003) για την πρώτη γενεά και σε 65 % για την δεύτερη γενεά (Lynd *et al* 2008, Olofsson *et al* 2008) (Lorenz A. J. *et al.*, 2010).

Χρησιμοποιήθηκε η πυκνότητα της βιοαιθανόλης (0.794kg/m³) ώστε τα χιλιόγραμμα να μετατραπούν σε λίτρα: Απόδοση βιοαιθανόλης (l/στρ)=[Απόδοση καρπού σε άμυλο (kg/στρ)*51.1% *90%] / 0.794 (kg/m³).

2.2.3. Επεξεργασία Δεδομένων

Τα δεδομένα αναλυθήκαν χωριστά κατά περιβάλλον και σε συνδυασμένη ανάλυση (ANOVA) των έξι περιβαλλόντων. Το στατιστικό πρότυπο ήταν μεικτό (Mix Model) με τις τοποθεσίες να αποτελούν την τυχαία μεταβλητή και τα υβρίδια τη σταθερή. Ο διαχωρισμός των μέσων όρων έγινε με την ΕΣΔ (Fisher Protected). Η στατιστική ανάλυση έγινε ξεχωριστά για τα αποτελέσματα του κάθε πειραματικού αγρού μέσω των στατιστικών λογισμικών JMP (v.8) και SPSS(v.18). Τα δεδομένα της απόδοσης σε καρπό, βιομάζα (στελέχη, άξονες), περιεκτικότητα καρπού σε υγρασία, εκατοστιαία περιεκτικότητα επί της ξηράς ουσίας σε άμυλο, πρωτεΐνη, λιπαρά, απόδοση αμύλου ανά μονάδα επιφάνειας και η απόδοση σε βιοιθανόλη των ποικιλιών, υπεβλήθησαν σε έλεγχο κανονικότητας της κατανομής των μετρήσεων και ομοιογένειας των διακυμάνσεων. Ακολούθησε ανάλυση της διακύμανσης (ANOVA) για κάθε χαρακτηριστικό ξεχωριστά. Για την συνδυασμένη ανάλυση ο συνδυασμός τοποθεσίας και έτους θεωρήθηκε ως περιβάλλον (Bernardo Rex., 2002). Έτσι, τα δεδομένα των πειραματικών αγρών της Θέρμης Θεσσαλονίκης (2009, 2010, 2011) και Κωπαΐδας (2008, 2010, 2011) θεωρήθηκαν ως έξι ξεχωριστά περιβάλλοντα.

2.2.4. Εκτίμηση γενετικών παραμέτρων

Οι γενετικές παράμετροι για κάθε πειραματικό αγρό ξεχωριστά, περιελάμβαναν την περιβαλλοντική διακύμανση (V_E), την γονοτυπική διακύμανση (V_G), την φαινοτυπική διακύμανση (V_P), τον συντελεστή κληρονομικότητας υπό ευρεία έννοια (H), τον γενετικό συντελεστή παραλλακτικότητας (GCV) και τον φαινοτυπικό συντελεστή παραλλακτικότητας (PCV). Οι υπολογισμοί των ανωτέρω παραμέτρων, που έγινε επί τη βάση του μέσου όρου ενός παράγοντα, στηρίχθηκαν στις τιμές των μέσων τετραγώνων (MT) των πηγών παραλλακτικότητας με βάση τη θεωρητική τους σύσταση:

$$V_E = MT_{\sigma\phi\acute{\alpha}\lambda\mu\alpha\tau\omicron\varsigma} \quad V_G = \frac{MT_G - MT_{\sigma\phi\acute{\alpha}\lambda\mu\alpha\tau\omicron\varsigma}}{r} \quad V_P = \frac{MT_G}{r} \quad H = \frac{V_G}{V_P} 100\%.$$

$$GCV = \frac{\sqrt{V_G}}{\bar{Y}} 100\% \quad PCV = \frac{\sqrt{V_P}}{\bar{Y}} 100\%$$

Ο γενετικός (GCV) και ο φαινοτυπικός (PCV) συντελεστής παραλλακτικότητας εκφράζουν αντίστοιχα την γενετική και την φαινοτυπική διακύμανση μεταξύ των υβριδίων. Όπου r , E , και \bar{Y} ο αριθμός των επαναλήψεων, ο αριθμός των περιβαλλόντων και ο μέσος όρος του πειράματος αντίστοιχα. Οι υπολογισμός των παραμέτρων V_E , V_G , $V_{G \times E}$, V_P , H , GCV και PCV για τα αποτελέσματα της συνδυασμένης ανάλυσης, έγινε με βάση τη θεωρητική σύσταση των μέσων τετραγώνων των γονοτύπων, των περιβαλλόντων, της αλληλεπίδρασης γονοτύπου x περιβάλλον (Βιβλιογραφική Ανασκόπηση Πίν. 1.2)

$$V_G = \frac{MT_G - MT_{\sigma\phi\acute{\alpha}\lambda\mu.}}{r * E} \quad V_P = V_G + \frac{V_{G \times E}}{E} + \frac{V_E}{r * E} \quad V_{G \times E} = \frac{MT_{G \times E} - MT_{\sigma\phi\acute{\alpha}\lambda\mu.}}{r}$$

Όπου r , E , και \bar{Y} ο αριθμός των επαναλήψεων, ο αριθμός των περιβαλλόντων και ο μέσος όρος του πειράματος.

2.2.5. Γενετική και Φαινοτυπική Συσχέτιση Χαρακτηριστικών

Υπολογίστηκαν οι φαινοτυπικές και γενετικές συσχετίσεις μεταξύ των χαρακτηριστικών. Οι φαινοτυπικές συσχετίσεις εκτιμήθηκαν με τον συντελεστή γραμμικής συσχέτισης (Pearson Correlation) μεταξύ των τιμών των χαρακτηριστικών για το σύνολο των περιβαλλόντων που μελετήθηκαν. Ο συντελεστής συσχέτισης εκφράζει την φορά και την ένταση της συμμεταβολής των δυο μεταβλητών και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέτρο ισχύς της γραμμικής εξάρτησης τους. Ορίζεται από τον τύπο

$$r = \frac{\sum[(YI - \bar{Y})(XI - \bar{X})]}{\sqrt{\sum(YI - \bar{Y})^2 \sum(XI - \bar{X})^2}}$$

Οι γενετικές τιμές των διαφόρων χαρακτηριστικών ίσως συσχετίζονται, διότι είναι επηρεασμένες εν μέρει, από γονίδια τα οποία επιδρούν και στα δυο χαρακτηριστικά η διότι επηρεάζονται από διαφορετικά γονίδια τα οποία είναι συνδεδεμένα στο ίδιο χρωμόσωμα. Ανεξάρτητα εάν η γενετική συσχέτιση οφείλεται σε πλειοτροπισμό η σε σύνδεση, έχει σημαντική επίδραση στην απόκριση για πολλαπλή επιλογή χαρακτηριστικών. Ως εκ τούτου οι γενετικές συσχετίσεις είναι συναρτήσεις των μη παρατηρούμενων γενετικών τιμών και απαιτούνται έμμεσοι μέθοδοι για την εκτίμηση τους. Η γενετική συσχέτιση μεταξύ δυο χαρακτηριστικών X και Y ορίζεται ως ο λόγος της γενετικής συνδιακύμανσης προς το γινόμενο των γενετικών διακυμάνσεων των δυο χαρακτηριστικών.

Ο υπολογισμός της γενετικής συσχέτισης γίνεται με βάση την εξίσωση

$r_g = \frac{\sigma_{G(XY)}}{[\sigma^2_{G(X)} \sigma^2_{G(Y)}]^{1/2}}$, όπου $\sigma_{G(XY)}$ το γινόμενο της γενετικής συνδιακύμανσης των χαρακτηριστικών X και Y , και $\sigma^2_{G(X)}$, $\sigma^2_{G(Y)}$ οι γενετικές διακυμάνσεις για τα χαρακτηριστικά X και Y αντίστοιχα. Οι γενετικές διακυμάνσεις μπορεί να υπολογιστούν επίσης σαν διαφορά μεταξύ της φαινοτυπικής και της περιβαλλοντικής διακύμανσης, οι οποίες εκτιμούνται με τον συντελεστή γραμμικής συσχέτισης (Pearson Correlation) μεταξύ των τιμών των χαρακτηριστικών $r_g = \frac{\sigma_p(XY) - \sigma_e(XY)}{[\sigma^2_{p(X)} - \sigma^2_{e(X)}]^{1/2} [\sigma^2_{p(Y)} - \sigma^2_{e(Y)}]^{1/2}}$ (Baker R. J. 1986).

Το τυπικό σφάλμα των γενετικών διακυμάνσεων και ο συντελεστής κληρονομικότητας υπολογίστηκε σύμφωνα με τους Hallauer and Miranda (1981). Οι γενετικές συσχετίσεις έχουν εκ φύσεως μεγάλο σφάλμα. Ο προσδιορισμός τους γίνεται με την χρήση στοιχείων της διακύμανσης και της συνδιακύμανσης τα οποία υπολογίζονται από τις αντίστοιχες αναλύσεις τους. Οι γενετικές συσχετίσεις έχουν ενδιαφέρον διότι καθορίζουν τον βαθμό σύνδεσης μεταξύ των χαρακτηριστικών και πως αυτά ίσως μπορούν να αυξήσουν την επιλογή.

Οι γενετικές συσχετίσεις είναι χρήσιμες εάν η έμμεση επιλογή δίνει μεγαλύτερη απόκριση στην επιλογή για ένα χαρακτηριστικό, από ότι η άμεση για το ίδιο χαρακτηριστικό. Η μεγαλύτερη απόκριση στην επιλογή εξαρτάται από την εκτίμηση των συντελεστών κληρονομικότητας των χαρακτηριστικών και την γενετική συσχέτιση μεταξύ αυτών. Φαίνεται ότι η έμμεση επιλογή για σύνθετα χαρακτηριστικά, όπως η απόδοση δεν είναι εφικτή. Η απόδοση είναι η έκφραση μιας συγκεκριμένης κατάστασης και δραστικές αλλαγές σε ένα χαρακτηριστικό της συνοδεύεται από την ταυτόχρονη προσαρμογή άλλων χαρακτηριστικών, γεγονός το οποίο συνεπάγεται την ύπαρξη αλλαγών στην συχνότητα των συνδεδεμένων γονιδίων. Φαίνεται ότι η περισσότερο αποτελεσματική μέθοδος για την βελτίωση της απόδοσης είναι η άμεση επιλογή για απόδοση. Ίσως υπάρχουν αλλαγές μεταξύ των χαρακτηριστικών που συσχετίζονται με την απόδοση, αλλά αυτές οι συσχετίσεις θα είναι σε αρμονία με την βελτίωση των πιο παραγωγικών γονοτύπων για την έκφραση της απόδοσης (Hallauer A. R. et al., 1988).

2.2.6. Μεθοδολογία κατασκευής δείκτη αξιολόγησης της επίδοσης των γονοτύπων για την παραγωγή βιοαιθανόλης α' και β' γενεάς

Στα περισσότερα βελτιωτικά προγράμματα υπάρχει η ανάγκη ταυτόχρονης βελτίωσης περισσότερων του ενός χαρακτηριστικών. Η γνώση ότι η βελτίωση ενός χαρακτηριστικού είναι δυνατόν να προκαλέσει βελτίωση η υποβάθμιση σε άλλα συνδεδεμένα με αυτό, χρησιμεύει ώστε να δώσουμε έμφαση στην ανάγκη για ταυτόχρονη μελέτη των χαρακτηριστικών τα οποία θεωρούμε σημαντικά. Ο δείκτης επιλογής (Αξιολόγησης) μας εφοδιάζει με μια μέθοδο για την βελτίωση δυο η περισσότερων χαρακτηριστικών σε ένα βελτιωτικό πρόγραμμα. Η χρήση του δείκτη επιλογής στα βελτιωτικά προγράμματα προέρχεται από τον Smith ο οποίος πήρε υπ όψιν του τις κριτικές συμβουλές του Fisher. Ακολούθως οι μέθοδοι για την βελτίωση των δεικτών επιλογής άλλαξαν, αξιολογήθηκαν και συγκρίθηκαν με άλλες μεθόδους πολλαπλής αξιολόγησης χαρακτηριστικών. Σήμερα αναγνωρίζεται γενικώς ότι επιλογή των δεικτών είναι μια γραμμική λειτουργία της παρατηρούμενης φαινοτυπικής τιμής των διαφόρων χαρακτηριστικών. Οι παρατηρούμενες τιμές κάθε χαρακτηριστικού παίρνουν ένα συντελεστή βαρύτητας. Συμβολικά ένας τέτοιος δείκτης παριστάνεται από την εξίσωση $I = b_1P_1 + b_2P_2 + \dots + b_nP_n$ όπου P_i αντιπροσωπεύει την φαινοτυπική τιμή i χαρακτηριστικού και b τον συντελεστή βαρύτητας του.

Ο σκοπός της χρήσης του δείκτη επιλογής στην επιλογή των φυτών συνήθως δηλώνει μια προσπάθεια επιλογής γονοτύπων με την μεγαλύτερη γονοτυπική τιμή στο εξεταζόμενο πληθυσμό. Σαν γονοτυπική τιμή (W) ορίζεται μια γραμμική λειτουργία της μη παρατηρούμενης γενετικής τιμής κάθε χαρακτηριστικού η οποία συνοδεύεται από έναν συντελεστή ο οποίος αντανάκλα την οικονομική αξία του χαρακτηριστικού. Συμβολικά παρίσταται από την εξίσωση $W = a_1G_1 + a_2G_2 + \dots + a_nG_n$ όπου G_i αντιπροσωπεύει την μη παρατηρούμενη γενετική τιμή του i χαρακτηριστικού και a τον συντελεστή οικονομικής αξίας του. Τρεις είναι οι μέθοδοι επιλογής οι όποιες

αναγνωρίζονται ως οι πλέον κατάλληλες για τη ταυτόχρονη βελτίωση (αξιολόγηση) δυο η περισσότερων χαρακτηριστικών σε ένα βελτιωτικό πρόγραμμα. Αυτές είναι α) ο Δείκτης Επιλογής (Selection Index), β) η Ανεξάρτητη Επιλογή (Independent Culling) και γ) η Διαδοχική Επιλογή (Tandem Selection). Ο Δείκτης Επιλογής μας δίνει μια απλή τιμή η οποία αντανακλά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του χαρακτηριστικού, η Ανεξάρτητη Επιλογή απαιτεί ορισμό ελάχιστου επίπεδου τιμής του χαρακτηριστικού και η Διαδοχική Επιλογή επιζητά την διαδοχική βελτίωση ενός χαρακτηριστικού μέχρι ενός ικανοποιητικού επιπέδου. Στην σύγχρονη βιβλιογραφία η χρήση των δεικτών επιλογής για την βελτίωση των φυτών σχετίζεται κυρίως με τα αυτογονιμοποιούμενα ή το καλαμπόκι. Αυτό δείχνει το μέγεθος της έρευνας η οποία έχει διεξαχθεί, παρά την αποτελεσματικότητα των δεικτών επιλογής για ταυτόχρονη βελτίωση των χαρακτηριστικών (Baker R. J., 1986).

Στην μελέτη αυτή για την δημιουργία ενός δείκτη αξιολόγησης της απόδοσης των γονοτύπων ως προς την παραγωγή βιοαιθανόλης α' και β' γενεάς χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω χαρακτηριστικά, α) απόδοση σε άμυλο (ολικό άμυλο) (α' γενεά), β) απόδοση σε άζονες (β' γενεά) και γ) απόδοση σε βιομάζα (β' γενεά). Για την σύνθεση του δείκτη έγιναν οι παρακάτω παραδοχές:

Π1. Η στατιστική μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί, να μην προϋποθέτει την κανονική κατανομή των επιμέρους χαρακτηριστικών, δηλαδή η κανονικότητα ή μη των μετρήσεων να μην είναι δεσμευτική ώστε το στατιστικό αποτέλεσμα να είναι ασφαλές

Π2. Η στατιστική μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί, να μην προϋποθέτει μόνο γραμμικές συσχετίσεις, δηλαδή οι συσχετίσεις μεταξύ των επιμέρους δεικτών να μπορούν να είναι γραμμικές ή/και μη γραμμικές.

Π3. Η μεθοδολογία κατασκευής του δείκτη να δίνει τη δυνατότητα στον εκάστοτε ερευνητή να καθορίζει τη “βαρύτητα” των επιμέρους μεταβλητών στη διαμόρφωση του γενικού δείκτη.

Π4. Η μεθοδολογία κατασκευής του δείκτη να δίνει τη δυνατότητα στον εκάστοτε ερευνητή να καθορίζει διαφορετικές “ιδιότητες” της κατανομής των μετρήσεων της κάθε επιμέρους μεταβλητής.

Η στατιστική μέθοδος μέσω της οποίας είναι δυνατόν να ικανοποιηθούν οι παραπάνω τέσσερις παραδοχές, είναι η Μη Γραμμική Ανάλυση σε Κύριες Συνιστώσες με Βέλτιστη Κλιμάκωση (Non Linear Principal Component Analysis with Optimal Scaling). Η μέθοδος αυτή είναι μια επέκταση της κλασσικής ανάλυσης σε Κύριες Συνιστώσες και ανήκει στην οικογένεια μεθόδων Βέλτιστης Κλιμάκωσης (Optimal Scaling). Ως είσοδος στην ανάλυση δίνεται ένας πίνακας (μήτρα) δεδομένων **D** της μορφής “αντικείμενα × μεταβλητές”. Ο όρος “αντικείμενα” αναφέρεται σε άτομα, πράγματα, γεγονότα ή γενικά σε οποιαδήποτε οντότητα για την οποία υπάρχουν καταγραφές μετρήσεων. Στη συγκεκριμένη μέθοδο μπορούν να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα ποσοτικές και ποιοτικές μεταβλητές και μπορεί να αναδείξει τόσο γραμμικές όσο και μη γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών. Αν όλες οι μεταβλητές που συμμετέχουν στην ανάλυση είναι ποσοτικές τότε η μέθοδος είναι ισοδύναμη με την “κλασσική” Ανάλυση σε Κύριες Συνιστώσες. Αν όλες οι

μεταβλητές είναι ποιοτικές μετρημένες σε ονομαστική κλίμακα (nominal) τότε η μέθοδος είναι ισοδύναμη με την Παραγοντική Ανάλυση των Πολλαπλών Αντιστοιχιών (Multiple Correspondence Analysis). Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου αναδεικνύονται όταν όλες οι μεταβλητές που συμμετέχουν στην ανάλυση είναι ποιοτικές. Στην περίπτωση αυτή, η συγκεκριμένη μέθοδος μπορεί να θεωρηθεί ως μια τεχνική βέλτιστης κλιμάκωσης που μετασχηματίζει ποιοτικές μεταβλητές σε ποσοτικές. Η μοναδικότητα της μεθόδου αναδεικνύεται όταν στην ανάλυση συμμετέχουν μεταβλητές που είναι όλες μετρημένες σε κλίμακα διάταξης (ordinal). Δεν υπάρχει άλλη μέθοδος στο χώρο της Πολυδιάστατης Ανάλυσης Δεδομένων η οποία να μπορεί να χειριστεί μεταβλητές μετρημένες σε κλίμακα διάταξης. Συνθέτοντας τα πορίσματα σχετικών ερευνητικών εργασιών (Gifi, 1996; Michailidis and De Leeuw, 1998; Meulman and Heiser, 2004; Van de Geer, 1993^a και 1993^b; Μενεξές, 2006) οι σημαντικότερες ιδιότητες βέλτιστης κλιμάκωσης της Μη-Γραμμικής Ανάλυσης σε Κύριες Συνιστώσες είναι οι παρακάτω:

K1. Λαμβάνεται υπόψη η κλίμακα μέτρησης των μεταβλητών (scale, nominal, ordinal) που συμμετέχουν στην ανάλυση.

K2. Επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή διάκριση των αντικειμένων (γραμμών) του πίνακα **D** επί του πρώτου παραγοντικού άξονα (πρώτη κύρια συνιστώσα).

K3. Λαμβάνεται υπόψη η συσχέτιση των μεταβλητών που συμμετέχουν στην ανάλυση.

K4. Μεγιστοποιείται η εσωτερική συνέπεια (αξιοπιστία) των παραγοντικών βαθμών των αντικειμένων.

K5. Λαμβάνεται υπόψη η μορφή της κατανομής συχνοτήτων των κατηγοριών των μεταβλητών.

K6. Μεγιστοποιείται η μέση συσχέτιση των παραγοντικών βαθμών των αντικειμένων με τις βέλτιστα ποσοτικοποιημένες τιμές των μεταβλητών.

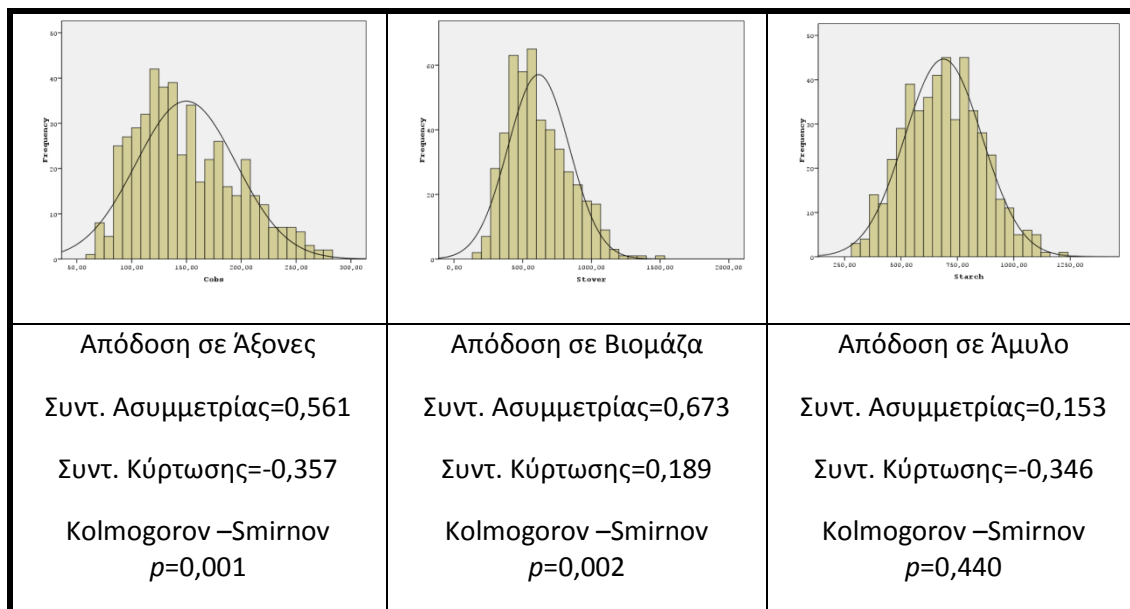
K7. Τα διανύσματα των παραγοντικών βαθμών των αντικειμένων σε κάθε άξονα (συνιστώσα) είναι ανά δύο γραμμικά ανεξάρτητα.

K8. Οι παραγοντικοί βαθμοί των αντικειμένων μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περαιτέρω στατιστικές αναλύσεις ως νέες σύνθετες ποσοτικές μεταβλητές.

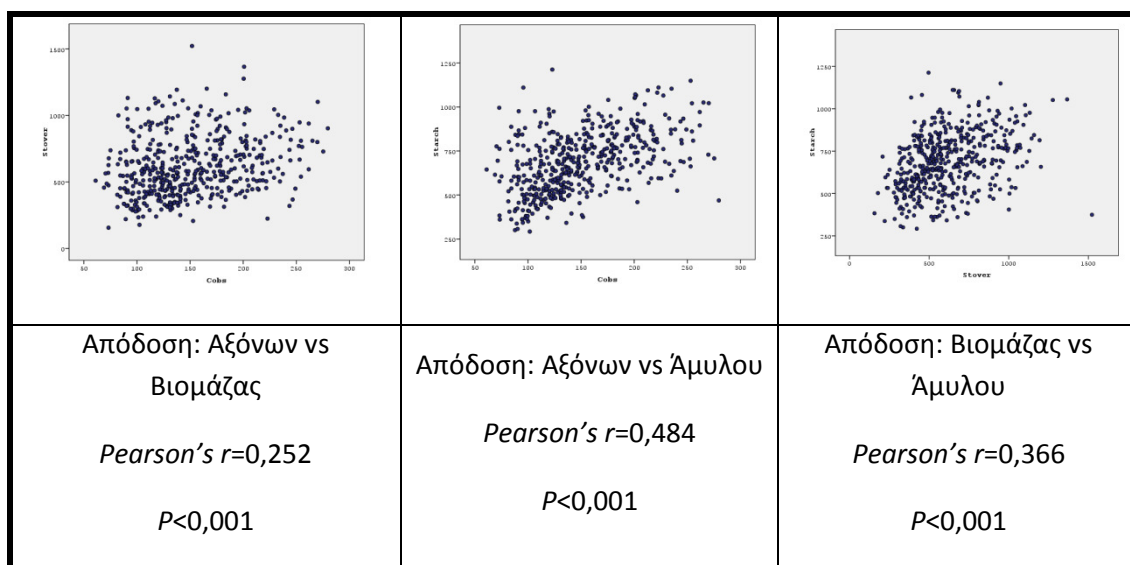
Στο πλαίσιο της μελέτης αυτής, οι γονότυποι έχουν το ρόλο των “αντικειμένων”, ενώ οι τιμές απόδοση σε Άμυλο (Ολικό άμυλο), απόδοση σε Άξονες και απόδοση σε Βιομάζα δηλαδή των κυρίων αγρονομικών χαρακτηριστικών για την παραγωγή αιθανόλης έχουν το ρόλο των “μεταβλητών”. Από το Διάγραμμα 2.2 διαπιστώνεται ότι μόνον οι τιμές της απόδοσης σε Άμυλο (Ολικό άμυλο) προσαρμόζονται ικανοποιητικά στην κανονική κατανομή. Από το Διάγραμμα 2.3 διαπιστώνεται ότι οι γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ των τριών επιμέρους δεικτών δεν είναι ισχυρές ($r < 0,50$). Μόνο μεταξύ της απόδοσης σε άμυλο και της απόδοσης σε άξονες βρέθηκε μέτριας εντάσεως γραμμική συσχέτιση ($r = 0,484$). Με βάση τις προηγούμενες διαπιστώσεις αναδεικνύεται η ανάγκη των παραδοχών Π1 και Π2.

Αυτό οδήγησε στην ανάγκη εφαρμογής της Μη Γραμμικής Ανάλυσης σε Κύριες Συνιστώσες. Οι αρχικές τιμές των τριών επιμέρους κύριων αγρονομικών

χαρακτηριστικών για την παραγωγή βιοαιθανόλης ομαδοποιήθηκαν σε κλάσεις (Πίν. 2.5). Σύμφωνα με την ομαδοποίηση, σε κάθε δείκτη ορίστηκαν τρεις κλάσεις τιμών με τρόπο ώστε η πρώτη να περιλαμβάνει το 25% των χαμηλότερων τιμών, η δεύτερη το 50% των μεσαίων τιμών και η τρίτη κλάση το 25% των υψηλότερων τιμών κάθε δείκτη. Με τον τρόπο αυτό ορίζονται “ιδιότητες” μέσα στην κατανομή των τιμών του κάθε δείκτη. Ο καθορισμός “ιδιοτήτων” μέσα σε κάθε μεταβλητή, δηλαδή ο αριθμός και τα όρια των κλάσεων, επαφίενται στην κρίση του εκάστοτε ερευνητή (Π4). Επιλέχτηκε η δημιουργία κλάσεων με βάση το περιεχόμενο 25%, 50% και 25% γιατί αποτελούν στατιστικά κριτήρια τα οποία χρησιμοποιούνται συχνά. Ο παραπάνω



Διάγραμμα 2.2: Κατανομή των τιμών απόδοσης σε Άξονες, Βιομάζα και σε Άμυλο (Ολικό άμυλο).



Διάγραμμα 2.3: Συσχέτιση μεταξύ των τριών επιμέρους αγρονομικών χαρακτηριστικών.

τρόπος καθορισμού των κλάσεων επιλεχθεί επίσης ελλείψει άλλων βιολογικών ή οικονομικών κριτηρίων (Lebart, Morineau and Warwick, 1984; Benzecri, 1992; Παπαδημητρίου, 2006; Μενεξές, 2006; Μενεξές, 2007; Markos, Menexes and Paradimitriou, 2009). Όπως προαναφέρθηκε, εάν όλες οι μεταβλητές που συμμετέχουν στη Μη Γραμμική Ανάλυση σε Κύριες Συνιστώσες είναι ποσοτικές, τότε η μέθοδος ισοδυναμεί με την “κλασσική” Γραμμική Ανάλυση σε Κύριες Συνιστώσες. Όμως, με το μετασχηματισμό των αρχικών ποσοτικών μεταβλητών σε ποιοτικές-διάταξης (μεταβλητές με διατεταγμένες κατηγορίες τιμών) επιτυγχάνονται τα εξής: α) ικανοποιούνται τα οκτώ κριτήρια (K1-K8) και ιδιότητες βελτιστοποίησης που προαναφέρθηκαν, β) πραγματοποιείται μια εννοιολογική μετάβαση από την ακριβή μεμονωμένη μέτρηση σε ένα εύρος τιμών (κλάση), το οποίο έχει επιθυμητή στατιστική, βιολογική, οικονομική ή πρακτική σημαντικότητα, και γ) μειώνεται η πιθανότητα να μην αξιοποιηθούν εν δυνάμει υποσχόμενοι γονότυποι.

Η Μη Γραμμική Ανάλυση σε Κύριες Συνιστώσες είναι διαθέσιμη στο στατιστικό πακέτο SPSS με εγκατεστημένη τη λειτουργική μονάδα Categories. Συνεπώς δεν απαιτείται κατασκευή εξειδικευμένου λογισμικού για την υλοποίηση της μεθόδου.

Η μεθοδολογική πορεία για την κατασκευή του γενικού Δείκτη είχε ως εξής:

- Εφαρμόστηκε η Μη Γραμμική Ανάλυση σε Κύριες Συνιστώσες με κανονικοποίηση *Object Principal*, όπου ως “είσοδος” στην ανάλυση δόθηκαν οι τρεις μετασχηματισμένες μεταβλητές – αγρονομικά χαρακτηριστικά (επιμέρους δείκτες με τρεις κλάσεις η κάθε μία, με περιεχόμενο 25%, 50% και 25%) απόδοσης σε Άμυλο (ολικό άμυλο), Άξονες και Βιομάζα (Πίν. 2.7). Ως κλίμακα μέτρησης των τριών μεταβλητών ορίστηκε η κλίμακα διάταξης (ordinal).

Πίνακας 2.7: Όρια κλάσεων για τις μεταβλητές – αγρονομικά χαρακτηριστικά (επί μέρους δείκτες) για την παραγωγή βιοαιθανόλης

Κλάσεις	Όρια	Απόδοση σε Άξονες	Απόδοση σε Βιομάζα	Απόδοση σε Άμυλο
Κλάση 1	Από	61,05	156,31	292,39
	Έως	114,67	445,46	554,62
Κλάση 2	Από	114,90	445,63	559,14
	Έως	179,51	749,80	807,93
Κλάση 3	Από	179,73	751,25	808,39
	Έως	279,69	1522,66	1212,52

Υπολογίστηκαν οι συντεταγμένες των τριών κλάσεων της κάθε μεταβλητής επί του πρώτου παραγοντικού άξονα (πρώτη κύρια συνιστώσα). Οι συντεταγμένες αυτές αποτελούν τις νέες βέλτιστα ποσοτικοποιημένες τιμές των κλάσεων κάθε μεταβλητής (Πίν. 2.8). Για κάθε γονότυπο υπολογίστηκε ο σταθμισμένος μέσος των αντίστοιχων συντεταγμένων των κλάσεων που τον χαρακτηρίζουν σε κάθε μεταβλητή (Παραδοχή

Π3). Τα “βάρη” που χρησιμοποιήθηκαν ήταν για τη μεταβλητή Απόδοση σε Άμυλο (ολικό άμυλο) το 10, για τη μεταβλητή Απόδοση σε Άξονες το 8 και για τη μεταβλητή Απόδοση Βιομάζα το 6. Ο σταθμισμένος μέσος όρος αποτελεί το γενικό δείκτη παραγωγής αιθανόλης. Τα βάρη ανατέθηκαν στην κάθε μεταβλητή με βάση την σημασία των παραπάνω παραμέτρων έχει αναφερθεί εκτενώς στο πρώτο κεφάλαιο

Πίνακας 2.8: Βέλτιστα ποσοτικοποιημένες τιμές των τριών κλάσεων της κάθε μεταβλητής-αγρονομικά χαρακτηριστικά (επιμέρους δείκτη) για την παραγωγή βιοαιθανόλης.

Μεταβλητές	Κλάσεις	Συχνότητα (%)	Βέλτιστη Τιμή
Απόδοση σε Άξονες	Κλάση 1	120 (25%)	-1,307
	Κλάση 2	240 (50%)	-0,100
	Κλάση 3	120 (25%)	1,507
Απόδοση σε Βιομάζα	Κλάση 1	120 (25%)	-1,545
	Κλάση 2	240 (50%)	0,416
	Κλάση 3	120 (25%)	1,253
Απόδοση σε Άμυλο	Κλάση 1	120 (25%)	-1,439
	Κλάση 2	240 (50%)	0,025
	Κλάση 3	120 (25%)	1,388

- Ο δείκτης που κατασκευάστηκε με την παραπάνω διαδικασία ($Index_{old}$) παίρνει και θετικές και αρνητικές τιμές. Για πρακτικούς λόγους ο γενικός δείκτης μετασχηματίστηκε σε ένα νέο δείκτη ($Index_{new}$), ο οποίος παίρνει τιμές σε κλίμακα από 0 έως 100, σύμφωνα με τον παρακάτω μετασχηματισμό:

$$Index_{new} = \frac{Index_{old} - \min(Index_{old})}{\max(Index_{old}) - \min(Index_{old})} \times 100,$$

όπου \min είναι η μικρότερη τιμή που έλαβε ο γενικός δείκτης $Index_{old}$ στο σύνολο των 480 γονοτύπων και \max η μεγαλύτερη. Η τιμή 0 αντιστοιχεί σε γονότυπο, ο οποίος συγκριτικά με τους υπόλοιπους έχει το χαμηλότερο γενικό δείκτη παραγωγής αιθανόλης. Στη συνέχεια δίνεται ένα παράδειγμα υπολογισμού του γενικού δείκτη για έναν γονότυπο.

Έστω ότι ο γονότυπος X χαρακτηρίζεται από την Κλάση 1 για τον επιμέρους δείκτη Απόδοση σε Άξονες, από την Κλάση 2 για τον επιμέρους δείκτη Απόδοση σε Βιομάζα και από την Κλάση 3 για τον επιμέρους δείκτη Απόδοση σε Άμυλο (Ολικό

άμυλο). Οι βέλτιστα ποσοτικοποιημένες τιμές που αντιστοιχούν στις αντίστοιχες κλάσεις είναι -1,307, 0,416 και 1,388 (Πίν. 2.8).

Ο γενικός δείκτης $Index_{old}$ υπολογίζεται ως εξής:

$$Index_{old} = [(-1,307 \times 8) + (0,416 \times 6) + (1,388 \times 10)] / 24 = 5,92 / 24 = 0,247.$$

Ο αντίστοιχος δείκτης $Index_{new}$ υπολογίζεται ως εξής:

$$Index_{new} = \frac{0,247 - (-1,42)}{1,39 - (-1,42)} \times 100 = 59,32$$

Όπου -1,42 είναι η μικρότερη τιμή (min) που έλαβε ο γενικός δείκτης $Index_{old}$ στο σύνολο των 480 γονοτύπων και 1,39 είναι η μεγαλύτερη (max).

2.3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

2.3.1. Πειραματισμός αγρού

Η παραγωγική συμπεριφορά των υβριδίων αξιολογήθηκε με βάση την παραγωγική τους κατεύθυνση, με συνέπεια τα είκοσι υβρίδια να ομαδοποιηθούν σε τέσσερις κατηγορίες ανάλογα με την κατεύθυνση αυτή: α) παραγωγής καρπού (K): η κατεύθυνση περιλαμβάνει εννέα υβρίδια, τα H4, H5, H6, H10, H12, H15, H16, H18, και H19, β) παραγωγής καρπού και ενσιρώματος (KE): περιλαμβάνει επίσης εννέα υβρίδια, τα H1, H2, H3, H7, H9, H11, H13, H14, H17, γ) παραγωγή ενσιρώματος (E): που περιλαμβάνει το υβρίδιο H20, και δ) παραγωγής αμυλοπηκτικής $Waxy$ (W): που περιλαμβάνει το υβρίδιο H8.

Τα δεδομένα από την συνδυασμένη ANOVA εμφανίζονται στον Πίνακα 2.9. Τα αποτελέσματα της ANOVA για κάθε περιβάλλον ξεχωριστά εμφανίζονται στο παράρτημα (Π.Π. 2.2.- Π.Π. 2.7.). Σύμφωνα με τα συνοπτικά δεδομένα (Πίν. 2.9) μεταξύ των υβριδίων παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές για όλα τα αγρονομικά χαρακτηριστικά τα οποία μελετήθηκαν. Παρά το γεγονός ότι η αλληλεπίδραση των υβριδίων με το περιβάλλον ($G \times E$) ήταν σημαντική για όλα τα αγρονομικά χαρακτηριστικά, η συμμετοχή της στην συνολική φαινοτυπική διακύμανση ήταν μικρή και κυμάνθηκε από 11.7% για την απόδοση σε καρπό έως 28.5% για την περιεκτικότητα σε άμυλο (Πίν. 2.10), μικρότερη σε κάθε περίπτωση από 20-22 % (εκτός αυτής της περιεκτικότητας του άμυλου). Το γεγονός αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η αλληλεπίδραση δεν επηρεάζει την κατάταξη των ποικιλιών. Δεδομένου ότι η αντίστοιχη συμμετοχή του γονοτύπου των υβριδίων ήταν μεγάλη και κυμάνθηκε από 49.3% στην απόδοση σε άξονες έως 85.6% στην απόδοση σε βιομάζα, τα δεδομένα αξιολογούνται σαν μέσος ορός των έξι περιβαλλόντων. Αυτό επίσης ενισχύεται και από το γεγονός της μικρής σχετικής συμμετοχής των περιβαλλόντων στο συνολικό άθροισμα των τετραγώνων (ΣAT) το οποίο κυμάνθηκε

από 35.6% για την απόδοση σε άξονες μέχρι 69.9% για την περιεκτικότητα σε άμυλο (Πίν. 2.9).

Απόδοση σε Καρπό.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί και περιγραφεί, η πειραματική αξιολόγηση στη μελέτη μας διεξήχθη σε έξι περιβάλλοντα. Η μέση παραγωγική συμπεριφορά των υβριδίων και των παραγωγικών κατευθύνσεων εμφανίζεται στον Πίν. 2.11.

Σε γενική εκτίμηση διακρίνεται ότι τα υβρίδια H7 έως H14 σύμφωνα με την κατάταξη της απόδοσης (Πίν. 2.11) διαφέρουν μεταξύ τους 13%. Το ίδιο συμβαίνει με την κατάταξη των υβριδίων από H2 έως H17 τα οποία διαφέρουν μεταξύ τους 16.3% και H9 έως H16 που διαφέρουν 15.4%. Εάν λάβουμε υπ όψιν ότι η ΕΣΔ αντιστοιχεί στο 16.2% του Γενικού Μέσου Όρου καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι αυτά είναι ισοδύναμα μεταξύ τους και ότι τις διαφορές τις κάνει σημαντικές το εύρος κυρίως του H20. Από την ανάλυση του ΣΑΤ η συμμετοχή του περιβάλλοντος (*E*) κατά 38,2% (Πίν. 2.9) σημαίνει ότι αυτά δεν είναι πολύ διαφορετικά (πρακτικά είναι τα ίδια) και δεν δημιουργούν προβλήματα ώστε να υπάρχει ανάγκη ειδικής προσαρμοστικότητας.

Η γενετική διακύμανση μεταξύ των ποικιλιών (σ^2_G) αντιστοιχεί με το 79% της συνολικής φαινοτυπική διακύμανση (σ^2_p) γεγονός το οποίο σημαίνει ότι μεταξύ των υβριδίων τα οποία μελετήθηκαν και τα οποία θεωρήθηκαν ως τυχαίο δείγμα των υπάρχοντων στην Ελληνική αγορά υπάρχει γενετική παραλλακτικότητα. Η Γενετική διακύμανση (σ^2_G) εκφρασμένη σε μονάδες γενετικού συντελεστή παραλλακτικότητας (GCV) ήταν 8.5% η οποία είναι οριακή για την δυνατότητα αποτελεσματικής αξιοποίησης σε προγράμματα βελτίωσης. Το ίδιο ισχύει και για την φαινοτυπική διαφοροποίηση (σ^2_p) σε τιμές φαινοτυπικού συντελεστή παραλλακτικότητας (PCV) ο οποίος ήταν 9.5%. Σύμφωνα με την ΕΣΔ, η δυνατότητα διαφοροποίησης μεταξύ των υβριδίων αγγίζει το 15%, έτσι σημασία έχει ο σχολιασμός των υβριδίων σε ομάδες σύμφωνα με την παραγωγική τους κατεύθυνση (Πίν. 2.11).

Εφαρμόζοντας συγκρίσεις ενός βαθμού ελευθερίας (Peterson R. G., 1994; Steel Robert G. D., 1996) προκύπτει ότι η απόδοση σε καρπό της παραγωγικής κατεύθυνσης *K* δεν διαφέρει στατιστικά σημαντικά από αυτές του *KE* και *W* (υστερεί ελάχιστα), ενώ υπερέρχει σημαντικά από αυτήν του *E*. Η παραγωγική κατεύθυνση *KE* υπερέρχει σημαντικά από αυτήν του *E* (σημαντικά υψηλότερη) ενώ είναι ισοδύναμη αυτήν του *W*. Τέλος η παραγωγική κατεύθυνση *E* υστερεί σημαντικά από αυτήν του *W*.

Περιεκτικότητα (%) σε άμυλο

Ως προς την περιεκτικότητα (%) του αμύλου, η κατεύθυνση *W* υστερεί κατά 1,2 % του ΓΜΟ ενώ αυτή του *E* είναι ίση με αυτόν. Από τις δυο βασικές κατευθύνσεις της χώρα μας, αυτή του καρπού και ενσιρώματος (*KE*), υπερτερεί του ΓΜΟ κατά 0,21%, ενώ αυτή του καρπού (*K*) υστερεί κατά 0,07% παρουσιάζοντας πολύ μικρή διακύμανση στα διάφορα περιβάλλοντα. Στην συνδυασμένη ανάλυση των έξι περιβαλλόντων (Πίν. 2.11), οι τέσσερις πρώτες σε απόδοση ποικιλίες H11, H14, H3, H13 προέρχονται από την κατεύθυνση καρπού και ενσιρώματος (*KE*).

Η κατεύθυνση του Waxy H20 (*W*) είναι η τελευταία της κατάταξης γεγονός το οποίο ήταν αναμενόμενο (Ferguson V., 1994; Alexander D. E., 1988).

Η γενετική διακύμανση μεταξύ των ποικιλιών (σ^2_G) αντιστοιχεί με το 61.8% της συνολικής φαινοτυπικής διακύμανσης (σ^2_p) και συνεπώς υπάρχει γενετική παραλλακτικότητα. Η γενετική διακύμανση (σ^2_G) εκφρασμένη σε μονάδες γενετικού συντελεστή παραλλακτικότητας (GCV) ήταν 0.32% η οποία δεν μας δίνει αξιόλογη καμία δυνατότητα αξιοποίησης σε προγράμματα βελτίωσης. Το ίδιο ισχύει και για την φαινοτυπική διαφοροποίηση (σ^2_p) σε τιμές φαινοτυπικού συντελεστή παραλλακτικότητας (PCV) ο οποίος ήταν 0.44%.

Πίνακας 2.9: Μέσα Τετράγωνα και Επιμερισμός του Συνολικού Αθροίσματος Τετραγώνων της Συνδυασμένης Ανάλυσης Παραλλακτικότητας του Γενετικού Υλικού σε έξι Αγρονομικά Περιβάλλοντα 2008-2011.

Πηγή Διακύμανσης	Μέσα Τετράγωνα							
	Απόδοση Αμύλου kg/στρ	Απόδοση Καρπού kg/στρ	Άμυλο (% ξ.ο.)	Απόδοση Αξόνων kg/στρ	Απόδοση Βιομάζας kg/στρ	Απόδοση Καρπού σε Βιοιθανόλη lt/στρ	Απόδοση Βιομάζας σε Βιοιθανόλη lt/στρ	Συνολική Απόδοση σε Βιοιθανόλη lt/στρ
Περιβάλλον	1111958.8**	2629889.6**	86.0**	71224.5**	717078.0**	467509.3**	52494.5**	710566.3**
Επαναλήψεις [Περιβάλλον]	65464.6**	161933.2**	0.5*	5832.4**	113742.9**	27523.4**	8326.5**	59364.4**
Γονότυπος (G)	102231.4**	258188.8**	1.9**	3153.4**	326354.1**	42982.2**	23494.3**	92731.4**
Γονότυπος x Περιβάλλον (GxE)	22065.9**	54326.5**	0.7**	1597.4*	46834.6**	9277.4**	3622.8**	15634.5**
Σφάλμα	9690.7	24180.0	0.2	959.5	22424.0	4074.3	1609.5	6337.5
ΣΠ%	14.31	14.79	0.57	20.7	24.32	14.31	24.08	12.99
Επιμερισμός Αθροίσματος Τετραγώνων								
Περιβάλλον	39.5	38.2	69.9	35.6	15.0	39.5	15.0	35.4
Επαναλήψεις [Περιβάλλον]	8.4	8.5	1.5	10.5	8.5	8.4	8.5	10.6
Γονότυπος (G)	13.8	14.3	7.2	6.0	25.9	13.8	25.5	17.6
Γονότυπος x Περιβάλλον (GxE)	14.9	15.0	11.0	15.2	18.6	14.9	19.6	14.8
Σφάλμα	23.5	24.0	10.4	32.8	32.0	23.5	31.4	21.6

ns=Μη Στατιστικά Σημαντικό, *Σημαντικότητα σε Επίπεδο P= .05,** Σημαντικότητα σε Επίπεδο P=.01

Πίνακας 2.10: Εκτίμηση Συστατικών Διακύμανσης, Επιμερισμός Φαινοτυπικής Διακύμανσης, Γενετικές Παράμετροι του Γενετικού Υλικού σε έξι Αγρονομικά Περιβάλλοντα 2008-2011.

Συστατικά Διακύμανσης	Εκτίμηση Συστατικών Διακύμανσης							
	Απόδοση Αμύλου	Απόδοση Καρπού	Άμυλο % ξ.ο.	Απόδοση Αζόνων	Απόδοση Βιομάζας	Απόδοση Καρπού σε Βιοαιθανόλη lt/στρμ	Απόδοση Βιομάζας σε Βιοαιθανόλη lt/στρμ	Συνολική Απόδοση σε Βιοαιθανόλη lt/στρμ
$\sigma^2_{(E)}$	12960.0	30547.2	1.1	804.5	7261.4	5448.9	532.0	8060.8
σ^2_G	3340.2	8494.3	0.1	64.8	11646.6	1404.4	828.0	3212.4
$\sigma^2_{(GxE)}$	3093.8	7536.6	0.1	159.5	6102.6	867.2	503.3	2324.2
σ^2_e	9690.7	24180.0	0.2	959.5	22424.0	4074.3	1609.5	6337.5
Επιμερισμός Φαινοτυπικής Διακύμανσης								
$\sigma^2_p (=100)$	4259.6	10757.9	4259.6	131.4	13598.1	1790.9	978.9	3863.8
% σ^2_G	78.4	79.0	61.8	49.3	85.6	78.4	84.6	83.1
% $\sigma^2_{(GxE)}$	12.1	11.7	28.5	20.2	7.5	12.1	8.6	10.0
% σ^2_e	9.5	9.4	9.7	30.4	6.9	9.5	6.9	6.8
Γενετικές Παράμετροι								
GCV%	8.40	8.46	0.32	5.38	17.52	8.40	17.27	5.38
PCV%	9.49	9.52	0.41	7.66	18.94	9.49	18.78	7.66

Πίνακας 2.11: Αξιολόγηση της Μέσης Παραγωγικής Συμπεριφοράς του Γενετικού Υλικού σε έξι Αγρονομικά Περιβάλλοντα το 2008-2011

Υβρίδια	Απόδοση Αμύλου kg/στρμ	Απόδοση Καρπού kg/στρ	Άμυλο (% ξ.ο.)	Απόδοση Αζόνων kg/στρ	Απόδοση Βιομάζας kg/στρ	Απόδοση Καρπού σε Βιοαιθανόλη lt/στρ	Απόδοση Βιομάζας σε Βιοαιθανόλη lt/στρ	Συνολική Απόδοση σε Βιοαιθανόλη lt/στρ
H7 KE	804	1276	74,3	174	737	521,3	199,4	720,7
H2 KE	765	1216	74,0	164	774	496,3	209,4	705,7
H9 KE	754	1194	74,4	149	861	488,9	233,0	721,8
H5 K	727	1153	74,2	146	607	471,3	164,3	635,7
H10 K	728	1150	74,5	150	579	472,0	156,7	628,6
H3 KE	729	1150	74,5	145	670	472,6	181,3	653,9
H13 KE	723	1142	74,5	158	584	468,6	158,0	626,6
H12 K	711	1125	74,4	148	487	460,9	131,9	592,8
H4 K	706	1123	73,8	152	688	457,7	186,1	643,8
H11 KE	694	1094	74,6	166	754	449,9	204,0	653,8
H8 W	683	1093	73,4	155	718	442,9	194,2	637,1
H18 K	689	1091	74,4	130	520	446,8	140,7	587,6
H19 K	682	1079	74,2	151	471	442,0	127,5	569,5
H1 KE	679	1076	74,4	160	633	440,4	171,3	611,7
H17 KE	660	1045	74,5	143	565	428,2	152,8	581,1
H16 K	654	1035	74,3	143	470	423,9	127,2	551,1
H15 K	631	1003	73,9	127	432	408,9	116,8	525,7
H6 K	624	988	74,3	144	571	404,5	154,5	559,0
H14 KE	618	974	74,6	138	537	400,5	145,4	545,9
H20 E	499	789	74,3	149	654	323,3	176,9	500,2
ΜΟ	687.90	1089.86	74.26	149.65	615.67	446.04	166.58	612.62
ΕΣΔ	55.9	176.6	0.3	35.2	84.2	72.5	22.8	45.2
Παραγωγική Κατεύθυνση	Μέσοι Όροι Παραγωγικών Κατευθύνσεων							
K	683	1083	74.2	143	536	443.1	145.1	588.2
KE	714	1130	74.4	155	680	463.0	183.9	646.8
E	499	789	74.3	149	654	323.3	176.9	500.2
W	683	1092	73.4	155	718	442.9	194.2	637.1
	Συγκρίσεις Μέσων Όρων Παραγωγικών Κατευθύνσεων							
K vs KE	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
K vs E	*	*	ns	ns	*	*	*	*
K vs W	ns	ns	*	ns	*	ns	*	ns
KE vs E	*	*	ns	ns	ns	*	ns	*
KE vs W	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
E vs W	*	*	*	ns	ns	*	ns	*

Παραγωγική Κατεύθυνση: K= Καρπός , E= Ενσίρωμα, KE= Καρπός/Ενσίρωμα, W= Waxy

ns= Μη Στατιστικά Σημαντικό, * Επίπεδο Σημαντικότητας =P.05, **Επίπεδο Σημαντικότητας= P.01

Η αλληλεπίδραση που συνεισφέρει σημαντικό τμήμα της συνολικής φαινοτυπικής διακύμανσης, 28.5% (>20-22%), δεν θα μπορούσε να αγνοηθεί. Με αυστηρά στατιστική προσέγγιση δεν μπορεί να ληφθεί υπόψη ο μέσος όρος. Παρόλα αυτά, επειδή οι διαφορές είναι μικρές και ο συντελεστής κληρονομικότητας (H) είναι υψηλός (0,681), ο μέσος όρος μπορεί θεωρηθεί έγκυρος, ένδειξη ότι οι ποικιλίες συμπεριφέρονται ομοιόμορφα. Η κατάταξη τους ως προς την περιεκτικότητα σε άμυλο στα έξι περιβάλλοντα δεν είναι η ίδια. Σύμφωνα με την ΕΣΔ, η δυνατότητα διαφοροποίησης μεταξύ των υβριδίων αγγίζει το 0.6%, έτσι σημασία έχει ο σχολιασμός των υβριδίων σε ομάδες σύμφωνα με την παραγωγική τους κατεύθυνση. Εφαρμόζοντας συγκρίσεις ενός βαθμού ελευθερίας (Πίν. 2.11), προκύπτει ότι όλες οι παραγωγικές κατευθύνσεις υπερέχουν στατιστικά σημαντικά από αυτή του W , ενώ δεν διαφέρουν μεταξύ τους.

Απόδοση Αμύλου (ολικό άμυλο)

Αναφορικά με την απόδοση σε άμυλο ανά μονάδα επιφάνειας (ολικό άμυλο), η κατεύθυνση του ενσιρώματος (E) υστερούσε σε όλα τα περιβάλλοντα (συνολικά κατά 27.52% του ΓΜΟ). Η κατεύθυνση Waxy (W), παρά το γεγονός ότι παρουσιάζει σημαντική διακύμανση στα διάφορα περιβάλλοντα εν τούτοις η μέση τιμή της βρίσκεται στον ΓΜΟ. Από τις δυο βασικές κατευθύνσεις, αυτή της διπλής χρήσης καρπού και ενσιρώματος (KE) παρουσίασε την καλλίτερη παραγωγική σταθερότητα και ταυτόχρονα την υψηλότερη παραγωγή σχεδόν σε όλα τα περιβάλλοντα, υπερτερώντας κατά 3,79% του ΓΜΟ σε σχέση με αυτήν της κατεύθυνσης του καρπού (K), η μέση τιμή της οποίας είναι ίση με τον ΓΜΟ. Από την συνδυασμένη ανάλυση των έξι περιβαλλόντων, προκύπτει ότι οι τέσσερις πρώτες σε απόδοση αμύλου ποικιλίες $H7$, $H2$, $H9$, $H3$ (Πίν. 2.11) προέρχονται από την κατεύθυνση καρπού και ενσιρώματος (KE). Οι ποικιλίες αυτές αναμένεται να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην παραγωγή βιοαιθανόλη πρώτης γενιάς.

Η γενετική διακύμανση μεταξύ των ποικιλιών (σ^2_G) αντιστοιχεί με το 78.42% της συνολικής φαινοτυπικής (σ^2_P) και συνεπώς υπάρχει γενετική παραλλακτικότητα (Πίν. 2.10). Η Γενετική (σ^2_G) και η φαινοτυπική διακύμανση (σ^2_P) εκφρασμένες σε μονάδες γενετικού (GCV) και φαινοτυπικού (PCV) συντελεστή παραλλακτικότητας ακολουθούν τους αντίστοιχους δείκτες της απόδοσης σε καρπό. Η αλληλεπίδραση 12.1% της συνολικής φαινοτυπικής διακύμανσης είναι μικρή (<20%), ένδειξη ότι οι ποικιλίες συμπεριφέρονται ομοιόμορφα και παρά το γεγονός ότι είναι ισχυρά σημαντική ($P<0.01$) δεν επηρεάζει την κατάταξη των ποικιλιών. Από την ανάλυση του ΣΑΤ η συμμετοχή του περιβάλλοντος (E) κατά 39.46% σημαίνει ότι τα περιβάλλοντα δεν είναι πολύ διαφορετικά (πρακτικά είναι τα ίδια) και δεν δημιουργούν προβλήματα ώστε να υπάρχει ανάγκη ειδικής προσαρμοστικότητας. Σύμφωνα με την ΕΣΔ η δυνατότητα διαφοροποίησης μεταξύ των υβριδίων αγγίζει το 15%, έτσι σημασία έχει ο σχολιασμός των υβριδίων σε ομάδες σύμφωνα με την παραγωγική τους κατεύθυνση. Εφαρμόζοντας συγκρίσεις 1 ΒΕ (Πίν. 2.11) προκύπτει ότι η απόδοση σε άμυλο της παραγωγικής κατεύθυνσης K δεν διαφέρει στατιστικά σημαντικά από αυτές του KE και W (υστερεί ελάχιστα), ενώ διαφέρει (σημαντικά

υψηλότερη) από αυτήν του *E*. Η παραγωγική κατεύθυνση *KE* διαφέρει στατιστικά σημαντικά (υψηλότερη) από αυτήν του *E* ενώ δεν διαφέρει από αυτήν του *W* και τέλος, η παραγωγική κατεύθυνση *E* διαφέρει στατιστικά σημαντικά (χαμηλότερη) από αυτήν του *W*.

Απόδοση σε Άξονες

Ως προς την απόδοση σε άξονες ανά μονάδα επιφάνειας, η κατεύθυνση του καρπού (*K*) υστερεί του ΓΜΟ κατά 4,2%, παρουσιάζοντας όμως παραγωγική σταθερότητα και μικρή διακύμανση μεταξύ των περιβαλλόντων. Η κατεύθυνση της διπλής χρήσης, καρπού και ενσιρώματος (*KE*) παρουσιάζει παραγωγική σταθερότητα και ταυτόχρονα υψηλή παραγωγή (υπερτερεί κατά 3,74% του ΓΜΟ). Η κατεύθυνση του ενσιρώματος (*E*) βρίσκεται στο ΓΜΟ παρουσιάζοντας όμως σημαντική διακύμανση, όπως και η κατεύθυνση *Waxy* (*W*) παρά το γεγονός ότι υπερτερεί κατά 3,6% του ΓΜΟ. Σύμφωνα με τη συνδυασμένη ανάλυση των έξι περιβαλλόντων, οι πέντε πρώτες σε απόδοση ποικιλίες *H7*, *H11*, *H2*, *H1*, *H13* προέρχονται από την κατεύθυνση καρπού και ενσιρώματος (*KE*) (Πίν. 2.11).

Η γενετική διακύμανση μεταξύ των ποικιλιών (σ^2_G) αντιστοιχεί με το 49.34% της συνολικής φαινοτυπική (σ^2_p) και συνεπώς υπάρχει μέτρια γενετική παραλλακτικότητα (Πίν. 2.10). Η γενετική (σ^2_G) και η φαινοτυπική διακύμανση (σ^2_p) εκφρασμένες σε μονάδες γενετικού (GCV) και φαινοτυπικού (PCV) συντελεστή παραλλακτικότητας ήταν 5.38% και 7.66% αντιστοίχως οι οποίες δεν μας δίνουν δυνατότητα αξιοποίησης σε προγράμματα βελτίωσης. Η Αλληλεπίδραση 20.2% της συνολικής φαινοτυπικής διακύμανσης είναι μικρή (<20%), ένδειξη ότι οι ποικιλίες συμπεριφέρονται ομοιόμορφα και παρά το γεγονός ότι είναι σημαντική ($P<0.05$) δεν επηρεάζει την κατάταξη των ποικιλιών (Πίν. 2.10). Από την ανάλυση του ΣΑΤ η συμμετοχή του περιβάλλοντος (*E*) κατά 35,6% σημαίνει ότι δεν είναι διαφορετικά (πρακτικά είναι τα ίδια) και δεν δημιουργούν προβλήματα ώστε να υπάρχει ανάγκη για ειδική προσαρμοστικότητα.

Στην απόδοση σε άξονες έχουμε αυξημένη συμμετοχή του πειραματικού σφάλματος (30.42%) συνεπώς και της διακύμανσης των γονοτύπων. Σύμφωνα με την ΕΣΔ, η δυνατότητα διαφοροποίηση μεταξύ των υβριδίων αγγίζει το 21%, έτσι σημασία έχει ο σχολιασμός των υβριδίων σε ομάδες σύμφωνα με την παραγωγική τους κατεύθυνση. Εφαρμόζοντας συγκρίσεις 1 BE (Πίν. 2.11) προκύπτει ότι μεταξύ των παραγωγικών κατευθύνσεων ως προς την απόδοση σε άξονες δεν παρουσιάστηκαν σε καμία περίπτωση σημαντικές διαφορές.

Απόδοση σε Βιομάζα.

Όσον αφορά την απόδοση σε βιομάζα, η κατεύθυνση του καρπού (*K*) υστερεί σχεδόν σε όλα τα περιβάλλοντα (κατά Μέσο Όρο 12.91%, του ΓΜΟ). Οι κατευθύνσεις *Waxy* (*W*) και ενσιρώματος (*E*) παρουσιάζουν μεγάλη παραγωγική αστάθεια, υπερτερούν όμως του ΓΜΟ κατά 16.56 και 6.21% αντίστοιχα. Η κατεύθυνση διπλής χρήσης, καρπού και ενσιρώματος (*KE*) παρουσιάζει την μεγαλύτερη παραγωγική

σταθερότητα χωρίς κατά ανάγκη να ταυτίζεται και με την υψηλότερη παραγωγή στα διάφορα περιβάλλοντα υπερτερώντας συνολικά του ΓΜΟ κατά 10.37% (Πίν. 2.11).

Από τη συνδυασμένη ανάλυση των έξι περιβαλλόντων, οι τέσσερις πρώτες σε απόδοση ποικιλίες H9,H2,H11,H7 προέρχονται από την κατεύθυνση καρπού και ενσιρώματος (*KE*), ενώ ακολουθεί αυτή του Waxy (*W*). Οι ποικιλίες αυτές αναμένεται να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην παραγωγή βιοαιθανόλης δεύτερης γενιάς καθώς επίσης και βιοαερίου. Η γενετική διακύμανση μεταξύ των ποικιλιών (σ^2_G) αντιστοιχεί με το 85.65% της συνολικής φαινοτυπική (σ^2_p) και συνεπώς υπάρχει γενετική παραλλακτικότητα (Πίν. 2.10). Η Γενετική (σ^2_G) και η φαινοτυπική διακύμανση (σ^2_p) εκφρασμένες σε μονάδες γενετικού (GCV) και φαινοτυπικού (PCV) συντελεστή παραλλακτικότητας ήταν 17.5% και 18.9 % αντιστοίχως οι οποίες μας παρέχουν σημαντικότερη δυνατότητα αξιοποίησης σε προγράμματα βελτίωσης

Η Αλληλεπίδραση 7.5% της συνολικής φαινοτυπικής διακύμανσης είναι μικρή (<20%), παρά το γεγονός ότι είναι ισχυρά σημαντική ($P < 0.01$) και δεν επηρεάζει την κατάταξη των ποικιλιών. Από την ανάλυση του ΣΑΤ η συμμετοχή του περιβάλλοντος (*E*) κατά 15.0% σημαίνει ότι τα αυτά πρακτικά είναι ίδια και δεν δημιουργούν πρόβλημα ώστε να υπάρχει ανάγκη για ειδική προσαρμοστικότητα (Πίν. 2.10). Από την ΕΣΔ, η δυνατότητα διαφοροποίησης μεταξύ των υβριδίων είναι στο 24%, έτσι σημασία έχει ο σχολιασμός των υβριδίων σε ομάδες σύμφωνα με την παραγωγική τους κατεύθυνση.

Εφαρμόζοντας συγκρίσεις 1 BE (Πίν. 2.11) φαίνονται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των παραγωγικών κατευθύνσεων *K* και *E*, όπως και μεταξύ των *K* και *W* (υστερεί ελάχιστα και στις δυο συγκρίσεις η κατεύθυνση *K*), ενώ υστερεί ελάχιστα όχι όμως στατιστικά σημαντικά και ως προς την κατεύθυνση *KE*.

Απόδοση σε βιοαιθανόλη

Τα αποτελέσματα της θεωρητικής απόδοσης σε βιοαιθανόλη προερχόμενης από καρπό και από βιομάζα είναι αντίστοιχα με αυτά της απόδοσης σε ολικό άμυλο και της απόδοσης σε βιομάζας. Από τη συνδυασμένη ανάλυση των έξι περιβαλλόντων (Πίν. 2.11), οι πέντε πρώτες σε απόδοση ποικιλίες H9,H7,H2,H3,H11 προέρχονται από την κατεύθυνση καρπού και ενσιρώματος (*KE*). Οι ποικιλίες αυτές αναμένεται να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην παραγωγή βιοαιθανόλης πρώτης και δεύτερης γενιάς. Η απόδοση της κατεύθυνσης του ενσιρώματος (*E*), H20 υπολείπεται όλων σε κάθε περίπτωση.

Η γενετική διακύμανση μεταξύ των ποικιλιών (σ^2_G) αντιστοιχεί με το 83.1% της συνολικής φαινοτυπική (σ^2_p) και συνεπώς υπάρχει γενετική παραλλακτικότητα (Πίν. 2.10). Η Γενετική (σ^2_G) και η φαινοτυπική διακύμανση (σ^2_p) εκφρασμένες σε μονάδες γενετικού (GCV) και φαινοτυπικού (PCV) συντελεστή παραλλακτικότητας ήταν 9.25% και 10.14 % αντιστοίχως οι οποίες μας παρέχουν καλή δυνατότητα αξιοποίησης σε προγράμματα βελτίωσης.

Η αλληλεπίδραση (10% της συνολικής φαινοτυπικής διακύμανσης) είναι μικρή (<20%), και παρά το γεγονός ότι είναι ισχυρά σημαντική ($P < 0.01$) δεν επηρεάζει την κατάταξη των ποικιλιών. Από την ανάλυση του ΣΑΤ η συμμετοχή του περιβάλλοντος (E) κατά 35.4% σημαίνει ότι τα αυτά δεν είναι διαφορετικά και δεν δημιουργούν πρόβλημα ώστε να υπάρχει ανάγκη για ειδική προσαρμοστικότητα (Πίν. 2.10). Από την ΕΣΔ, η δυνατότητα διαφοροποίησης μεταξύ των υβριδίων είναι 13%, έτσι σημασία έχει ο σχολιασμός των υβριδίων σε ομάδες σύμφωνα με την παραγωγική τους κατεύθυνση (Πίν. 2.11).

Εφαρμόζοντας συγκρίσεις 1 BE (Πίν. 2.11) φαίνεται ότι η κατεύθυνση K διαφέρει σημαντικά της E (ελαφρά υπέρτερη) και δεν διαφέρει των KE και W (υστερεί ελαφρά). Η KE (παραγωγικότερη) διαφέρει σημαντικά της E , ενώ δεν διαφέρει από την $W.T$ και τέλος η W (παραγωγικότερη) διαφέρει σημαντικά της E .

2.3.2. Γενετική και Φαινοτυπική συσχέτιση χαρακτηριστικών

Συσχετίσεις Απόδοσης Καρπού

Η φαινοτυπική συσχέτιση r_p της απόδοσης σε καρπό και σε άξονες (0.48), της απόδοσης σε καρπό και ολικό άμυλο (0.99) και της απόδοσης σε καρπό και βιομάζα (0.42) είναι θετική και στατιστικά σημαντική ($P < 0.001$). Οι αντίστοιχες τιμές της γενετικής συσχέτισης r_G ήταν από 0.55, 0.99 και 0.46. Με βάση τις τιμές οι οποίες πρόέκυψαν ο αντίστοιχος R^2 (Συντελεστής Προσδιορισμού) είναι 0.30, 1 και 0.21, έτσι για τα ζεύγη απόδοση σε καρπό και σε άξονες και απόδοση σε καρπό και βιομάζα ερμηνεύεται το 30% και το 21% αντίστοιχα της γενετικής παραλλακτικότητας. Το αποτέλεσμα αποτελεί μια χαμηλή αλλά λογική εκτίμηση η οποία δεν αφήνει πολλά περιθώρια για ταυτόχρονη βελτίωση των δυο χαρακτηριστικών. Παρά το γεγονός ότι οι συσχετίσεις είναι στατιστικά σημαντικές και προς την ευνοϊκή κατεύθυνση, απέχουν αρκετά από το όριο $r_G \geq 70$ που είναι κατάλληλο για βελτιωτικούς σκοπούς (Γούλας, προσωπική επικοινωνία). Αντιθέτως τα χαρακτηριστικά του ζεύγους απόδοσης σε καρπό και σε άμυλο είναι ταυτόσημα.

Από την άλλη πλευρά οι φαινοτυπικές συσχετίσεις r_p (0.48, 0.99 και 0.42 αντίστοιχα) είναι σημαντικές μεν αλλά περιορισμένης αξίας για τον βελτιωτή. Δηλαδή δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί το ένα χαρακτηριστικό για να βελτιωθεί το άλλο (πχ απόδοση σε βιομάζα και καρπό και το αντίστροφο), ερμηνεύοντας περίπου την μισή φαινοτυπική παραλλακτικότητα. Ενώ είναι φυσικά επιθυμητή η ταυτόχρονη βελτίωση για απόδοση σε καρπό και άξονες. Ο άριστος τύπος άξονα δεν είναι ξεκάθαρος από τα μέχρι τώρα δεδομένα, και ως εκ τούτου η πλέον υποσχόμενη προσέγγιση για την αύξηση της απόδοσης σε άξονες είναι η αύξηση της πυκνότητας. Η πυκνότητα του άξονα δεν συσχετίζεται με την απόδοση του άξονα σε καρπό, μήκος, διάμετρος και βάρος ενώ συσχετίζεται θετικά με την απόδοση σε άξονες (Jansen C., 2012).

Οι συσχετίσεις απόδοσης σε καρπό και σε βιομάζα, όπως αναφέρθηκε είναι θετικές και μέτρια ισχυρές ($r_G=0,46^{**}$ & $r_p=0,42^{**}$). Πολλές εργασίες (Loren et al., 2009; Willman et al., 1987; Bosch et al., 1994; Wolf et al., 1993; Polmer et al., 1978; Ferret et al., 1991; Lorenz A. J. et al., 2010), δηλώνουν θετική συσχέτιση μεταξύ αυτών των χαρακτηριστικών, ενώ καμία δεν έχει χαρακτηριστεί ως αρνητική. Δεν βρέθηκαν αποδείξεις στις εργασίες αυτές οι οποίες να υποδεικνύουν ότι ταυτόχρονη βελτίωση καρπού και βιομάζας μπορεί να παρεμποδίζεται από κάποια διαδικασία η οποία επιδρά στην κατανομή της ξηράς ουσίας με αποτέλεσμα να εκδηλώνεται ανταγωνισμός ώστε να δημιουργείται αρνητική συσχέτιση μεταξύ καρπού και βιομάζας. Εδώ πρέπει να σημειωθούν τρεις παρατηρήσεις:

A. Γενετικό Υλικό οπιμότερου βιολογικού κύκλου παράγει περισσότερη βιομάζα (Πίν. 2.12, Ισχυρή έως Πολύ ισχυρή συσχέτιση $r_G=0,64^{**}$ & $r_p=0,58^{**}$ μεταξύ Απόδοσης σε Βιομάζα και Ημερών Άνθισης)

B. Υψηλότερα φυτά συλλαμβάνουν περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία και

Γ. Η εξακρίβωση της γενετικής συσχέτισης μεταξύ καρπού και βιομάζας στην φυσιολογική ωρίμανση απαιτεί πειραματισμό προσεκτικά σχεδιασμένο για τον έλεγχο της διακύμανσης κατά την ωρίμανση καθώς και περιθωριακά τεμάχια. Στο σύγχρονο γενετικό υλικό παρατηρούνται αρκετές μορφολογικές και φυσιολογικές μεταβολές οι οποίες συνοδεύουν την απόδοση του καρπού και οι οποίες μπορούν να συνεισφέρουν στην ισχυρή συσχέτιση με την βιομάζα. Αυτές οι μεταβολές αφορούν κυρίως α) το ύψος του φυτού, όπου δεν υπάρχουν αποδείξεις ότι αυτό έχει μεταβληθεί διαχρονικά, β) την διάμετρο και το μέγεθος του στελέχους. Το σπάσιμο του στελέχους έχει μειωθεί διαχρονικά επιτρέποντας μηχανική συγκομιδή και αυξημένη πυκνότητα σποράς. Η αντοχή του στελέχους σχετίζεται με τη διάμετρο, την πυκνότητα του και την αυξημένη ξηρά ουσία, ιδιαίτερα κάτω από το ύψος έκφυσης της ρόκας, και πολύ πιθανόν να συνεισφέρει στην αύξηση του καρπού καθώς και στο βάρος του στελέχους ανά φυτό, γ) την επιφάνεια των φύλλων. Αυτή σαν συστατικό της βιομάζας συνδέεται απ ευθείας με την σύλληψη της ηλιακής ακτινοβολίας και επομένως συσχετίζεται ισχυρά με τη απόδοση σε καρπό και σε βιομάζα, αν και τα αποτελέσματα των μελετών δεν είναι ξεκάθαρα διότι σε άλλες μελέτες αναφέρεται αύξηση και σε άλλες όχι και δ) την διαδικασία της καθυστέρησης της γήρανσης. Είναι ένα στοιχείο που σχετίζεται με την απόδοση σε καρπό και είναι ο εύκολος δρόμος για την αύξηση της φωτοσύνθεσης και συνεπώς της παραγωγής σε βιομάζα. Διαφορές στην συγκέντρωση ξηράς ουσίας μεταξύ παλαιότερων και νεότερων υβριδίων έχουν βρεθεί και οι οποίες είναι μεγαλύτερες κατά την κρίσιμη περίοδο. Η καθυστέρηση της γήρανσης είναι ένα γνώρισμα υγιεινότερων γονοτύπων με καλλίτερη αντοχή στις καταπονήσεις. Ωστόσο δεν είναι γνωστό εάν οι απώλειες του στελέχους δημιουργούνται από την αυξημένη μετακίνηση ξηράς ουσίας στον σπάδικα η είναι ένας φυσικός περιοριστικός παράγοντας. Μεταγενέστερα αποτελέσματα έδειξαν ότι όσο νεότερο είναι το υβρίδιο τόσο περισσότερο ικανό είναι στην σύλληψη της ηλιακής ακτινοβολίας κατά την διάρκεια της περιόδου γεμίσματος, αποτρέποντας

έτσι την μετακίνηση ξηράς ουσίας με αποτέλεσμα την μέγιστη απόδοση σε καρπό (Lorenz A. J. et al., 2010).

Εδώ θα πρέπει να λάβουμε υπ όψιν ότι ένα μέρος της βιομάζας θα πρέπει να παραμένει στον αγρό για την συντήρηση της γονιμότητας του εδάφους. Οι Sheehan et al. (2004), προτείνουν ότι στις παρούσες συνθήκες (συνεχής καλλιέργεια καλαμποκιού) το 40 % θα πρέπει να συγκομίζεται ενώ άλλη μελέτη ανεβάζει το ποσοστό αυτό στο 75% Blanco- Canquiand (2010). Η μέτρια θετική συσχέτιση μεταξύ απόδοσης σε καρπό και σε βιομάζα, μαζί με το βιώσιμο ποσόν βιομάζας το οποίο μπορεί να συγκομισθεί οδηγεί στο συμπέρασμα ότι για παραγωγή βιοαιθανόλης β' γενεάς έχει μεγαλύτερη σημασία η βελτίωση ως προς την ποιότητα της βιομάζας από την απόδοση σε βιομάζα ανά μονάδα επιφανείας.

Αρνητικές και ασθενείς είναι οι συσχετίσεις της απόδοσης σε καρπό με την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη % της ξηράς ουσίας ($r_G=-0.05$ & $r_p=-0.05$ αντίστοιχα).

Πίνακας 2.12: Γενετικές και Φαινοτυπικές Συσχετίσεις Αγρονομικών Χαρακτηριστικών Γενετικού Υλικού σε έξι (6) Αγρονομικά Περιβάλλοντα 2008-2011.

Φαινοτυπικές συσχετίσεις (r_p)	Γενετικές συσχετίσεις (r_G)							
	Συσχετίσεις	Απόδοση Καρπού	Άμυλο % ξ.ο.	Απόδοση Αμύλου	Απόδοση Αξόνων	Απόδοση Βιομάζας	Πρωτεΐνη % ξ.ο.	Ήμερες Άνθισης
Απόδοση Καρπού		-0.231	0.999	0.551	0.458	-0.049	0.188	0.002
Άμυλο % ξ.ο.	-0.103		-0.207	-0.037	-0.208	-0.412	0.000	-0.292
Απόδοση Άμυλου	0.999	-0.069		0.554	0.507	-0.063	-0.003	-0.292
Απόδοση Αξόνων	0.482	-0.076	0.481		0.923	0.127	0.746	0.502
Απόδοση Βιομάζας	0.418	-0.151	0.449	0.647		0.153	0.645	0.337
Πρωτεΐνη % ξ.ο.	-0.056	-0.440	-0.073	0.139	0.115		0.191	0.532
Ήμερες Άνθισης	0.138	0.088	0.055	0.473	0.577	0.170		0.614
Ύψος Φυτών	0.020	-0.177	0.014	0.384	0.310	0.391	0.578	

Συσχετίσεις Αμυλοπεριεκτικότητας (% ξ. ο.).

Η φαινοτυπική r_p και η γενετική r_G συσχέτιση των ζευγών περιεκτικότητας σε άμυλο % και απόδοσης σε καρπό (-0.1, -0.23), περιεκτικότητας σε άμυλο % και απόδοσης σε άμυλο (-0.07, -0.21), περιεκτικότητας σε άμυλο % και απόδοσης σε άξονες (-0.07, -0.03) καθώς και περιεκτικότητας σε άμυλο % και απόδοση σε βιομάζα (-0.15, -0.21) είναι στο σύνολο τους αρνητικές και ασθενείς. Η περιεκτικότητα του καρπού σε άμυλο σχετίζεται ισχυρά αρνητικά με την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη ($r_G = -0,41^{**}$ & $r_p = -0,44^{**}$) γεγονός το οποίο συνάδει απόλυτα με την βιβλιογραφία. Τα παραπάνω αποτελέσματα αυτά δεν επιτρέπουν την ταυτόχρονη βελτίωση των δυο χαρακτηριστικών.

Παρά το γεγονός ότι δεν υπάρχουν άμεσα διαθέσιμα δεδομένα, έμμεσες ενδείξεις υποδηλώνουν ότι η περιεκτικότητα του αμύλου μπορεί να μετασχηματιστεί με βελτιωτικά προγράμματα. Υπάρχουν ήδη ποικιλίες με περιεκτικότητα πρωτεϊνών 4,5% και άλλες με περιεκτικότητα λιπαρών 1% (Dudley, 1977). Η μείωση της περιεκτικότητας των πρωτεϊνών στο 6% και των λιπαρών στο 3% στα εμπορικά υβρίδια φαίνεται να είναι ένας ρεαλιστικός στόχος. Συνεπώς μπορεί να είναι αναμενόμενη μια αύξηση της περιεκτικότητας των υδατανθράκων κατά 4 έως 5 ποσοστιαίων μονάδων. Η μείωση των ινών και της τέφρας από τα υπάρχοντα επίπεδα φαίνεται απίθανο και ίσως χωρίς σημασία διότι η περιεκτικότητα αυτών δεν ξεπερνά το 3% του βάρους (Alexander D. E., 1988).

Συσχετίσεις Απόδοσης Αμύλου (ολικό άμυλο).

Η φαινοτυπική συσχέτιση r_p των ζευγών απόδοσης σε άμυλο και σε άξονες (0.48), απόδοσης σε άμυλο και απόδοσης βιομάζα (0.45) είναι θετική και στατιστικά σημαντική ($P < 0.001$). Οι αντίστοιχες τιμές της γενετικής συσχέτισης r_G είναι από 0.55 και 0.51. Ο R^2 είναι αντίστοιχα για την r_G 0.30 και 0.26, έτσι για τα ζεύγη απόδοση σε άμυλο και σε άξονες και απόδοση σε άμυλο και βιομάζα ερμηνεύεται το 30% και το 26% αντίστοιχα της γενετικής παραλλακτικότητας. Το αποτέλεσμα δεν αφήνει πολλά περιθώρια για ταυτόχρονη βελτίωση των δυο χαρακτηριστικών. Γενικότερα οι συσχετίσεις της απόδοσης σε άμυλο ακολουθούν αυτές της απόδοσης σε καρπό παρέχοντας μας ακριβώς τις ίδιες δυνατότητες. Αρνητικές, ασθενείς έως μέτριες είναι οι συσχετίσεις και με την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη ($r_G = -0,06^{ns}$, $r_p = -0,07^{ns}$) αντίστοιχα.

Συσχετίσεις Απόδοσης Αξόνων.

Η φαινοτυπική συσχέτιση r_p του ζεύγους απόδοσης σε άξονες και βιομάζας 0.65 είναι θετική και στατιστικά σημαντική ($P < 0.001$). Η αντίστοιχη τιμή της γενετικής συσχέτισης r_G είναι 0.92, πολύ πάνω από το όριο $r_G \geq 0.70$ που είναι κατάλληλο για βελτιωτικούς σκοπούς. Με βάση τις τιμές οι οποίες πρόεκυψαν ο R^2 για την r_G είναι 0.85, ερμηνεύονται έτσι το 85% της γενετικής παραλλακτικότητας. Το αποτέλεσμα αποτελεί μια εκτίμηση η οποία προκρίνει την ταυτόχρονη βελτίωση των δυο χαρακτηριστικών.

Επειδή όπως αναφέρθηκε παραπάνω ο άριστος τύπος άξονα δεν είναι ξεκάθαρος από τα μέχρι τώρα δεδομένα, και ως εκ τούτου η πλέον υποσχόμενη προσέγγιση για την αύξηση της απόδοσης σε άξονες είναι η αύξηση της πυκνότητας τους οδηγούμεθα στο συμπέρασμα ότι για παραγωγή βιοαιθανόλης β' γενεάς είναι περισσότερο καίριο να βελτιώνεται η ποιότητα τόσο των αξόνων όσο και της βιομάζας παρά η απόδοση ανά μονάδα επιφανείας (Jansen C., 2012; Barten J., 2013).

Είναι σημαντικό να αναφερθεί επίσης ότι η φαινοτυπική συσχέτιση r_p των ζευγών απόδοσης σε άξονες και ημέρες άνθισης (0.47) και απόδοσης σε άξονες και ύψος φυτού (0.38) είναι θετική και στατιστικά σημαντική. Οι αντίστοιχες τιμές της γενετικής συσχέτισης r_G είναι 0.75, (πάνω από το όριο $r_G \geq 0.70$) και 0.50. Ο Συντελεστής Προσδιορισμού R^2 για την r_G είναι 0.56, ερμηνεύονται έτσι το 56 % και 0.25% της γενετικής παραλλακτικότητας αντίστοιχα. Με βάση τα παραπάνω, υπάρχουν πολλά περιθώρια για ταυτόχρονη βελτίωση των χαρακτηριστικών απόδοσης σε άξονες και ημέρες ανθοφορίας. Η συσχέτιση της απόδοσης σε άξονες με την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη είναι θετική, ασθενής σε κάθε περίπτωση μη σημαντική ($r_G=0.127^{ns}$, $r_p=0.139^{ns}$).

Συσχετίσεις Απόδοσης Βιομάζας.

Η Φαινοτυπική συσχέτιση r_p των ζευγών απόδοσης σε βιομάζα και ημέρες άνθισης (0.58) και απόδοσης σε βιομάζα και ύψος φυτού (0.31) είναι θετική και στατιστικά σημαντική. Οι αντίστοιχες τιμές της γενετικής συσχέτισης r_G είναι 0.65, (περίπου στο όριο $r_G \geq 0.70$ κατάλληλο για βελτιωτικούς σκοπούς) και 0.34. Με βάση τις τιμές οι οποίες προέκυψαν, ο Συντελεστής Προσδιορισμού R^2 για την r_G είναι 0.42, και 0.115 ερμηνεύοντας 42% και 11.5% της γενετικής παραλλακτικότητας αντίστοιχα. Το αποτέλεσμα αποτελεί μια εκτίμηση η οποία δεν αφήνει πολλά περιθώρια για ταυτόχρονη βελτίωση των χαρακτηριστικών απόδοσης σε βιομάζα και ημέρες ανθοφορίας, παρά το γεγονός ότι οι συσχετίσεις είναι σημαντικές και προς ευνοϊκή κατεύθυνση. Ασθενείς, θετικές μη στατιστικά σημαντικές οι συσχετίσεις με την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη ($r_G=0.153^{ns}$, $r_p=0.115^{ns}$)

2.3.3. Γενετικές παράμετροι

Συντελεστής κληρονομικότητας συνδυασμένης ανάλυσης

Τα δεδομένα που προέκυψαν δίνουν την δυνατότητα εκτίμησης του συντελεστή κληρονομικότητας, δηλαδή την γενετική διαφοροποίηση μεταξύ των χρησιμοποιούμενων γονοτύπων. Αποτελεί σαφώς υπερεκτιμημένη λόγω του αριθμού των δειγμάτων αλλά ταυτόχρονα και ενδιαφέρουσα διότι δίνει μια εικόνα της δυνατότητας του βελτιωτικού χειρισμού των κατάλληλων χαρακτηριστικών.

Οι συντελεστές κληρονομικότητας (H) των υπό μελέτη γνωρισμάτων οι οποίοι εκτιμήθηκαν για τους έξι πειραματικούς αγρούς (2008-2011) ήταν γενικά στο εύρος

των αναμενόμενων. Χαρακτηρίζονται πολύ υψηλοί για τα χαρακτηριστικά της απόδοσης σε καρπό (78.96%), σε βιομάζα (85.65%), σε ολικό άμυλο (78.41%), της περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (78,13%), του Ύψους Φυτού (94.79%), των Ημερών Ανθοφορίας (94.30%), της Υγρασία καρπού (89,26%) [Παράρτημα Π.Π 2.1] και την απόδοση σε βιοαιθανόλη ανεξάρτητα από την από την πρώτη υλη (83.14%). Ο συντελεστής κληρονομικότητας της περιεκτικότητας σε άμυλο ήταν υψηλός (61.78%), ενώ μέτριος ήταν ο συντελεστής κληρονομικότητας της απόδοσης σε άξονες (49.34%). Ο χαρακτηρισμός του συντελεστή κληρονομικότητας, με βάση τις παρατηρηθείσες τιμές βασίστηκε στην κατάταξη που προτάθηκε από τους Hallauer et al. (1988), κατά τους οποίους, δείκτες κληρονομικότητας υπό ευρεία έννοια, μεγαλύτεροι του 70%, 50-70%, 30-50% και μικρότεροι του 30% χαρακτηρίζονται ως πολύ υψηλοί, υψηλοί, μέτριοι και χαμηλοί αντίστοιχα. Σύμφωνα με τους Hallauer, Carena, Miranda, (Hallauer A. R. et al., 1988), η αξιολόγηση του συντελεστή κληρονομικότητας σε 19 χαρακτηριστικά διαφόρων πληθυσμών καλαμποκιού, έδωσε αποτελέσματα άλλα εκ των οποίων διαφέρουν αρκετά και άλλα συμφωνούν με αυτά της παρούσας μελέτης. Σε αυτά οι συντελεστές κληρονομικότητας για την απόδοση σε καρπό ήταν 18.7%, την περιεκτικότητας του καρπού σε τεχνολογικά χαρακτηριστικά (λιπαρά %ξ.ο) ήταν 76.7, για τα βασικά χαρακτηριστικά των αξόνων για την παραγωγή βιοαιθανόλης ήτοι διάμετρο και μήκος ήταν αντίστοιχα 37.0% και 38.1%, ενώ του ύψους του φυτού ήταν 66.2%, της ανθοφορίας 57.9% και της υγρασίας του καρπού 62.0%.

Σε μελέτη για την δυνατότητα της ταυτόχρονης βελτίωσης της απόδοσης σε καρπό και χαρακτηριστικών βιομάζας για την παραγωγή βιοαιθανόλης, οι Bernardo R. et al. (Lewis M. F. et al., 2010) σε 223 ανασυνδεδεμένες ομόμεικτες σειρές προερχόμενες από την διασταύρωση των B73 x Mo17 εκτίμησαν τον συντελεστή κληρονομικότητας (H) για την απόδοση σε καρπό ίσο με 50% ενώ οι αντίστοιχοι συντελεστές κληρονομικότητας της υγρασίας καρπού και του ύψους του φυτού ήταν 86% και 76%, επί πλέον για την περιεκτικότητα της γλυκόζης του στελέχους ήταν 63%.

Το μέγεθος του εκτιμώμενου συντελεστή κληρονομικότητας (H) εξαρτάται από την επίδραση του περιβάλλοντος, και τον συγκεκριμένο πληθυσμό (ποσοστό της γενετικής διακύμανσης, βαθμός ομομιξίας). Η απόδοση σε καρπό είναι το χαρακτηριστικό το οποίο έχει μελετηθεί με λεπτομέρεια στην βελτίωση του καλαμποκιού. Η εκτίμηση του συντελεστή κληρονομικότητας μειώνεται όσο αυξάνονται οι παράγοντες οι οποίοι συμβάλλουν στην αύξηση του μεγέθους της αλληλεπίδρασης γονοτύπου και περιβάλλοντος (Javier Betran F. et al., 2004). Ο συντελεστής κληρονομικότητας υπό την ευρεία έννοια, παρέχει σημαντικές πληροφορίες για τη δυνατότητα επιλογής υπέρτερων γονοτύπων βάσει της φαινοτυπικής απόδοσης (Prasad B. et al., 2001; Habib S.H. et al., 2005). Έτσι, χαρακτηριστικά που παρουσιάζουν υψηλούς δείκτες κληρονομικότητας διευκολύνουν

την αξιόπιστη επιλογή με σκοπό την περαιτέρω βελτίωση επιθυμητών γνωρισμάτων (Deepalakshmi A. J. and Ganesamurthy K., 2007).

Με δεδομένο ότι ο συντελεστής κληρονομικότητας αποτελεί χαρακτηριστικό συγκεκριμένου γενετικού υλικού και συγκεκριμένου περιβάλλοντος, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης παρέχουν αισιόδοξες προοπτικές για την διεξαγωγή σχετικού προγράμματος γενετικής βελτίωσης ποικιλιών καλαμποκιού για παραγωγή βιοαιθανόλης, αξιοποιώντας το γενετικό υλικό που αξιολογήθηκε.

Γενετικός και Φαινοτυπικός δείκτης συνδυασμένης ανάλυσης.

Οι απόλυτες τιμές της φαινοτυπικής και γονοτυπικής διακύμανσης εκφράστηκαν σε σχετικές τιμές συντελεστών παραλλακτικότητας (PCV, GCV). Οι τιμές οι οποίες εμφανίζονται στον Πίν 2.10 είναι μέτριες έως χαμηλές. Αυτό ήταν αναμενόμενο λόγω του δείγματος το οποίο χρησιμοποιήθηκε, δηλαδή εμπορικά υβρίδια εγνωσμένης παραγωγικής αξίας.

Οι Habib et al. (2005) εκτίμησαν τις αντίστοιχες γενετικές παραμέτρους διαφόρων γνωρισμάτων σε γονοτύπους ρυζιού. Όπως και στην παρούσα μελέτη, ο PCV ήταν σταθερά ανώτερος του GCV παρουσιάζοντας σημαντική υπεροχή (9.86 % έως και 29.76%) για τα υπό μελέτη γνωρίσματα και μόνο για τις ημέρες άνθισης, την υγρασία του καρπού και το ύψος του φυτού παρουσίασε ελαφρά υπεροχή (2.46-5.55%). Οι συντελεστές φαινοτυπικής και γενετικής παραλλακτικότητας που εκτιμήθηκαν από 10 έως 20% χαρακτηρίστηκαν ως μέτριοι, ενώ αυτοί που ξεπέρασαν το 20% ως υψηλοί. Σε μελέτη για τα συστατικά της απόδοσης του καλαμποκιού οι Alvi et al. (2003), εκτίμησαν τους συντελεστές αυτούς σε αντίστοιχα επίπεδα τα οποία όμως ποικίλουν ανάλογα με τα υπό μελέτη γνώρισμα. Η κρατούσα άποψη μεταξύ των βελτιωτών είναι πως για βελτιωμένο γενετικό υλικό επιδιώκεται δείκτης GCV από 12 έως 14 % (τουλάχιστον πάνω από 10%), διαφορετικά η πρόοδος θα είναι μικρή και επίπονη (Γούλας, προσωπική επικοινωνία). Οι υψηλοί GCV και PCV για τα χαρακτηριστικά της απόδοσης σε βιομάζα και της αντίστοιχα παραγόμενης βιοαιθανόλης και οι αντίστοιχοι μέτριοι συντελεστές για την απόδοση σε ολικό άμυλο, που εκτιμήθηκαν στην παρούσα μελέτη συμφωνούν επίσης με αντίστοιχες εκτιμήσεις των GCV και PCV από τους Tomar et al. (2012).

Μικρές διαφορές μεταξύ των GCV και PCV, όπως και ένας υψηλός συντελεστής κληρονομικότητας (H) υποδεικνύουν την χαμηλή επίδραση του περιβαλλοντικού παράγοντα στο υπό μελέτη γνώρισμα, ενώ αντίθετα, μεγάλες διαφορές υπέρ του PCV, όπως και χαμηλός συντελεστής κληρονομικότητας επιβεβαιώνουν την έντονη επίδραση περιβάλλοντος (Alvi et al., 2003). Επίσης, ο Burton (1952) πρότεινε πως χαρακτηριστικά τα οποία παρουσιάζουν υψηλούς συντελεστές κληρονομικότητας και ταυτόχρονα υψηλούς συντελεστές γενετικής παραλλακτικότητας δύνανται να

επιλεγούν ευχερέστερα, όπως στην περίπτωση της βιομάζας, παρέχοντας αξιόπιστες πληροφορίες για την αναμενόμενη πρόοδο επιλογής.

Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής, γίνεται κατανοητό, πως ενδεχόμενη επιλογή υπέρτερων γονοτύπων θα μπορούσε να γίνει επιλέγοντας ταυτόχρονα γονοτύπους που χαρακτηρίζονται από υψηλή απόδοση σε καρπό και σε βιομάζα μεγιστοποιώντας έτσι τη θεωρητικά αναμενόμενη απόδοση της βιοαιθανόλης.

2.3.4. Εφαρμογή του νέου δείκτη αξιολόγησης της απόδοσης για την παραγωγή βιοαιθανόλης α' και β' γενεάς.

Σύμφωνα με τη συνδυασμένη ανάλυση των μετασχηματισμένων τιμών (του δείκτη) των έξι περιβαλλόντων, εφαρμόζοντας συγκρίσεις 1 ΒΕ ως προς τις παραγωγικές κατευθύνσεις, προκύπτει ότι η συνολική απόδοση σε βιοαιθανόλη της παραγωγικής κατεύθυνσης *K* δεν διαφέρει στατιστικά σημαντικά από αυτές του *KE* και *W*, ενώ διαφέρει από αυτήν του *E*. Η παραγωγική κατεύθυνση *KE* δεν διαφέρει στατιστικά σημαντικά από αυτήν του *E* ενώ διαφέρει από αυτήν του *W*, τέλος η παραγωγική κατεύθυνση *E* δεν διαφέρει στατιστικά σημαντικά από αυτήν του *W* (Πίν. 2.13).

Πίνακας 2.13. Σύγκριση παραγωγικών κατευθύνσεων με βάση τον νέο δείκτη επιλογής-αξιολόγησης.

	Παραγωγική Κατεύθυνση	Μέση Τιμή Δείκτη Επιλογής-Αξιολόγησης
Μέση Τιμή	K	50.19
	KE	50.92
	E	49.95
	W	51.42
	ΕΣΔ (.05)	1.48
	K vs KE	ns
	K vs E	*
	K vs W	ns
	KE vs E	ns
	KE vs W	*
	E vs W	ns

Σύμφωνα με τη συχνότητα κατάταξης των υβριδίων στην κλίμακα 0-100 με βάση τις μετασχηματισμένες τιμές, στην κλάση 100 όπου αντιπροσωπεύεται η υψηλότερη

παραγωγικότητα, τα υβρίδια της παραγωγικής κατεύθυνση καρπού, ενσιρώματος (KE) αποτελούν το 78.57% των συμμετεχόντων, του καρπού (E) το 10.71% ενώ τα υβρίδια των Waxy (W) και ενσιρώματος (E) 7.14 και 3.57% αντίστοιχα. Από τα υβρίδια καρπού και ενσιρώματος (KE) τα H2, H9, H7, συναντώνται στην κλάση αυτή με συχνότητα 21,43%, 21,43% και 17,85% αντίστοιχα. Οι ποικιλίες αυτές αναμένεται να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην παραγωγή βιοαιθανόλης πρώτης και δεύτερης γενιάς.

Στην κλάση 0 όπου αντιπροσωπεύεται η χαμηλότερη παραγωγικότητα, τα υβρίδια της παραγωγικής κατεύθυνση καρπού και ενσιρώματος (KE) αποτελούν το 20.68% των συμμετεχόντων, του καρπού (E) το 72.41%, ενώ τα υβρίδια των Waxy (W) και ενσιρώματος (E) 0% και 6.89% αντίστοιχα. Από τα υβρίδια καρπού (E) τα H15, H16, H18 συναντώνται στην κλάση αυτή με συχνότητα 17.24%, 13.79% και 13.79% αντίστοιχα.

2.4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε με βάση εκτεταμένο πειραματισμό, ειδικά σχεδιασμένο για να μελετήσει τις ποικιλίες και τις παραγωγικές κατευθύνσεις, τα διάφορα περιβάλλοντα και την αλληλεπίδραση των δύο αυτών παραγόντων. Μόνο με τον τρόπο αυτό είναι δυνατό να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για την παραγωγικότητα και τη σταθερότητα των ποικιλιών και επίσης να καταδειχτεί η καταλληλότερη παραγωγική κατεύθυνση, η οποία με τους κατάλληλους καλλιεργητικούς χειρισμούς που θα επιτρέψει την βιώσιμη και αειφορική παραγωγή βιοκαυσίμων. Παράλληλα, η συστηματική αυτή αξιολόγηση των ποικιλιών εξασφαλίζει μια αξιόπιστη εκτίμηση των γενετικών εκείνων παραμέτρων που είναι απαραίτητες για τον ορθολογικό σχεδιασμό προγραμμάτων γενετικής βελτίωσης για δημιουργία ομόμεικτων σειρών καλαμποκιού προσαρμοσμένων στις εδαφικές και κλιματικές συνθήκες της χώρας μας.

Από την μελέτη των αποτελεσμάτων τα γενικά συμπερασματικά που προκύπτουν συνοψίζονται ως εξής:

Το παραγωγικό δυναμικό των καλύτερων εμπορικών υβριδίων που καλλιεργούνται σήμερα στη χώρα μας είναι ιδιαίτερα υψηλό και επιτρέπει την άμεση και αξιόπιστη αξιοποίηση του για παραγωγή βιοαιθανόλης πρώτης η/και δεύτερης γενιάς εάν υπάρξουν οι κατάλληλες παραγωγικές μονάδες.

Με δεδομένη τη σχετική βαρύτητα της απόδοσης του καρπού στην διαμόρφωση του ολικού αμύλου, που με τη σειρά του διαμορφώνει την τελικώς παραγόμενη ποσότητα βιοαιθανόλης πρώτης γενιάς, η απόδοση του καρπού αποτελεί τον σημαντικότερο συντελεστής διαφοροποίησης μεταξύ των ποικιλιών. Εξάλλου, οι διαφορές οι οποίες παρατηρήθηκαν ως προς την αμυλοπεριεκτικότητα (%) του καρπού ήταν μεν

σημαντικές, αλλά οφείλονταν σε ακραίες τιμές που καθορίζονται από τη χρήση των υβριδίων waxy. Επομένως δεν παρέχουν την πρακτική δυνατότητα για διαφοροποίηση των υβριδίων.

Όπως βρέθηκε για όλα τα γνωρίσματα, η εκατοστιαία συμμετοχή της παραλλακτικότητας που οφείλεται στην αλληλεπίδραση γονότυπου και περιβάλλοντος κυμαίνεται από 15-20%. Το ποσοστό αυτό θεωρείται μικρό, και αντιστοιχεί κυριότατα σε αλληλεπίδραση μεγέθους. Για το συγκεκριμένο υλικό επομένως, ο μέσος όρος συμπεριφοράς όπως προέκυψε από τον πειραματισμό αποδίδει με ικανοποιητική πιστότητα το παραγωγικό δυναμικό των γονοτύπων στις ζώνες καλλιέργεια του καλαμποκιού στη χώρα μας.

Οι τρεις πλέον αποδοτικές ποικιλίες για την παραγωγή βιοαιθανόλης πρώτης γενιάς, ήταν αποδοτικότερες και για την παραγωγή βιοαιθανόλης δεύτερης γενιάς. Αυτό επιτρέπει τη ιδιαίτερα επιθυμητή συνδυασμένη χρήση παραγωγής των ποικιλιών αυτών τόσο για ζωοτροφές όσο και για την παραγωγή βιοαιθανόλης δεύτερης γενιάς.

Η διαθέσιμη γενετική παραλλακτικότητα για όλα τα χαρακτηριστικά που αξιολογήθηκαν ήταν περιορισμένη. Έτσι η γενετική πρόοδος με μαζική επιλογή, υλικού που θα προκύψει από τις συγκεκριμένες εμπορικές ποικιλίες, προβλέπεται να είναι βραδεία. Αντίθετα, επιλογή με βάση απογονικά σχήματα, πχ. S₁ οικογένειες, αναμένεται να παράσχει καλύτερη γενετική πρόοδο.

Η περιορισμένη φαινοτυπική και γονοτυπική διαφοροποίηση σε όλα τα χαρακτηριστικά, παρά το γεγονός ότι προέρχονται από διαφορετικούς παραγωγικούς οίκους ήταν αναμενόμενη με δεδομένο ότι όλες οι εμπορικές ποικιλίες που αξιολογήθηκαν ήταν υβρίδια υψηλού παραγωγικού δυναμικού.

Η μέτρια συσχέτιση μεταξύ των αγρονομικών χαρακτηριστικών (απόδοση σε καρπό, απόδοση σε άξονες και απόδοση σε βιομάζα) μας περιορίζει σημαντικά ως προς την δυνατότητα για επιλογή. Παρά το ότι η γενετική συσχέτιση της απόδοσης σε καρπό ήταν μέτρια ισχυρή με την απόδοση σε άξονες και σε βιομάζα, μόνο η συσχέτιση της με το ολικό άμυλο είναι αρκούντως ισχυρή ώστε να επιτρέπει την ταυτόχρονη βελτίωση των δύο γνωρισμάτων. Οι συσχετίσεις της απόδοσης σε άμυλο ακολουθούν αυτές της απόδοσης σε καρπό παρέχοντας μας ακριβώς τις ίδιες δυνατότητες.

Η αρνητική συσχέτιση της απόδοσης σε καρπό με την εκατοστιαία περιεκτικότητα σε άμυλο είναι ιδιαίτερα μικρή και επομένως δεν υφίσταται δυνατότητα ταυτόχρονης βελτίωσης τους. Η θετική συσχέτιση της απόδοσης σε άξονες και σε βιομάζα είναι υψηλή και αποτελεί μια εκτίμηση η οποία προκρίνει την ταυτόχρονη βελτίωση των δυο χαρακτηριστικών.

Η συσχέτιση της απόδοσης σε βιομάζα τόσο με τις ημέρες άνθισης όσο και με το ύψος φυτού είναι θετική και στατιστικά σημαντική. Σε πρακτικό επίπεδο όμως, το

απόλυτο μέγεθος της δεν αφήνει πολλά περιθώρια για ταυτόχρονη βελτίωση των χαρακτηριστικών.

Ο νέος δείκτης αξιολόγησης-επιλογής που δημιουργήθηκε στο πλαίσιο της μελέτης, παρέχει σημαντικές δυνατότητες αξιοποίησής του από σχετικά βελτιωτικά προγράμματα. Από την εφαρμογή του στα δεδομένα αυτής της διατριβής, διαφοροποιήθηκε σημαντικά η παραγωγική κατεύθυνση καρπού έναντι του ενσιρώματος. Με βάση τον ίδιο δείκτη, είναι εμφανές ότι οι μεγαλύτερη ποσότητα βιοαιθανόλης (σύνολο πρώτης και δεύτερης γενιάς) μπορεί να προέλθει από την καλλιέργεια ποικιλιών διπλής χρήσης, δηλαδή για καρπό και ενσίρωμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ ΠΡΩΤΗΣ ΓΕΝΙΑΣ

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η μελέτη αυτής της ενότητας της διατριβής είχε ως σκοπό

- την επιλογή γενετικού υλικού τοπικών Ελληνικών πληθυσμών, διαφόρου προελεύσεως, ώστε αυτό να αποτελέσει αρχικό υλικό βελτιωτικού προγράμματος με στόχο την παραγωγή πρώτης και δεύτερης γενιάς βιοαιθανόλης. Πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση των πληθυσμών για την επιλογή των διασταυρώσεων και τον τελικό προσδιορισμό της πλέον επιθυμητής πηγής για το βελτιωτικό πρόγραμμα.
- τη διερεύνηση της αποτελεσματικότητας της αμφίπλευρης (αποκλίνουσας) μαζικής επιλογής για υψηλή και χαμηλή απόδοση σε ολικό άμυλο μονάδα επιφανείας, με στόχο τη δημιουργία χρήσιμης γενετικής παραλλακτικότητας από ένα πληθυσμό, ο οποίος προέκυψε από την διασταύρωση σύγχρονου γενετικού υλικού (εμπορικό υβρίδιο) με τοπικό Ελληνικό αβελτίωτο γενετικό υλικό

3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα βελτιωτικά προγράμματα αξιοποιούν σήμερα ένα μικρό μέρος των διαθέσιμων ανά τον κόσμο γενετικών πηγών. Οι βελτιωτές κυρίως του ιδιωτικού τομέα εστιάζονται σε αυξήσεις βραχυπρόθεσμων βελτιωτικών στόχων, δημιουργώντας έτσι μια στενή γενετική βάση για την δημιουργία εμπορικών υβριδίων. Η γενετική παραλλακτικότητα είναι περιορισμένη σε μια κυρίως φυλή (Corn Dent Belt) από τις περίπου 300 οι οποίες υπάρχουν ανά την υφήλιο, με άλλα λόγια χρησιμοποιείται λιγότερο από το 1% των διαθέσιμων πηγών γενετικού υλικού. Μόνο ένας μικρός αριθμός ελεύθερα επικονιαζόμενων ποικιλιών (OPv) αποτελούν την γενετική βάση και τα θεμέλια των περισσότερων γονικών ομόμεικτων σειρών οι οποίες χρησιμοποιούνται σήμερα στις ΗΠΑ και τον υπόλοιπο κόσμο (Troyer, 1999). Οι ελεύθερα επικονιαζόμενες ποικιλίες χρησιμοποιήθηκαν αρχικά για την δημιουργία της πρώτης γενιάς των ομόμεικτων σειρών. Μετά από την πρώτη επιλογή των OPv, η έμφαση για την δημιουργία ομόμεικτων σειρών στράφηκε στην χρήση των βελτιωμένων πληθυσμών, οι όποιοι δημιουργήθηκαν διασταυρώνοντας ομόμεικτες σειρές και επιλεγμένους απογόνους οι οποίοι είχαν επιθυμητά χαρακτηριστικά και από τους δυο γονείς (Hallauer, 1990). Η βελτίωση σε αυτούς τους πληθυσμούς έγινε κυκλικά και για δυο, τρεις, τέσσερις κλπ. γενεές, με συνεπεία στα περισσότερα

υβρίδια να υπάρχουν ίχνη από έξι έως οκτώ *elite* ομόμεικτων σειρών (B14, B37, B73, Oh43, Mo17, C193 κλπ) (Goodman, 1992) γεγονός το οποίο επιβεβαιώνεται και με μελέτες βασισμένες σε μοριακούς δείκτες (Smith et al., 1999). Η στενή γενετική βάση κάνει ευάλωτη την καλλιέργεια σε εχθρούς και ασθένειες. Η έλλειψη των κατάλληλων ανθεκτικών αλληλομόρφων αποδεδείχθηκε στην καταστροφική επιδημία από το *Bipolaris maydis* race T το 1970 στις ΗΠΑ.

Παρά το γεγονός ότι η γενετική πρόοδος στο καλαμπόκι προφανώς δεν έχει μειωθεί, η συνεχής εντατική επιλογή από το ίδιο γενετικό υλικό μειώνει την γενετική παραλλακτικότητα και περιορίζει την δυνατότητα αύξησης της. Αυτό το όποιο ονομάζεται εξωτικό γενετικό υλικό (exotic germplasm - EG) στο καλαμπόκι μπορεί να οριστεί σαν το γενετικό υλικό (ομόμεικτες σειρές, υβρίδια, ελεύθερα επικονιαζόμενες ποικιλίες (OPv), συνθετικές ποικιλίες και οποιοδήποτε άλλο διαθέσιμο γενετικό απόθεμα το οποίο δεν έχει αξιολογηθεί, επιλεγεί και χρησιμοποιηθεί για βελτιωτικούς σκοπούς, σε κάποια συγκεκριμένη περιοχή. Έτσι αυτό το οποίο θεωρείται τοπικό σε μια περιοχή μπορεί να είναι EG για μια άλλη. Το EG αποτελεί μια καλή δεξαμενή αλληλομόρφων και συνδυασμού αλληλομόρφων, από την στιγμή κατά την οποία ταυτοποιηθεί και μπορεί ενσωματωθεί η να συνδυαστεί με τις elite ομόμεικτες σειρές (Betran F. J. et al., 2003).

Η χρήση του EG ως πηγή η οποία μπορεί να συνεισφέρει με αλληλόμορφα για την αύξηση της απόδοσης, την αντοχή σε εχθρούς και ασθένειες, την αντοχή σε αβιοτικές καταπονήσεις και να προσθέσει επιπλέον αξία στο καλαμπόκι των ευκράτων κλιμάτων, έχει τύχει μικρής προσοχής. Αιτία είναι η μικρή συνολική απόδοση του, η μικρή βελτίωση που έχει δεχθεί και η έλλειψη προσαρμοστικότητας του. Τρεις είναι οι πηγές του *exotic germplasm* των ευκράτων κλιμάτων: α) Αργεντινή, Ευρώπη, Ν Αφρική, β) Lowland tropics και γ) Highland tropics. Βελτιωμένο και διαθέσιμο *exotic germplasm* υπάρχει σε διεθνή και εθνικά, ιδρύματα (πχ. CIMMYT, EMBRAPA) καθώς και στα βελτιωτικά προγράμματα εταιρειών σποροπαραγωγής (πχ. Asgrow, Dekalb, Pioneer κλπ).

Η μορφή του EG που χρησιμοποιείται σε προγράμματα δεν είναι στατική. Το γενετικό αυτό υλικό είναι ευρείας γενετικής βάσης και αποτελεί μια γενική γενετική πηγή, όμως η τάση είναι ο συνδυασμός των χαρακτηρισμένων και διαθέσιμων εξωτικών ομόμεικτων σειρών, με ομόμεικτες σειρές προερχόμενες από βελτιωμένους πληθυσμούς. Η βιοτεχνολογία μπορεί να διευκολύνει στην ακριβή ανάμειξη των επιθυμητών αλληλομόρφων σε ειδικές γονιδιωματικές περιοχές. Η χρήση του EG είναι επιθυμητή διότι έχει επιλεγεί για συγκεκριμένα χαρακτηριστικά και διότι μειώνεται ο ομομεικτικός εκφυλισμός κατά την διάρκεια δημιουργίας των νέων σειρών-γονέων υβριδίων (Goodman M. M., 1999). Διακρίνονται τρεις κατηγορίες αξιοποίησης ανάλογα με το ποσοστό χρήσης του: α) Ενσωμάτωση (Incorporation) , όπου οι επιλεγμένες σειρές έχουν μεγαλύτερο από 75% EG, β) Ανάμειξη (Introgression), όπου οι επιλεγμένες σειρές έχουν μικρότερο 25% EG, και γ)

Συνδυασμός (Combination), όπου οι επιλεγμένες σειρές έχουν EG μεταξύ 25% και 75% (Betran F. J. et al., 2003; Crossa J., 1989).

Το Ευρωπαϊκό γενετικό υλικό στο καλαμπόκι, διακρίνεται για την μεγάλη ποικιλομορφία του, η οποία οφείλεται στην διαχρονική προσαρμογή των πληθυσμών στα πολλά και διαφορετικά οικοσυστήματα. Οι περισσότεροι πληθυσμοί έχουν σκληρό κόκκο (Flint), το οποίο αποτελεί τυπικό χαρακτηριστικό τους. Στο πλαίσιο της μελέτης αυτής γίνεται προσπάθεια ανάδειξης και αξιοποίησης Ελληνικού αβελτίωτου γενετικού υλικού θεωρούμενου ως EG μέσω της ανάμειξης του με σταθεροποιημένο υλικό υψηλής απόδοσης για την δημιουργία γενετικού υλικού κατάλληλου για παραγωγή πρώτης και δεύτερης γενιάς βιοαιθανόλης.

3.2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.2.1. Γενεαλογία και Περιγραφή Πληθυσμών

Ελληνικοί Βελτιωμένοι Πληθυσμοί

Χρησιμοποιήθηκαν πληθυσμοί στενής γενετικής βάσης που προέκυψαν ο καθένας από την F₂ των αντίστοιχων απλών υβριδίων IS027, PX95, PR3183, PR3165, ARIS (B73 x Mo17). Ο πληθυσμός IS027 εισήχθη το 1976 ενώ οι άλλοι τέσσερις [PR3183, PR3165 .PX95, ARIS (B73xMo17)] από το πρόγραμμα του Ινστιτούτου Σιτηρών το 1983. Κάθε ένας από τους τέσσερις πληθυσμούς διατηρήθηκε με ελεύθερη διασταύρωση 1000 φυτών σε αγρούς απομόνωσης μέχρι το 1986. Στην συνέχεια κατά τα έτη 1987 και 1988 υποβλήθηκαν σε πρόγραμμα Μαζικής Επιλογής για απόδοση και προσαρμοστικότητα και τα έτη 1989 και 1990 για απόδοση με την Τροποποιημένη μέθοδο Σπάδικας ανά γραμμή (Lonnquist) (Sfakianakis J., 1996).

Ξένοι Βελτιωμένοι Πληθυσμοί CIMMYT

Πρόκειται για επτά πληθυσμούς από το πρόγραμμα του CIMMYT τους όποιους, μας παραχώρησε το Ινστιτούτο Σιτηρών(CIMMYT: Completed listing of improved maize germplasm).

Ελληνικοί Τοπικοί Πληθυσμοί

Πρόκειται για τοπικούς πληθυσμούς, των οποίων η συλλογή πραγματοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Σιτηρών τις δεκαετίες '60 και '70 και καλύπτουν περίπου το 75% της επιφάνειας της χώρας. Οι πηγές προέλευση είναι τρεις και με βάση αυτό διακρίνονται σε πληθυσμούς πεδινών περιοχών, πληθυσμούς ημιορεινών περιοχών και μη αρδευόμενους πληθυσμούς. Μερικοί από αυτούς είναι ιδιαίτερα πρώιμοι καθώς χρειάζονται 50-55 ημέρες από την σπορά έως την έκπτυξη της θηλυκής ταξιανθίας. Οι πληθυσμοί αυτοί έχουν αξιολογηθεί σε προγράμματα του Ινστιτούτου Σιτηρών και η περιγραφή τους βρίσκονται στο παράρτημα (Γενεαλογία και Περιγραφή Πληθυσμών).

3.2.2. Κριτήρια Επιλογής Πληθυσμών

Η επιλογή των πληθυσμών για την ερευνητική εργασία έγινε με τα παρακάτω κριτήρια:

Ελληνικοί Τοπικοί Πληθυσμοί

Βιολογικός κύκλος, Αγρονομικά και Τεχνολογικά Χαρακτηριστικά (περιεκτικότητα αμύλου, πρωτεΐνης και λιπαρών)

Ελληνικοί Βελτιωμένοι Πληθυσμοί

Βιολογικός κύκλος, Αγρονομικά και Τεχνολογικά Χαρακτηριστικά (περιεκτικότητα αμύλου, πρωτεΐνης, λιπαρών) και διαθεσιμότητα σπόρου.

Ξένοι Βελτιωμένοι Πληθυσμοί CIMMYT

Κρίθηκε σκόπιμη η χρησιμοποίηση τους για την αύξηση της Φαινοτυπικής διακύμανσης. Κριτήρια επιλογής ήταν: Ο Βιολογικός κύκλος, η χρήση σε προηγούμενα βελτιωτικά προγράμματα, τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά (περιεκτικότητα αμύλου, πρωτεΐνης και λιπαρών) και η διαθεσιμότητα του σπόρου. Το γενετικό υλικό που αξιολογήθηκε κατ' έτος και ανά πειραματικό αγρό φαίνεται στον Πίν.3.1.

Πίνακας 3.1. Πληθυσμοί ανά πειραματικό αγρό

Τύπος	Πληθυσμοί Κωδικός	Θεσ/κη 2008	Θεσ/κη 2009	Προέλευση	Νομός	Περιοχή
Ελληνικοί Αβελτίωτοι	GROP012	✓	✓	Κ Μακεδονία	Χαλκιδική	Α Μάμας
	GROP084	✓	✓	Δ Μακεδονία	Κοζάνη	Τσοτύλι
	GROP085	✓	✓	Νησιά Αιγαίου	Ρόδος	
	GROP174	✓	✓	Ήπειρος	Άρτα	
	GROP179	✓	✓	Πελοπόννησος	Αρκαδία	Παλούμπα
	GROP183	✓	✓	Στερεά Ελλάδα	Φθιώτιδα	Τυμφρηστός
Ξένοι Βελτιωμένοι	GROP239	✓	✓	Zemun		Yugoslavia
	GROP279	✓	✓	Un of Illinois		USA
	GROP316	✓	✓	Hybrid PR3183		
	GROP317	✓	✓	Hybrid ARIS		
	GROP318	✓	✓	Hybrid IS027		
	GROP319	✓	✓	Hybrid PX95		
	GROP320	✓	✓	Hybrid PR3165		
	GROP323	✓	✓	Subtropical 46		CIMMYT
	GROP324	✓	✓	Subtropical 45		CIMMYT
	GROP325	✓	✓	Tropical 31		CIMMYT
GROP327	✓	✓	Tropical 31		CIMMYT	
Υβρίδια	H3.1	✓	✓	Εμπορικό Υβρίδιο		□
	H3.2	✓	✓	Εμπορικό Υβρίδιο		
	H3.3	✓	✓	Εμπορικό Υβρίδιο		

3.2.3. Αξιολόγηση Γενετικού Υλικού 2008-2009

Πειραματισμός και Αξιολόγηση του Γενετικού Υλικού

Ο πειραματισμός αξιολόγησης των πηγών του γενετικού υλικού (Πληθυσμοί Εμπορικά Υβρίδια κλπ) προκειμένου να δημιουργηθεί ο κατάλληλος πληθυσμός C₀ πραγματοποιήθηκε στο αγρόκτημα του Ινστιτούτου Σιτηρών (ΕΘΙΑΓΕ) στην περιοχή Θέρμη Θεσσαλονίκης κατά έτη 2008 και 2009. Εφαρμόστηκε το σχέδιο των τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων (ΤΠΟ) με τέσσερις επαναλήψεις και αποστάσεις σποράς 80 cm και 20 cm μεταξύ και επί των γραμμών αντίστοιχα. Οι πειραματικοί αγροί και τα δυο έτη περιελάμβαναν πειραματικά τεμάχια δυο γραμμών και μήκους πέντε μέτρων. Η σύσταση του εδάφους είναι μέση ελαφριά (SL: C=12,4%, Si=29,6%, S=58% pH=7,83 και Οργανική Ουσία 1,02%).

Οι καλλιεργητικές φροντίδες που επιτελέστηκαν αποσκοπούσαν στην απρόσκοπτη ανάπτυξη των φυτών. Η σπορά πραγματοποιήθηκε με το χέρι (2 σπόροι ανά θέση) στις 11/6/2008 και 6/5/2009 και στην συνέχεια στο στάδιο των τεσσάρων φύλλων πραγματοποιήθηκε αραίωμα. Η κατεργασία του εδάφους περιελάμβανε εφαρμογή άροσης, δισκοσβαρνίσματος και καλλιεργητή. Η βασική λίπανση εφαρμόστηκε πριν τη σπορά και ανήλθε σε 60 kg/στρ με λίπασμα 20-10-10 (N-P-K) ενώ η επιφανειακή στο στάδιο των έξι με οκτώ φύλλων και ανήλθε σε 50 kg/στρ με λίπασμα 33.5-0-0 (N) και τα δυο έτη πειραματισμού. Κατά τη διάρκεια της σποράς ενσωματώθηκε εντομοκτόνο εδάφους Chlorpyrifos (2 kg/στρ) για την αντιμετώπιση των εντόμων εδάφους. Στους δυο πειραματικούς αγρούς στην διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, οι πληθυσμοί των ζιζανίων ελέγχθηκαν με την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων με δραστική ουσία Alachlor+Terbuthilazine (0.750 kg/στρ) και Rimsulfuron (0.04 kg/στρ) ενώ έγιναν πέντε αρδεύσεις με τη μέθοδο του καταιονισμού. Το έτος 2008 κρίθηκε απαραίτητη μία ελαφριά άρδευση αμέσως μετά τη σπορά. Η συγκομιδή έγινε χειρωνακτικά μετά την φυσιολογική ωρίμανση. Από κάθε σειρά συγκομίσθηκαν 3 m πλήρως ανταγωνιστικών φυτών σε σχέση με τα γειτονικά τους.

Κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου κατεγράφησαν οι ακόλουθες παρατηρήσεις: ημερομηνία άνθησης αρσενικής και θηλυκής ταξιανθίας, ύψος φυτού, ύψος σπάδικα, αντοχή στελέχους σε πλάγιασμα (%), αντοχή ριζικού συστήματος σε πλάγιασμα (%), προσβολή από ανθράκωση (%). Αξιολογήθηκαν η απόδοση καρπού (kg/στρ.) και η υγρασία συγκομιδής. Η απόδοση του καρπού προσδιορίστηκε σαν η διαφορά βάρους του σπάδικα πριν και μετά την εκκόκκιση του, ενώ η απόδοση ανά στρέμμα υπολογίστηκε με αναγωγή στον αριθμό φυτών σποράς του πειραματικού αγρού και σε σταθερή υγρασία συγκομιδής (15%). Σε δείγμα 1kg καρπού από κάθε πειραματικό τεμάχιο προσδιορίστηκαν με αναλυτή υπέρυθρων (NIR) οι περιεκτικότητες αμύλου (%) ξηράς ουσίας (ξ.ο.), λιπαρών (%) ξ.ο. και πρωτεΐνης (%) ξ.ο.

Οι πληθυσμοί GROP085 (Ελληνικός αβελτίωτος) και GROP239 (Ξένος βελτιωμένος) κατά την διάρκεια και των δυο ετών αξιολόγησης παρουσίασαν έλλειψη συγχρονισμού ως προς τον χρόνο έκπτυξης αρσενικής και θηλυκής ταξιανθίας με αποτέλεσμα να μην υπάρξει παραγωγή καρπού και ως εκ τούτου αξιολόγηση.

Επιλογή Αρχικού Γενετικού Υλικού 2009

Για την δημιουργία του βασικού γενετικού υλικού επελέγησαν (Πίν. 3.2):

- Δυο εμπορικά υβρίδια το PRH3.12 και το H3.11. Σύμφωνα με την κατάταξη της εταιρείας για την τελική χρήση του προϊόντος το PRH3.12 προορίζεται για την παραγωγή βιοαιθανόλης και το H3.11 προορίζεται για ανθρώπινη διατροφή. Τα υβρίδια συνδύαζαν ικανοποιητική απόδοση σε καρπό, παραγωγική σταθερότητα, κατάλληλο βιολογικό κύκλο και τεχνολογικά χαρακτηριστικά (περιεκτικότητα σε άμυλο, πρωτεΐνη, λιπαρά).

- Τέσσερις ποικιλίες ελεύθερης επικονίασης (OPv) του Ινστιτούτου Σιτηρών, τις GROP179 (προέλευση Αρκαδίας με χαμηλή περιεκτικότητα αμύλου), GROP174 (προέλευση Άρτας, με υψηλή περιεκτικότητα αμύλου), GROP324 (προέλευση CIMMYT, υψηλή περιεκτικότητα αμύλου) και GROP319 (προέλευση το υβρίδιο PX95, με χαμηλή περιεκτικότητα αμύλου).

Πίνακας 3.2. Πληθυσμοί και Υβρίδια Γενεαλογικού Αγρού (2009)

Τύπος	Πληθυσμοί	Προέλευση	Παραγωγική Κατεύθυνση
Ελληνικοί Αβελτίωτοι	GROP174	Ήπειρος Άρτα	Υψηλή Παραγωγή Αμύλου
	GROP179	Πελοπόννησος Αρκαδία	Χαμηλή Παραγωγή Αμύλου
Ξένοι Βελτιωμένοι	GROP319	Hybrid PX95	Χαμηλή Παραγωγή Αμύλου
	GROP324	Subtropical 46 CIMMYT	Υψηλή Παραγωγή Αμύλου
Υβρίδια	PRH3.12	Εμπορικό Υβρίδιο	Υψηλή Παραγωγή Αμύλου
	H3.11	Εμπορικό Υβρίδιο	Χαμηλή Παραγωγή Αμύλου

Δημιουργία Γενετικού Υλικού

Η επιλογή του γενετικού υλικού με βάση τον παραπάνω σχεδιασμό πραγματοποιήθηκε προκειμένου να διερευνηθεί η αποτελεσματικότητα της διαφοροποίησης του ως προς τον διαχωρισμό σε υψηλής και χαμηλής απόδοσης σε ολικό άμυλο. Ο γενεαλογικός αγρός εγκαταστάθηκε στο αγρόκτημα του Ινστιτούτου Σιτηρών (ΕΘΙΑΓΕ) το 2009. Οι πληθυσμοί και τα εμπορικά υβρίδια σπάρθηκαν σε διαδοχικές ημερομηνίες σποράς (7/5-20/5/2009) έτσι ώστε να επιτευχθεί συγχρονισμός στην εποχή άνθισης μεταξύ των πληθυσμών (ιδιαίτερα των ελληνικής προέλευσης) και των υβριδίων. Στις 7/5/2009 εγκαταστάθηκαν 7 από τις 11 συνολικά γραμμές των υβριδίων καθώς και 9 γραμμές από τις 17 των 2 επιλεγέντων Ξένων Βελτιωμένων Πληθυσμών. Στις 14/5/2009 εγκαταστάθηκαν οι υπόλοιπες 4 από τις 11 συνολικά γραμμές των υβριδίων καθώς και οι υπόλοιπες 8 γραμμές από τις 17 των 2 επιλεγέντων ξένων βελτιωμένων πληθυσμών, ενώ επίσης εγκαταστάθηκαν 9 γραμμές από τις 17 των 2 επιλεγέντων Ελληνικών τοπικών πληθυσμών. Στις 20/5/2009 εγκαταστάθηκαν οι υπόλοιπες 8 γραμμές από τις 17 των 2 επιλεγέντων Ελληνικών αβελτίωτων πληθυσμών. Οι αποστάσεις σποράς ήταν 0.80 και 0.40 m μεταξύ και επί των γραμμών αντίστοιχα. Η σπορά πραγματοποιήθηκε με το χέρι (4 σπόροι ανά θέση) και στην συνέχεια στο στάδιο των τεσσάρων φύλλων πραγματοποιήθηκε αραίωμα. Ο γενεαλογικός αγρός δέχθηκε τις ίδιες καλλιεργητικές φροντίδες με αυτόν του αγρού αξιολόγησης πληθυσμών.

Μέθοδος παραγωγής απογόνων

Μείγμα γύρης από τα φυτά κάθε πληθυσμού διασταυρώθηκε με τα φυτά των δυο υβριδίων και αντιστρόφως, μείγμα γύρης του κάθε υβριδίου διασταυρώθηκε με φυτά του κάθε πληθυσμού. Με την διαδικασία αυτή δημιουργήθηκαν τα πληθυσμιακά υβρίδια. Συγκομίσθηκαν όλοι οι σχηματισθέντες από τις διασταυρώσεις σπάδικες (Πληθυσμός x Υβρίδιο, Υβρίδιο x Πληθυσμός) και δημιουργήθηκαν τα αντίστοιχα μείγματα (Πίν. 3.3). Στην συνέχεια δημιουργήθηκαν ισόρροπα μείγματα των πληθυσμιακών υβριδίων ευθέως και αντιστρόφως ώστε να αποφύγουμε ενδεχόμενες επιδράσεις κυτταροπλάσματος. Με μείγμα γύρης έγιναν και οι αυτογονιμοποιήσεις των υβριδίων με σκοπό την δημιουργία της F_2 γενιάς. Η διαδικασία των διασταυρώσεων και των αυτογονιμοποιήσεων άρχισε στις 6/7/2009 και ολοκληρώθηκε στις 20/7/2009. Η συγκομιδή των σπαδικών έγινε με το χέρι από τις 13/9 έως τις 21/9/2009. Οι ποσότητες σε kg οι οποίες πρόεκυψαν ανά διασταύρωση φαίνονται παρακάτω (Πίν. 3.3).

Πίνακας 3.3. Διασταυρώσεις 2009

Γονέας		Αριθμός Σπαδικών	Ποσότητα (kg)
Αρσενικό	Θηλυκό		
PRH3.12	GROP324	10	0,73
PRH3.12	GROP319	15	2,10
PRH3.12	GROP179	4	0,18
PRH3.12	GROP174	18	1,27
PRH3.12	PRH3.12	15	1,94
GROP324	PRH3.12	19	3,06
GROP319	PRH3.12	13	1,41
GROP179	PRH3.12	9	1,50
GROP174	PRH3.12	12	1,53
H3.11	GROP324	13	1,36
H3.11	GROP319	16	1,74
H3.11	GROP179	5	0,22
H3.11	GROP174	11	0,67
H3.11	H3.11	19	2,99
GROP324	H3.11	19	3,48
GROP319	H3.11	13	1,66
GROP179	H3.11		
GROP174	H3.11	9	1,47

3.2.4. Αξιολόγηση Γενετικού Υλικού 2010Πειραματισμός και Αξιολόγηση του Γενετικού Υλικού

Στόχος της αξιολόγησης είναι να προσδιορισθούν οι διαφορές που υπάρχουν μεταξύ των διαφόρων υλικών (F_1 και F_2) και να εκτιμηθεί εάν όντως υφίστανται οι διαφορές υψηλής και χαμηλής απόδοσης σε ολικό άμυλο στο γενετικό υλικό. Το γενετικό υλικό που αξιολογήθηκε φαίνεται στο Πίν 3.4. Σε αυτό περιλαμβάνονται οι Ελληνικοί αβελτίωτοι GROP179 και GROP174, οι Ξένοι βελτιωμένοι GROP319 και GROP324, η F_1 και F_2 των επιλεγμένων υβριδίων PRH3.12, H3.11 καθώς και τα πληθυσμιακά υβρίδια τα οποία πρόεκυψαν από τις διασταυρώσεις του προηγούμενου έτους. Ο πειραματισμός αξιολόγησης έγινε στα αγροκτήματα του Ινστιτούτου Σιτηρών (ΕΘΙΑΓΕ) στην περιοχή Θέρμη και Νέας Ζωής Θεσσαλονίκης το 2010. Η σύσταση του εδάφους είναι μέση-ελαφριά (αργιλλοπηλώδες) (SL C=12,4%, Si=29,6%, S=58% pH=7, 83 και Οργανική Ουσία 1, 02%) και μέσο-βαρύ (αργιλλοπηλώδες) (CL:

C=34%, Si=30%, S=36% pH=7,76 και Οργανική Ουσία 2,33%) για Θέρμη και Νέα Ζωή Θεσσαλονίκης αντίστοιχα. Εφαρμόστηκε το σχέδιο των τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων (ΤΠΟ) με τέσσερις επαναλήψεις και αποστάσεις σποράς 0.80m και 0.20m μεταξύ και επί των γραμμών αντίστοιχα. Τα πειραματικά τεμάχια ήταν δυο γραμμών μήκους πέντε μέτρων.

Η σπορά πραγματοποιήθηκε με το χέρι (2 σπόροι ανά θέση) στις 22/4/2010 και 26/5/2010 σε Θέρμη και Νέας Ζωής Θεσσαλονίκης αντίστοιχα. Στο στάδιο των τεσσάρων φύλλων πραγματοποιήθηκε αραίωμα. Η κατεργασία του εδάφους περιελάμβανε εφαρμογή άροσης, δισκοσβαρνίσματος και καλλιεργητή. Η βασική λίπανση εφαρμόστηκε πριν τη σπορά και ανήλθε σε 60 kg/στρ με λίπασμα 20-10-10 (N-P-K) ενώ η επιφανειακή στο στάδιο των έξι με οκτώ φύλλων και ανήλθε σε 50 kg/στρ με λίπασμα 33,5-0-0.(N). Στις δυο τοποθεσίες στην διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, οι πληθυσμοί των ζιζανίων ελέγχθηκαν με την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων με δραστική ουσία Alachlor και Terbutylazine (0.750 kg/στρ) και με Steadfast (Nicosulfuron50% και Rimsulfuron25% 0.04 kg/στρ) ενώ πραγματοποιήθηκαν έξι αρδεύσεις με τη μέθοδο του καταιονισμού. Οι καλλιεργητικές φροντίδες που επιτελέστηκαν αποσκοπούσαν στην απρόσκοπτη ανάπτυξη των φυτών.

Η συγκομιδή έγινε χειρωνακτικά μετά την φυσιολογική ωρίμανση, στις 16/9/10 στη Θέρμη και στις 25/11/10 στη Ν Ζωή Θεσσαλονίκης. Κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου κατεγράφησαν οι ακόλουθες παρατηρήσεις: ημερομηνία άνθησης αρσενικής και θηλυκής ταξιανθίας, ύψος φυτού, ύψος σπάδικα, αντοχή στελέχους και ριζικού συστήματος σε πλάγιασμα (%), προσβολή από ανθράκωση (%), απόδοση σε καρπό και άξονες, καθώς και καταγραφή της υγρασίας συγκομιδής. Από κάθε σειρά συγκομίσθηκαν 3μ πλήρως ανταγωνιστικά σε σχέση με τα γειτονικά τους φυτά. Η απόδοση του καρπού προσδιορίστηκε σαν η διαφορά βάρους του σπάδικα πριν και μετά την εκκόκκιση του, ενώ η απόδοση ανά στρέμμα υπολογίστηκε με αναγωγή στον αριθμό φυτών σποράς του πειραματικού αγρού και σε σταθερή υγρασία συγκομιδής (15%). Κατά την εκκόκκιση του καρπού τυχαίο δείγμα από τέσσερις άξονες κάθε τεμαχίου, ζυγίστηκε και τοποθετήθηκε για περίπου είκοσι μια ημέρες στο θερμοκήπιο του Ινστιτούτου Σιτηρών (ΕΘΙΑΓΕ) στην Θέρμη. Το δείγμα ζυγίστηκε εκ νέου για να υπολογιστεί η ξηρά ουσία του άξονα. Η απόδοση ανά στρέμμα των αξόνων υπολογίστηκε επί της ξηράς ουσίας με αναγωγή στον αριθμό φυτών σποράς του πειραματικού αγρού. Σε δείγμα 1 kg καρπού από κάθε πειραματικό τεμάχιο προσδιορίστηκαν με αναλυτή υπέρυθρων (NIR) οι περιεκτικότητες (%) ξηράς ουσίας σε άμυλο, λιπαρών και πρωτεΐνης.

Πίνακας 3.4.: Γενετικό Υλικό ανά αγρό Αξιολόγησης 2010

Τύπος	Πληθυσμοί	Θέρμη 2010	Νέα Ζωή 2010
Ελληνικοί Αβελτίωτοι	GROP174	✓	✓
	GROP179	✓	✓
Ξένοι Βελτιωμένοι	GROP319	✓	✓
	GROP324	✓	✓
Πληθυσμιακά Υβρίδια	H3.11xGROP324	✓	✓
	H3.11xGROP319	✓	✓
	PRH3.12xGROP324	✓	✓
	PRH3.12xGROP319	✓	✓
	H3.11xGROP174	✓	✓
	H3.11xGROP179	✓	✓
	PRH3.12xGROP174	✓	✓
	PRH3.12xGROP179	✓	✓
Υβρίδια	PRH3.12	✓	✓
	PRH3.12 F ₂	✓	✓
	H3.11	✓	✓
	H3.11F ₂	✓	✓

3.2.5 Γενεαλογικός Αγρός 2010-2013.

Επιλογή Βασικού Γενετικού Υλικού

Με βάση τα δεδομένα αξιολόγησης (§3.3.2 και §3.4.1) επιλέχτηκε το υβρίδιο GROP179xPRH3.12 (ευθεία και αντίστροφη επιλογή). Επιδίωξη ήταν να μελετηθεί η δυνατότητα ανάμειξης (*Introgression*), τοπικού γενετικού υλικού (*exotic germplasm*) με σύγχρονο γενετικό υλικό (εμπορικό υβρίδιο), προκειμένου να διερευνηθεί η ενδεχόμενη δυνατότητα διαφοροποίησης ως προς την αποτελεσματικότητα της απόδοσης σε ολικό άμυλο. Η δυνατότητα αυτή μελετήθηκε με την απλούστερη προσέγγιση ποσοτικής γενετικής ανάλυσης, αυτής της αμφίπλευρης (αποκλίνουσας) μαζικής επιλογής (*Divergent Mass Selection*).

Η πειραματική διάταξη ήταν διαστρωμάτωση σε υποτεμάχια, (*stratified grid selection arrangement*) με 1000 φυτά τα οποία προήλθαν από ισόρροπη ανάμειξη των μιγμάτων των σπόρων από τους σπάδικες των πληθυσμιακών υβριδίων PRH3.12xGROP179 και GROP179xPRH3.12 (ευθεία και αντίστροφη επιλογή) του Γενεαλογικού αγρού 2009. Ως μάρτυρας (περιβαλλοντικός δείκτης) χρησιμοποιήθηκε

το υβριδίο PRH3.12 (500 φυτά) έτσι ώστε να υπάρχει εκτίμηση της φαινοτυπικής παραλλακτικότητας λόγω περιβάλλοντος.

Η Αποκλίνουσα Μαζική επιλογή (Divergent Mass Selection) αναφέρεται στην επιλογή για υψηλές και χαμηλές τιμές ενός χαρακτηριστικού (Bernardo R., 2002). Η μέθοδος είναι σχεδιασμένη να μελετά την κληρονομικότητα των χαρακτηριστικών, την απόκριση τους στην επιλογή, και να τα συσχετίζει με την απόκριση άλλων χαρακτηριστικών τα οποία δεν είναι υπό επιλογή. Προγράμματα αποκλίνουσας μαζικής επιλογής επί μακρόν μας παρέχουν μια αποτελεσματική, εύκολη και απλή προσέγγιση της κληρονομικότητας για αρκετά χαρακτηριστικά τα οποία συνδέονται άμεσα με την απόδοση του καρπού στο καλαμπόκι, σε αυτά περιλαμβάνονται η περιεκτικότητα % σε πρωτεΐνες και λιπαρά, η πολυδυμία, το μήκος της ρόκας καθώς και το μέγεθος του καρπού (Korkovelos A. E. and Goulas C. K., 2011; Dudley J. W., 1977; Odhiambo M. O. and Compton W. A., 1987; Hallauer A. R., Ross A. J. and Lee M., 2004). Ο Smith (1909) αναφέρει για πρώτη φορά αποτελέσματα από αποκλίνουσα επιλογή για το ύψος έκπτυξης του σπαδικα σε ελευθέρα επικονιαζόμενους πληθυσμούς καλαμποκιού (Hallauer A. R. and J. B. Miranda Fihlo, 1988).

Κριτήρια Επιλογής Γενετικού Υλικού

α) Κριτήρια Επιλογής Γενεαλογικού Αγρού 2010

Από κάθε υποτεμάχιο, (2 σειρές των 25 φυτών) :

- τα φυτά των οποίων η απόδοση σε ολικό άμυλο είναι μεγαλύτερη του αθροίσματος του μέσου όρου και μιας τυπικής απόκλισης των τιμών του υποτεμαχίου, επιλέχθηκαν για την ομάδα η οποία θα αποτελέσει τον πληθυσμό υψηλής απόδοσης,

- τα φυτά των οποίων η απόδοση σε ολικό άμυλο είναι μικρότερη της διαφοράς του μέσου όρου και μιας τυπικής απόκλισης των τιμών του υποτεμαχίου, επιλέχθηκαν για την ομάδα η οποία θα αποτελέσει τον πληθυσμό χαμηλής απόδοσης.

Με τον διαχωρισμό αυτόν είναι δυνατόν να εκτιμηθεί εάν η διαδικασία η οποία ακολουθήθηκε ήταν ικανή να διαφοροποιήσει τις ομάδες (υψηλή και χαμηλή απόδοση σε άμυλο) ως προς την απόδοση σε άμυλο. Οι δυο αυτές ομάδες των υψηλής και χαμηλής απόδοσης αμύλου θα αποτελέσουν την βάση για την δημιουργία της C₁H (Υψηλή) και της C₁L (Χαμηλή).

Ως απόδοση σε ολικό άμυλο ορίζεται το γινόμενο της απόδοσης του καρπού σε ξηρά ουσία με το ποσοστό % της περιεκτικότητας του αμύλου επί της ξηράς ουσίας.

β) Κριτήρια Επιλογής Γενεαλογικών Αγρών 2011, 2012, 2013

Από κάθε υποτεμάχιο (2 σειρές των 25 φυτών):

- τα φυτά των οποίων η απόδοση σε ολικό άμυλο είναι μεγαλύτερη του αθροίσματος του μέσου όρου και μιας τυπικής απόκλισης των τιμών του υποτεμαχίου και η περιεκτικότητα του καρπού σε άμυλο (% ξ.ο), είναι μεγαλύτερη του μέσου όρου των τιμών του υποτεμαχίου, επιλέχθηκαν για την ομάδα η οποία θα αποτελέσει τον πληθυσμό υψηλής απόδοσης

- τα φυτά των οποίων η απόδοση σε ολικό άμυλο είναι μικρότερη της διαφοράς του μέσου όρου και μιας τυπικής απόκλισης των τιμών του υποτεμαχίου, και η περιεκτικότητα του καρπού σε άμυλο (% ξ.ο), είναι μικρότερη του μέσου όρου των τιμών του υποτεμαχίου, επιλέχθηκαν για την ομάδα που αποτέλεσε τον πληθυσμό χαμηλής απόδοσης

Οι δυο αυτές ομάδες των υψηλής και χαμηλής απόδοσης ολικού αμύλου και εκατοστιαίας αμυλοπεριεκτικότητας του καρπού αποτέλεσαν την βάση για την δημιουργία των (C₂, C₃)H (Υψηλή) και αντίστοιχα των (C₂, C₃)L (Χαμηλή).

Πειραματισμός και Αξιολόγηση Γενεαλογικών Αγρών Αμφίπλευρης Μαζικής Επιλογής

α) Πρώτος κύκλος επιλογής, 2010

Το πληθυσμιακό υβρίδιο το οποίο επιλέχθηκε (§3.5.1) σπάρθηκε σε γενεαλογικό αγρό απομόνωσης το 2010. Ο Αγρός εγκαταστάθηκε στο αγρόκτημα του Ινστιτούτου Σιτηρών (ΕΘΙΑΓΕ) στην Θέρμη Θεσσαλονίκης, και ήταν απομονωμένος από την γύρη γειτονικών φυτών καλαμποκιού (η πλησιέστερη εγκατάσταση φυτείας καλαμποκιού ήταν σε απόσταση μεγαλύτερη των 400 m).

Η πειραματική διάταξη ήταν η διαστρωμάτωση σε υποτεμάχια επιλογής με 1000 φυτά γενετικού υλικού και 500 φυτά μάρτυρα (PRH3.12) και αποτελούνταν από οκτώ σειρές γενετικού υλικού μήκους 50 m και τέσσερις σειρές από τον μάρτυρα (δυο σειρές του μάρτυρα παρεμβάλλονταν κάθε τέσσερις σειρές γενετικού υλικού). Δεξιά και αριστερά του αγρού επιλογής υπήρχαν από δυο σειρές γενετικού υλικού ως περιθώριο. Οι αποστάσεις σποράς ήταν 100 cm και 40 cm μεταξύ και επί των γραμμών αντίστοιχα, ώστε να υπάρχουν 125 φυτά επί της σειράς (5000 φυτά /στρ περίπου).

Οι καλλιεργητικές φροντίδες που επιτελέστηκαν αποσκοπούσαν στην απρόσκοπτη ανάπτυξη των φυτών. Η κατεργασία του εδάφους περιελάμβανε εφαρμογή άροσης, δισκοσβαννίσματος και καλλιεργητή. Η σπορά πραγματοποιήθηκε με το χέρι από τις 28 έως τις 30 Απριλίου 2010. Σε κάθε θέση τοποθετήθηκαν δυο σπόροι. Το αραιώμα έγινε στις 6/6/2010 και η συμπλήρωση των κενών θέσεων των φυτών στις 10/6/2010. Η βασική λίπανση εφαρμόστηκε πριν τη σπορά και ανήλθε σε 60 kg/στρ με λίπασμα 20-10-10 (N-P-K) ενώ η επιφανειακή σε 50 kg/στρ με λίπασμα 33, 5-0-0 (N) (10/6/2010). Στην διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, οι πληθυσμοί των ζιζανίων

ελέγχθηκαν με την εφαρμογή ζιζανιοκτόνων με δραστική ουσία Alachlor+Terbutylazine (0.750 kg/στρ) και Rimsulfuron (0.04 kg/στρ) (4/5/2010). Η άρδευση ήταν πλήρως ελεγχόμενη και πραγματοποιήθηκε με την στάγδην μέθοδο. Η αφαίρεση των αρσενικών ταξιανθιών του μάρτυρα πριν την έκπτυξη τους, άρχισε στις 20/6 και ολοκληρώθηκε στις 23/6 (περίπου 50 ημέρες από την ημερομηνία σποράς). Η ημερομηνία έκπτυξης της αρσενικής και θηλυκής ταξιανθίας του γενετικού υλικού πραγματοποιήθηκαν από 28-30/6 (Μέση τιμή ASI=3,6) και από 1-3/7 αντίστοιχα. Υπήρχε σήμανση των φυτών μεταξύ των γραμμών και επί της γραμμής.

Η συγκομιδή έγινε χειρωνακτικά μετά την φυσιολογική ωρίμανση. Συγκομίσθηκαν συνολικά 852/1000 σπάδικες από το γενετικό υλικό και 442/500 σπάδικες από τον μάρτυρα αντίστοιχα πλήρως ανταγωνιστικών φυτών. Τα προσβεβλημένα φυτά από ασθένειες στελέχους ή καρπού συγκομίσθηκαν και αξιολογήθηκαν ως προς την απόδοση και τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά τους, όμως δεν συμμετείχαν στην επιλογή. Η χρήση του μάρτυρα, αποσκοπούσε στην εκτίμηση της φαινοτυπικής παραλλακτικότητας λόγω περιβάλλοντος. Έγινε εκκόκκιση των σπαδικών (γενετικού υλικού και μάρτυρα) και σε κάθε έναν ξεχωριστά κατεγράφη το βάρος του καρπού (g). Στους σπάδικες του γενετικού υλικού και του μάρτυρα με απόδοση σε καρπό μεγαλύτερη των 50 g περίπου προσδιορίστηκε η περιεκτικότητα αμύλου (%) ξ.ο, λιπαρών (%) ξ.ο, πρωτεΐνης (%) ξ.ο και υγρασίας με αναλυτή υπέρυθρων (NIR)

Επιλέχθηκαν οι σπάδικες ανά υποτεμάχιο οι οποίοι πληρούσαν τα κριτήρια επιλογής. Η C_{1syn0}H δημιουργήθηκε από ισόρροπο μείγμα 60 g σπόρου από κάθε ένα από τους 120 επιλεγμένους σπάδικες και αποτέλεσε την βάση του πληθυσμού έναρξης για την ομάδα της υψηλής απόδοσης σε άμυλο, αντιστοίχως η C_{1syn0}L δημιουργήθηκε από ισόρροπο μείγμα 20 g σπόρου από κάθε ένα από τους 119 επιλεγμένους σπάδικες και αποτέλεσε την βάση του πληθυσμού έναρξης για την ομάδα της χαμηλής απόδοσης σε άμυλο. Οι ίδιες ακριβώς ποσότητες της C_{1syn0}H και C_{1syn0}L, καθώς επίσης και ισόποσο μίγμα 10 g από όλους τους σπάδικες του αγρού απομόνωσης το οποίο αποτελεί την C₀ τοποθετήθηκαν σε ψυγείο συντήρησης.

β) Δεύτερος κύκλος επιλογής, 2011

Το 2011 πραγματοποιήθηκε ο δεύτερος κύκλος επιλογής. Η C_{1syn 0}H και η C_{1syn 0}L οι οποίες αναφέρθηκαν προηγουμένως και σπάρθηκαν σε χωριστούς αγρούς απομόνωσης στο αγρόκτημα του Ινστιτούτου Σιτηρών (ΕΘΙΑΓΕ) στην Θέρμη Θεσσαλονίκης. Η απόσταση μεταξύ τους ήταν περίπου 250 m και παρεμβάλλονταν κτήρια, καθώς επίσης και η απόσταση ενός έκαστου εξ αυτών από την γύρη γειτονικών φυτών καλαμποκιού ήταν μεγαλύτερη των 400 m. Στον αγρό απομόνωσης της C_{1syn0}H σπάρθηκαν 600 φυτά και 300 φυτά του μάρτυρα (PRH3.12), και στον δεύτερο αγρό απομόνωσης 500 φυτά της C_{1syn0}L και 250 φυτά του μάρτυρα (PRH3.12).

Η διαστρωμάτωση σε υποτεμάχια επιλογής κάθε απομονωμένου αγρού αποτελούνταν από τέσσερις σειρές γενετικού υλικού μήκους 30 m και δυο σειρές από τον μάρτυρα για τον αγρό της C_{1syn0}H, και από τέσσερις σειρές γενετικού υλικού μήκους 25 m και δυο σειρές από τον μάρτυρα, για τον αγρό της C_{1syn0}L (δυο σειρές του μάρτυρα παρεμβάλλονταν κάθε τέσσερις σειρές γενετικού υλικού. Δεξιά και αριστερά των αγρών επιλογής υπήρχε από μία σειρά γενετικού υλικού ως περιθώριο). Οι αποστάσεις σποράς ήταν 78 cm και 20 cm μεταξύ και επί των γραμμών, και για τους δυο αγρούς απομονώσεις ώστε να υπάρχουν 150 και 125 φυτά επί της σειράς αντίστοιχα.

Οι καλλιεργητικές φροντίδες και για τους δυο αγρούς απομόνωσης αποσκοπούσαν στην απρόσκοπτη ανάπτυξη των φυτών με κατεργασία του εδάφους, ζιζανιοκτονία και άρδευση όπως προηγουμένως. Η σπορά πραγματοποιήθηκε με πειραματική σπαστική μηχανή 3 στις 21/4/2011 και 3/5/2011 για την C_{1syn0}H και την C_{1syn0}L αντίστοιχα. Η βασική λίπανση και για τους δυο αγρούς απομόνωσης εφαρμόστηκε πριν τη σπορά και ανήλθε σε 75 kg/στρ με λίπασμα 20-10-10 (N-P-K) ενώ η επιφανειακή σε 50 kg/στρ με λίπασμα 33,5-0-0 (N). Η αφαίρεση των αρσενικών ταξιανθιών του μάρτυρα πριν την έκπτυξη τους, πραγματοποιήθηκε από 23/6 έως 25/6/2011 και από 1/7 έως 2/7/2011 στους δυο αγρούς (περίπου 65 και 60 από την ημερομηνία σποράς αντίστοιχα). Η ημερομηνία έκπτυξης της αρσενικής και θηλυκής ταξιανθίας του γενετικού υλικού πραγματοποιήθηκε από 23-27/6 (Μέση τιμή ASI=3, 63) στον αγρό της C_{1syn0}H και από 26-30/6 (Μέση τιμή ASI=3, 75) στον αγρό της C_{1syn0}L αντίστοιχα. Υπήρχε σήμανση των φυτών μεταξύ των γραμμών και επί της γραμμής και για τους δυο αγρούς.

Η συγκομιδή έγινε χειρωνακτικά μετά την φυσιολογική ωρίμανση. Συγκομίσθηκαν συνολικά 415 σπάδικες από την C_{1syn0}H και 326 σπάδικες από την C_{1syn0}L ενώ των αντιστοίχων μαρτύρων ήταν 294 και 211. Η συγκομιδή πραγματοποιήθηκε από 17-18/9 για τον αγρό επιλογής C_{1syn0}H και από 2-3/10/2011 για τον αγρό επιλογής C_{1syn0}L. Τα προσβεβλημένα φυτά από ασθένειες στελέχους ή καρπού συγκομίσθηκαν και αξιολογήθηκαν ως προς την απόδοση και τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά τους, και στους δυο αγρούς, όμως δεν συμμετείχαν στην επιλογή.

Προκειμένου να προσδιοριστεί η βιομάζα, στον αγρό επιλογής C_{1syn0}H μετά την συγκομιδή του καρπού ζυγίστηκαν όλοι οι συγκομισθέντες σπάδικες (καρπός και άξονας). Το 10% των φυτών τόσο του γενετικού υλικού όσο και του μάρτυρα ανά υποτεμάχιο των οποίων οι σπάδικες ήταν οι βαρύτεροι κόπηκαν σε ύψος περίπου 0,10 m από την επιφάνεια του εδάφους και ζυγίστηκαν. Καταγράφηκε το βάρος (kg) της βιομάζας ήτοι στελέχους, φύλλων βρακτίων και αξόνων. Έγινε εκκόκκιση των σπαδικών και σε κάθε έναν ξεχωριστά κατεγράφη το βάρος του καρπού (g), το βάρος (g) του άξονα και το χρώμα του (Κόκκινο, Λευκό, Ενδιάμεσο). Στους σπάδικες με απόδοση σε καρπό μεγαλύτερη περίπου των 50g προσδιορίστηκε η περιεκτικότητα (%) της ξηράς ουσίας σε άμυλο, λιπαρά, πρωτεΐνη και η υγρασία τόσο για τον αγρό

επιλογής C_{1syn0}H όσο και για τον αγρό επιλογής C_{1syn0}L. Η επιλογή των σπαδικών ανά υποτεμάχιο τόσο για τον αγρό της C_{1syn0}H όσο και για αυτόν της C_{1syn0}L έγινε σύμφωνα με τα κριτήρια επιλογής (§2.5.2.2).

Η C_{2syn0}H δημιουργήθηκε από ισόρροπο μείγμα 60 g σπόρου από κάθε ενός από τους 34 επιλεγέντες σπάδικες για την ομάδα υψηλής απόδοσης και περιεκτικότητας σε άμυλο και αντίστοιχα η C_{2syn0}L δημιουργήθηκε από ισόρροπο μείγμα 20 g σπόρου από κάθε ενός από τους 29 επιλεγέντες σπάδικες για την ομάδα χαμηλής απόδοσης και περιεκτικότητας σε άμυλο. Οι ίδιες ακριβώς ποσότητες της C_{2syn0}H και C_{2syn0}L καθώς επίσης και ισόποσα μίγματα 10 g από όλους τους σπάδικες επιλεγμένους και μη τα οποία θα αποτελέσουν την C₁H και C₁L αντίστοιχα, τοποθετήθηκαν σε ψυγείο συντήρησης

γ) Τρίτος κύκλος επιλογής, 2012

Το 2012 πραγματοποιήθηκε ο τρίτος κύκλος επιλογής. Η C_{2syn0}H και η C_{2syn0}L οι οποίες αναφέρθηκαν προηγουμένως σπάρθηκαν στους ίδιους χωριστούς αγρούς απομόνωσης στο αγρόκτημα του Ινστιτούτου Σιτηρών (ΕΘΙΑΓΕ) στην Θέρμη Θεσσαλονίκης, με τις ίδιες αποστάσεις μεταξύ τους και από γειτονικές καλλιέργειες καλαμποκιού. Στους αγρούς απομόνωσης σπάρθηκαν 500 φυτά τόσο της C_{2syn0}H όσο και της C_{2syn0}L καθώς και 250 φυτά του μάρτυρα (PRH3.12), σε κάθε αγρό αντίστοιχα. Η πειραματική διάταξη και οι αγρονομικές πρακτικές ήταν ίδιες με αυτές οι οποίες αναφέρθηκαν στον δεύτερο κύκλο επιλογής. Η σπορά πραγματοποιήθηκε με πειραματική σπαστική μηχανή στις 2/5/2012 και για τους δυο αγρούς απομόνωσης. Η αφαίρεση των αρσενικών ταξιανθιών του μάρτυρα πριν την έκπτυξη τους, πραγματοποιήθηκε από τις 29/6 έως την 1/7/2012 και στους δυο αγρούς (περίπου 60 ημέρες από την ημερομηνία σποράς). Η ημερομηνία έκπτυξης της αρσενικής και της θηλυκής ταξιανθίας του γενετικού υλικού πραγματοποιήθηκε μεταξύ 1-6/7 και 4-10/7 αντίστοιχα και για τους δυο αγρούς.

Συγκομίσθηκαν συνολικά 330 σπάδικες από την C_{2syn0}H και 184 σπάδικες από την C_{2syn0}L ενώ των μαρτύρων ήταν 192 και 164 αντίστοιχα. Η συγκομιδή πραγματοποιήθηκε από 8-9/9 για τον αγρό επιλογής C_{2syn0}H και 15-16/9/2012 για τον αγρό επιλογής C_{2syn0}L. Τα προσβεβλημένα φυτά από ασθένειες στελέχους ή καρπού συγκομίσθηκαν και αξιολογήθηκαν ως προς την απόδοση και τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά τους, και στους δυο αγρούς όμως δεν συμμετείχαν στην επιλογή.

Ο προσδιορισμός της βιομάζας, στον αγρό επιλογής της C_{2syn0}H), όπως και των τεχνολογικών χαρακτηριστικών των σπαδικών και των δυο αγρών απομόνωσης, έγινε όπως στο προηγούμενο κύκλο επιλογής. Η επιλογή των σπαδικών ανά υποτεμάχιο για τον αγρό της C_{2syn0}H έγινε σύμφωνα με τα κριτήρια επιλογής (§3.5.2.2).

Στο γενεαλογικό αγρό της C_{2syn0}L υπήρξε καθυστερημένο φύτρωμα στις δυο από τις τέσσερις σειρές γενετικού υλικού και στην μια του μάρτυρα. Επιπλέον η μειωμένη άρδευση, η ανθοφορία σε συνθήκες καύσωνα οδήγησε στην επιλογή για την δημιουργία της C_{3syn0}L όχι τους σπάδικες οι οποίοι πληρούσαν τα κριτήρια επιλογής (§3.5.2.2) αλλά εκείνους με την χαμηλότερη απόδοση οι οποίοι είχαν ταυτόχρονα κενή θέση φυτού δίπλα τους και αμυλοπεριεκτικότητα μικρότερη από το μέσο όρο του υποτεμαχίου. Οι συνθήκες αυτές οδήγησαν σε μικρό αριθμό συγκομισθέντων σπαδικών για το γενετικό υλικό και για τον μάρτυρα (184 και 164 αντίστοιχα).

Η C_{3syn0}H δημιουργήθηκε από ισόρροπο μείγμα 60g σπόρου από κάθε ένα από τους 30 επιλεγέντες σπάδικες για την ομάδα υψηλής απόδοσης σε άμυλο και αντίστοιχα η C_{3syn0}L δημιουργήθηκε από ισόρροπο μείγμα 20g σπόρου κάθε ένα από τους 29 επιλεγέντες σπάδικες για την ομάδα χαμηλής απόδοσης σε άμυλο. Οι ίδιες ακριβώς ποσότητες της C_{3syn0}H και C_{3syn0}L, καθώς επίσης και ισόρροπα μίγματα 10g από όλους τους σπάδικες επιλεγμένους και μη τα οποία θα αποτελέσουν την C₂H και C₂L αντίστοιχα τοποθετήθηκαν σε ψυγείο συντήρησης

δ) Τέταρτος κύκλος επιλογής, 2013

Το 2013 πραγματοποιήθηκε ο τέταρτος κύκλος επιλογής. Η C_{3syn0}H και η C_{3syn0}L οι οποίες αναφέρθηκαν προηγουμένως σπάρθηκαν σε χωριστούς αγρούς απομόνωσης στο αγρόκτημα του Ινστιτούτου Σιτηρών στην Θέρμη Θεσσαλονίκης με τις ίδιες διαδικασίες και αγρονομικές πρακτικές οι οποίες περιγράφηκαν στον 2^ο και 3^ο κύκλο επιλογής. Στους αγρούς απομόνωσης σπάρθηκαν 500 φυτά της C_{3syn0}H καθώς και 250 φυτά του μάρτυρα (PRH3.12), ενώ σε αυτόν της C_{3syn0}L 400 φυτά καθώς και 200 φυτά του μάρτυρα (PRH3.12). Η πειραματική διάταξη και οι αγρονομικές πρακτικές ήταν ίδιες με αυτές οι οποίες αναφέρθηκαν στον δεύτερο κύκλο επιλογής. Η σπορά πραγματοποιήθηκε με πειραματική σπαρτική μηχανή στις 8/4/2013 για την C_{3syn0}H και την C_{3syn0}L.

Η αφαίρεση των αρσενικών ταξιανθιών του μάρτυρα πριν την έκπτυξη τους, πραγματοποιήθηκε από 26-29/6 και 1-3/7 στους δυο αγρούς αντίστοιχα (περίπου 60 ημέρες από την ημερομηνία σποράς). Συγκομίσθηκαν συνολικά 260 σπάδικες από την C_{3syn0}H και 132 σπάδικες από την C_{3syn0}L ενώ των αντίστοιχων μαρτύρων ήταν 142 και 97. Η συγκομιδή πραγματοποιήθηκε στις 15-16/9 για τον αγρό επιλογής C_{3syn0}H και στις 28-29/9 για τον αγρό επιλογής C_{3syn0}L. Τα προσβεβλημένα φυτά από ασθένειες στελέχους η καρπού συγκομίσθηκαν και αξιολογήθηκαν ως προς την απόδοση και τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά τους και στους δυο αγρούς όμως δεν συμμετείχαν στην επιλογή. Ο προσδιορισμός της βιομάζας, στον αγρό επιλογής της C_{3syn0}H όπως και των τεχνολογικών χαρακτηριστικών των σπαδικών και των δυο αγρών απομόνωσης, ακολούθησε διαδικασία ίδια με αυτήν του δεύτερου και τρίτου κύκλου επιλογής. Η επιλογή των σπαδικών ανά υποτεμάχιο για τον αγρό της C_{3syn0}H

έγινε σύμφωνα με τα κριτήρια επιλογής (§3.5.2.2). Ο γενεαλογικός αγρός απομόνωσης C_{3syn0}L κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου λόγω κακής λειτουργίας του αρδευτικού συστήματος πλημμύρισε δυο φορές. Έτσι η επιλογή των σπαδικών για την δημιουργία της C_{4syn0}L δεν έγινε σύμφωνα με τα παραπάνω κριτήρια επιλογής αλλά από το σύνολο των συγκομισθέντων σπαδικών με την ίδια αναλογία επιλογής της C_{4syn0}H.

Η C_{4syn0}H δημιουργήθηκε από ισόρροπο μείγμα 60g σπόρου από κάθε μιας από 21 επιλεγείσες ρόκες για την ομάδα υψηλής απόδοσης και υψηλής περιεκτικότητας σε άμυλο, και αντίστοιχα η C_{4syn0}L δημιουργήθηκε από ισόρροπο μείγμα 20g σπόρου κάθε ενός από τους 15 επιλεγέντες σπάδικες για την ομάδα χαμηλής απόδοσης σε άμυλο. Οι ίδιες ακριβώς ποσότητες της C_{4syn0}H και C_{4syn0}L, καθώς επίσης και ισόρροπα μίγματα 10g από όλους τους σπάδικες επιλεγμένους και μη τα οποία θα αποτελέσουν την C₃H και C₃L αντίστοιχα τοποθετήθηκαν σε ψυγείο συντήρησης.

3.2.6. Πειραματισμός 2014

Αξιολόγηση της Αποτελεσματικότητας της Άμεσης Επιλογής.

Στόχος της αξιολόγησης του γενετικού υλικού το 2014 ήταν να προσδιορισθούν οι άμεσες διαφορές που υπάρχουν μεταξύ των πληθυσμών οι οποίοι προέκυψαν από τις γενεές επιλογής, σε σύγκριση με τον βασικό πληθυσμό έναρξης (C₀). Εκτιμάται έτσι εάν υφίστανται πραγματικά οι διαφορές υψηλής και χαμηλής απόδοσης σε ολικό άμυλο στο γενετικό υλικό.

Εκτός από τους τρεις κύκλους (C₁, C₂, C₃) για υψηλή (H) και χαμηλή (L) απόδοση σε άμυλο στην αξιολόγηση, συμπεριλήφθησαν στην αξιολόγηση και οι αντίστοιχες επιλογές C_{1syn0}, C_{2syn0}, C_{3syn0}, C_{4syn0}. Αξιολογήθηκαν επίσης τα υβρίδια PRH3.12, PRH3.12_{F2}, ο Ελληνικός αβελτίωτος πληθυσμός GROF179, το πληθυσμιακό υβρίδιο PRH3.12xGROF179 από το οποίο προέκυψε ο βασικός πληθυσμός έναρξης (C₀) και το εμπορικό υβρίδιο H3.13, το οποίο μαζί με το αρχικό υβρίδιο PRH3.12 αποτελούν τον περιβαλλοντικό δείκτη.

Ο πειραματισμός πραγματοποιήθηκε στα αγροκτήματα του Ινστιτούτου Σιτηρών (ΕΘΙΑΓΕ) στις περιοχές Θέρμης και Νέας Ζωής Θεσσαλονίκης και στην περιοχή Μουριές του Κιλκίς. Εφαρμόστηκε το σχέδιο των τυχαιοποιημένων πλήρως ομάδων (ΤΠΟ) με τέσσερις επαναλήψεις και περιορισμένη τυχαιοποίηση. Μια ομάδα αποτέλεσε το γενετικό υλικό με αύξοντα αριθμό 1-5 (Υβρίδια) και μια δεύτερη οι κύκλοι επιλογής (C₁, C₂, C₃) υψηλής (H) και χαμηλής (L) απόδοσης σε άμυλο και οι αντίστοιχες επιλογές, με αύξοντα αριθμό 6-20 (Πίν. 3.6).

Οι αποστάσεις σποράς ήταν 0.80 και 0.20 m μεταξύ και επί των γραμμών για Θέρμη και Νέα Ζωή Θεσσαλονίκης και 0.75 και 0.17 m αντίστοιχα για τις Μουριές Κιλκίς.

Οι πειραματικοί αγροί και στις τρεις τοποθεσίες, περιελάμβαναν πειραματικά τεμάχια δυο γραμμών και μήκους 6 m δηλαδή πειραματική επιφάνεια περίπου 9 m², με δυο γραμμές περιθώριο δεξιά και αριστερά του πειραματικού αγρού. Η σύσταση του εδάφους ήταν μέση-ελαφριά (αμμοπηλώδης) (SL: C=12,4%, Si=29,6%, S=58% pH=7,83 και Οργανική Ουσία=1,02%), μέση-βαρεία (αργιλλοπηλώδης) (CL: C=34%, Si=30%, S=36%, pH=7,76 και Οργανική Ουσία=2,33%) και μέση-ελαφριά (αμμοπηλώδης) (SL: C=14%, Si=16%, S=70% pH=5,71 και Οργανική Ουσία=2,06%) για Θέρμη, Νέα Ζωή Θεσσαλονίκης και Μουριές αντίστοιχα.

Η σπορά πραγματοποιήθηκε με πειραματική σπαρτική μηχανή στις περιοχές Θέρμη και Νέας Ζωής στις 8/5 και 12/5/2014 ενώ στις Μουριές στις 13/5/2014 με πνευματική σπαρτική μηχανή. Η συμπλήρωση των κενών θέσεων των φυτών σε Θέρμη και Νέα Ζωή έγινε στις 31/5 και 1/6/2014 αντίστοιχα. Η κατεργασία του εδάφους και οι καλλιεργητικές φροντίδες ήταν παρόμοιες με αυτές των κύκλων επιλογής και αναφέρονται στον Πίν3.5. Η Άρδευση πραγματοποιήθηκε με την μέθοδο της στάγδην στις Μουριές, με καταιονισμό στην Θέρμη (6 πλήρεις αρδεύσεις) και ροή στην Νέα Ζωή (5 πλήρεις αρδεύσεις). Κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου κατεγράφησαν οι ακόλουθες παρατηρήσεις: ημερομηνία άνθησης αρσενικής και θηλυκής ταξιανθίας (N Ζωή, Μουριές), ύψος φυτού, ύψος σπάδικα, αντοχή στελέχους σε πλάγιασμα (%), αντοχή ριζικού συστήματος σε πλάγιασμα (%), προσβολή από ανθράκωση (%) (N Ζωή, Θέρμη, Μουριές).

Η συγκομιδή έγινε με το χέρι, μετά την φυσιολογική ωρίμανση (N Ζωή 4/10, Θέρμη 9/10, Μουριές 18/10). Σε κάθε πειραματικό αγρό συγκομίσθηκαν δέκα διαδοχικά πλήρως παραγωγικά φυτά από κάθε σειρά (20 συνολικά). Η απόδοση του καρπού προσδιορίστηκε σαν η διαφορά βάρους του σπάδικα πριν και μετά την εκκόκκιση του, ενώ η απόδοση ανά στρέμμα υπολογίστηκε με αναγωγή στον αριθμό φυτών σποράς του πειραματικού αγρού (6250 φ/στρ για Θέρμη και N Ζωή και 7843 φ/στρ. για Μουριές). Κατά την συγκομιδή δεν συγκομίσθηκαν τα τέσσερα πρώτα και τα τέσσερα τελευταία φυτά έκαστου πειραματικού τεμαχίου (δυο από κάθε σειρά). Το γενετικό υλικό που αξιολογήθηκε ανά πειραματικό αγρό αναφέρεται στον Πίν 3.6.

Πίνακας 3.5.: Πειραματικοί Αγροί Αξιολόγησης Γενετικού Υλικού 2014

Έτος	Τοποθεσία	Σπορά			Λίπανση		Ημερομηνία Συγκομιδής Στελεχών	Ημερομηνία Συγκομιδής Καρπού	Ζιζανιοκτονία Δραστική Ουσία
		Ημερομηνία Σποράς	Αποστάσεις Σποράς m	Αριθμός Φυτών/Στρ	Βασική Μονάδες (N P K)	Επιφανειακή Μονάδες (N)			
	N Ζωή	12/05	0,20x0,80	6250	24,8+6,4+9,6	27,6+0+0	08/08	04/10	Tembotrione
2014	Θέρμη	08/05	0,20x0,80	6250	24,8+6,4+9,6	27,6+0+0	12/08	09/10	Tembotrione
	Μουριές	13/05	0,17x0,75	7843	8,2+2,8+2,6	11,5+0+0	X	18/10	Dimethenamid-p 53.8% w/v + topramezone 3.2% w/v

Πίνακας 3.6.: Αξιολόγηση Γενετικού Υλικού 2014

α/α Γενετικό Υλικό	Κατηγορία	Έτος Απελευθέρωσης	Θέρμη	Νέα Ζωή	Μουριές
1 H3.13		2008	✓	✓	✓
2 PRH3.12	Υβρίδια	2006	✓	✓	✓
3 PRH3.12 _{F2}		2009	✓	✓	✓
4 GROP179	Ελληνικός Αβελτίωτος Πληθυσμός	1972	✓	✓	✓
5 GROP179 x PRH3.12	Πληθυσμιακό Υβρίδιο	2009	✓	✓	✓
6 C ₀	Γενεά	2010	✓	✓	✓
7 C _{1syn0} H	Επιλογής C ₀	2010	✓	✓	✓
8 C _{1syn0} L		2010	✓	✓	✓
9 C ₁ H		2011	✓	✓	✓
10 C ₁ L	Γενεά	2011	✓	✓	✓
11 C _{2syn0} H	Επιλογής C ₁	2011	✓	✓	✓
12 C _{2syn0} L		2011	✓	✓	✓
13 C ₂ H		2012	✓	✓	✓
14 C ₂ L	Γενεά	2012	✓	✓	✓
15 C _{3syn0} H	Επιλογής C ₂	2012	✓	✓	✓
16 C _{3syn0} L		2012	✓	✓	✓
17 C ₃ H		2013	✓	✓	✓
18 C ₃ L	Γενεά	2013	✓	✓	✓
19 C _{4syn0} H	Επιλογής C ₃	2013	✓	✓	✓
20 C _{4syn0} L		2013	✓	✓	✓

3.2.7. Αξιολόγηση Προόδου Επιλογής

Η Αξιολόγηση της προόδου επιλογής, δηλαδή η εκτίμηση της αποτελεσματικότητας του συγκεκριμένου σχήματος επιλογής, έγινε με βάση τα δεδομένα του γενεαλογικού αγρού στους τρεις κύκλους επιλογής (2010-2013) (έμμεσες συγκρίσεις) και με την απευθείας αξιολόγηση των δεδομένων των τριών κύκλων επιλογής σε πείραμα αγρού (2014) (άμεσες συγκρίσεις).

Αξιολόγηση της Αποτελεσματικότητας της Έμμεσης Επιλογής 2010-2013.

Στον πρώτο κύκλο C₀ (2010) υπολογίστηκαν ο μέσος όρος των 1000 φυτών της

$C_{0(X\pi)}$, η διακύμανση σ_{π}^2 και η τυπική απόκλιση σ_{π} καθώς και τα αντίστοιχα του υβριδίου μάρτυρα (X_{μ} , σ_{μ}^2 , σ_{μ}), τόσο για την απόδοση σε καρπό όσο και για τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά (Άμυλο, Πρωτεΐνη, Λιπαρά). Επίσης υπολογίστηκε η συνδιακύμανση (Cov_{π}) μεταξύ απόδοσης και τεχνολογικών χαρακτηριστικών τόσο του πληθυσμού έναρξης (C_0) όσο και του μάρτυρα (Cov_{μ}). Με βάση τα δεδομένα επιλογής για την απόδοση σε άμυλο εκτιμήθηκε το διαφορικό επιλογής για την C_{1syn0H} και την C_{1syn0L} αντιστοίχως.

Η ίδια διαδικασία προσδιορισμού των δεδομένων έγινε και στους επόμενους κύκλους επιλογής (C_1 C_2 C_3).

Ο μέσος όρος X_{π} για κάθε κύκλο επιλογής ήταν η εκτίμηση του φαινοτυπικού παραγωγικού δυναμικού, ενώ η αντίστοιχη εκτίμηση της διακύμανσης ήταν αυτή της φαινοτυπικής διακύμανσης ήτοι $\sigma_{\pi}^2 = \sigma_{g}^2 + \sigma_{E}^2$ (σ_{g}^2 =γενετική και σ_{E}^2 =περιβαλλοντική διακύμανση). Η διακύμανση (σ_{μ}^2) του μάρτυρα (υβρίδιο) ήταν αντιπροσωπευτική της διακύμανσης του περιβάλλοντος (σ_{E}^2). Έτσι η παραπάνω σχέση ισοδυναμεί με την $\sigma_{\pi}^2 = \sigma_{g}^2 + \sigma_{\mu}^2$ και συνεπώς προσφέρεται για την εκτίμηση της γενετικής διακύμανσης του πληθυσμού σε κάθε κύκλο επιλογής.

Λαμβανομένου υπ όψιν ότι το παραγωγικό δυναμικό του πληθυσμού είναι 40% περίπου μικρότερο του αντιστοίχου μάρτυρα (υβρίδιο), έγινε η απαραίτητη διόρθωση προκειμένου η διακύμανση (σ_{μ}^2) του μάρτυρα (υβρίδιο) να αντιστοιχεί στον μέσο όρο του πληθυσμού. Αυτό είναι δυνατόν με βάση την εκτίμηση της τιμής CV_{π}

(Συντελεστής Παραλλακτικότητας) του πληθυσμού, εφόσον εξ ορισμού $CV = \left(\frac{\sigma}{X}\right)$

(Τυπική Απόκλιση/Μέσος όρος) $\rightarrow CV_{\pi} = \left(\frac{\sigma(\pi)}{X_{\mu}}\right) \rightarrow \sigma_{\pi} = (CV_{\pi} * X_{\mu})$, εφόσον η

διακύμανση εξ ορισμού είναι $\sigma_{\pi}^2 = \sigma_{\pi} * \sigma_{\pi}$ τότε $\sigma_{\pi}^2 = (CV_{\pi} * X_{\mu})^2$

Σύμφωνα με τις προηγούμενες τιμές, υπολογίστηκε η γενετική διακύμανση σ_{g}^2 για κάθε κύκλο επιλογής, ο συντελεστής κληρονομικότητας υπό την ευρεία έννοια $H = \sigma_{g}^2 / \sigma_{\pi}^2$ και ο συντελεστής γενετικής παραλλακτικότητας GCV .

Επί πλέον για να είναι εφικτή η σύγκριση των δεδομένων τόσο μεταξύ των κύκλων επιλογής C_0 , C_1 , C_2 , C_3 Υψηλής και Χαμηλής απόδοσης σε άμυλο (ολικό άμυλο) όσο και για κάθε κύκλο επιλογής, έγινε η αναγκαία διόρθωση των τιμών οι οποίες προέκυψαν από τους διαφορετικούς αγρούς επιλογής και διαφορετική καλλιεργητική περίοδο. Η διόρθωση αυτή έγινε με βάση τις τιμές του μάρτυρα (υβρίδιο) X_{μ} της συγκεκριμένης καλλιεργητικής περιόδου και αγρού επιλογής. Τα δεδομένα (οι τιμές των χαρακτηριστικών) εκφράστηκαν σε ποσοστό των αντιστοίχων μέσων όρων X_{μ} του μάρτυρα (υβρίδιο). Οι σχετικές τιμές μετατράπηκαν σε απόλυτες δια

πολλαπλασιασμού με τον γενικό μέσο όρο των τιμών του X_{μ} (Korkovelos A. E. and Goulas C. K., 2011; Eleftherios A. Bletsos and Christos K. Goulas, 1999; Stratilakis S. N., Goulas C. K., 2002; Agorastos A. G. & Goulas C. K., 2005). Με τον τρόπο αυτό ήταν εφικτή η εκτίμηση της προόδου επιλογής χωριστά τόσο μεταξύ των κύκλων C_0, C_1, C_2, C_3 Υψηλής και Χαμηλής απόδοσης σε άμυλο, όσο και για κάθε κύκλο επιλογής. Η ίδια διαδικασία έγινε και για τα δεδομένα της συνδιακύμανσης, έτσι ώστε να είναι εφικτή η εκτίμηση των συντελεστών Φαινοτυπικής (r_p) και Γονοτυπικής (r_g) συσχέτισης. Η διαδικασία αυτή έλαβε χώρα σε όλα τα εξεταζόμενα χαρακτηριστικά.

Αξιολόγηση της Αποτελεσματικότητας της Άμεσης Επιλογής 2014.

Αξιολογήθηκαν εκτός από τους τρεις κύκλους (C_1, C_2, C_3) υψηλής (H) και χαμηλής (L) απόδοσης σε άμυλο και οι αντίστοιχες επιλογές $C_{1syn0}, C_{2syn0}, C_{3syn0}, C_{4syn0}$ κάθε κύκλου σε πειράματα αγρού. Στα πειράματα έκτος των παραπάνω συμπεριλήφθησαν τα βασικά συστατικά τα οποία συνέθεσαν την C_0 ήτοι το εμπορικό υβρίδιο PRH3.12 και ο Ελληνικός αβελτίωτος πληθυσμός GROPI79, το μεταξύ τους πληθυσμιακό υβρίδιο PRH3.12xGROPI79, το υβρίδιο PRH3.12_{F2} καθώς και το εμπορικό υβρίδιο PR1758 το οποίο μαζί με το αρχικό PRH3.12 θα αποτελέσουν τους περιβαλλοντικούς δείκτες των πειραμάτων. Το γενετικό υλικό των πειραμάτων εμφανίζεται στον Πίν 3.6.

Έγινε ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) χωριστά για κάθε μια από τις τρεις περιοχές καθώς και συνδυασμένη ανάλυση. Στην συνδυασμένη ανάλυση το πρότυπο ήταν μεικτό (mixed model) με τις περιοχές να λαμβάνονται ως τυχαία μεταβλητή και το γενετικό υλικό ως σταθερή. Εφαρμόστηκε το σχέδιο των τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων (ΤΠΟ) με τέσσερις επαναλήψεις. Για την ακρίβεια των εκτιμήσεων και με γνωστή και δεδομένη την διαφορά ως προς την απόδοση μεταξύ των εμπορικών υβριδίων (μαρτύρων) και των πληθυσμών εφαρμόστηκε το παραπάνω σχέδιο με περιορισμένη τυχαιοποίηση (Restricted Randomization) ώστε να υπάρχει η δυνατότητα της ασφαλούς ξεχωριστής ανάλυσης. Μια ομάδα αποτέλεσε το γενετικό υλικό με αύξοντα αριθμό 1-5 (Υβρίδια) και μια δεύτερη οι κύκλοι επιλογής (C_1, C_2, C_3) υψηλής (H) και χαμηλής (L) απόδοσης σε άμυλο και οι αντίστοιχες επιλογές, με αύξοντα αριθμό 6-20 (Πίν 3.6).

Ο διαχωρισμός των μέσων όρων έγινε τόσο με την ελάχιστη σημαντική διαφορά (ΕΣΔ) όσο και με προσχεδιασμένες συγκρίσεις ενός ΒΕ.

Το γενετικό κέρδος (Η απόκριση επιλογής) εκτιμήθηκε με την Μέθοδο του συνολικού κέρδους $R = \left(\frac{C_n - C_0}{C_0} \right) * 100$ (όπου $n = \text{γενεά}$, $C_n = \text{γενεά επιλογής}$, $C_0 = \text{Αρχικός πληθυσμός}$).

Απόκριση και Πρόβλεψη της Επιλογής.

Η ποσοτική γενετική μας δείχνει πώς να επιλέγουμε τα άτομα με την καλλίτερη βελτιωτική τιμή και πώς να προβλέπουμε το αποτέλεσμα ώστε η διαφορά να είναι συγκρίσιμη. Η απλούστερη μορφή επιλογής είναι στην βάση της φαινοτυπικής τιμής. Η αλλαγή η οποία προκαλείται από την επιλογή και μας ενδιαφέρει κυρίως είναι αυτή του μέσου όρου του πληθυσμού. Αυτό ονομάζεται απόκριση επιλογής, συμβολίζεται με το R και είναι η διαφορά της μέσης φαινοτυπικής τιμής μεταξύ των απογόνων των επιλεγμένων γονέων και της συνολικής γενιάς πριν την επιλογή. Το μέτρο της εφαρμοσμένης επιλογής είναι η τιμή της μέσης υπεροχής των επιλεγμένων γονέων το οποίο καλείται διαφορικό επιλογής και συμβολίζεται με το S . Αυτό είναι η φαινοτυπική τιμή των επιλεγέντων ατόμων για γονείς εκφρασμένη σαν απόκλιση από τον μέσο όρο του πληθυσμού, ο οποίος σχηματίστηκε από την μέση φαινοτυπική τιμή όλων των ατόμων της πατρικής γενιάς πριν την επιλογή. Η σύνδεση μεταξύ απόκρισης επιλογής (R) και διαφορικού (S) επιλογής εκφράζεται μέσα από την εξίσωση $R=H^2*S$ (H^2 είναι ο συντελεστής κληρονομικότητα του πληθυσμού ως προ το εξεταζόμενο χαρακτηριστικό). Είναι φανερό ότι η παραπάνω εξίσωση δεν είναι μια πρόβλεψη, αλλά απλά μια περιγραφή, διότι η παλινδρόμηση των απογόνων των γονέων δεν μπορεί να μετρηθεί μέχρι η γενεά των απογόνων ζευγαρώσει. Η εξίσωση $R=H^2*S$, ωστόσο παρέχει, ένα μέσο πρόβλεψης από την γνώση του συντελεστή κληρονομικότητας των προηγούμενων γενεών. Το διαφορικό επιλογής δεν μπορεί να είναι γνωστό μέχρι την επιλογή από τους γονείς. Η πρόβλεψη επιλογής έχει αξία για μόνο μια γενεά επιλογής. Η απόκριση επιλογής εξαρτάται από την κληρονομικότητα του χαρακτηριστικού της γενιάς από την οποία έγινε η επιλογή των γονέων, συνεπώς δεν μπορούμε να μιλάμε για απόκριση στις επόμενες γενεές, χωρίς να επανακαθορίσουμε την κληρονομικότητα. Η κληρονομικότητα αλλάζει για δυο λόγους πρώτον αλλάζει η συχνότητα των γονιδίων, αυτή η αλλαγή μπορεί να μην είναι ορατή διότι η συχνότητα αλλαγής των γονιδίων είναι μικρή και δεύτερον η επιλογή των γονέων μειώνει την διακύμανση και την κληρονομικότητα (Falconer and Mackey, 1996).

Όταν τα επιλεγόμενα θηλυκά φυτά επικονιάζονται ελεύθερα τόσο από τα επιλεγόμενα όσο και από τα μη επιλεγόμενα αρσενικά άτομα του πληθυσμού δηλαδή όταν η επιλογή γίνεται μετά την επικονίαση, η απόκριση για μαζική επιλογή χωρίς έλεγχο της γύρης, είναι $R=1/2*H^2*S$ (Bernardo R., 2002; Σκαράκης Ν. Γ., 2013).

Η απόκριση επιλογής αξιολογείται με τις παρακάτω μεθόδους

1. Μέθοδος συνολικού κέρδους $R = \left(\frac{C_n - C_0}{C_0} \right) * 100$ (n =γενεά, C_n =γενεά επιλογής, C_0 =Αρχικός πληθυσμός). Η απόκριση επιλογής μπορεί να εκφραστεί σε κέρδος ανά γενεά ή ανά έτος. Η απόκριση επιλογής ανά έτος θεωρείται η καλλίτερη εκτίμηση για

το κέρδος σε σύγκριση μεταξύ μεθόδων επιλογής, όταν οι μέθοδοι απαιτούν διαφορετικούς αριθμούς ετών ανά γενεά.

Η γενετική πρόοδος εκτιμάται επίσης ως η διαφορά της μέσης τιμής των κύκλων επιλογής από τον αρχικό πληθυσμό (μέση απόκριση επιλογής) $\Delta G = (\bar{X}_p (C_1 + \dots + C_n) - C_0$.

2. Μέθοδος Παλινδρόμηση $R = \left(\frac{b}{c_0}\right)$ (b=συντελεστής παλινδρόμησης, C_0 =Αρχικός πληθυσμός). Είναι η μέση απόκριση ανά κύκλο επιλογής (παλινδρόμηση των χαρακτηριστικών στους κύκλους επιλογής). Ο συντελεστής παλινδρόμησης μετράει το κέρδος ανά κύκλο επιλογής (Hallauer A. R. and J. B. Miranda Fihlo, 1988).

Διαφορικό Επιλογής και Ένταση Επιλογής.

Το διαφορικό επιλογής μπορεί να προβλεφθεί εκ των προτέρων υπό την προϋπόθεση ότι ισχύει ότι α) οι φαινοτυπικές τιμές των προ επιλογήν χαρακτηριστικών έχουν κανονική κατανομή και β) η επιλογή είναι από αποκοπή (truncation). Η επιλογή αποκοπής όπου τα άτομα επιλέγονται αυστηρά από την φαινοτυπική τους τιμή και κανένα δεν μπορεί να επιλεγεί από αυτά τα οποία έχουν απορριφτεί.

Κάτω από αυτές τις συνθήκες το διαφορικό επιλογής εξαρτάται μόνον από την αναλογία του πληθυσμού, ο οποίος περιλαμβάνεται μεταξύ των επιλεγέντων ομάδων και από την Φαινοτυπική απόκλιση του χαρακτηριστικού. Η απόκριση επιλογής μπορεί να γενικευθεί εάν το διαφορικό επιλογής εκφράζεται σε σχέση με την Φαινοτυπική τυπική απόκλιση σ_p . Αυτή η ομογενοποίηση του διαφορικού επιλογής S/σ_p ονομάζεται ένταση επιλογής, και συμβολίζεται με το i . Έτσι το διαφορικό επιλογής γίνεται $S=i*\sigma_p$ και από το $R=h^2S$, γίνεται $R=i*h^2*\sigma_p$. Η ένταση επιλογής i , εξαρτάται μόνο από την αναλογία του πληθυσμού, ο οποίος περιλαμβάνεται μεταξύ των επιλεγέντων ομάδων, με την προϋπόθεση της κανονικής κατανομής των τιμών (Falconer and Mackey, 1996).

Πραγματικός Συντελεστής Κληρονομικότητας (Realized Heritability)

Η απόκριση ανά γενεά περιγράφει τι συνέβη, αλλά δεν λαμβάνει υπ όψιν το μέγεθος της επιλογής που εφαρμόστηκε. Απαιτείται ως εκ τούτου ένα μέσο για να περιγραφεί πως η απόκριση στην επιλογή (R), σχετίζεται με το διαφορικό επιλογής. Αυτό γίνεται με την έκφραση της απόκρισης σαν αναλογία του διαφορικού επιλογής (S) δηλαδή το κλάσμα R/S . Το διαφορικό επιλογής κατάλληλα σταθμισμένο είναι το άθροισμα των διαδοχικών γενεών έτσι ώστε να δίνει την συνολική επιλογή μέχρι την γενεά αναφοράς. Το διαφορικό επιλογής μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν μέσο για την εκτίμηση της κληρονομικότητας του βασικού πληθυσμού, διότι η αναμενόμενη τιμή του κλάσματος R/S είναι η κληρονομικότητα και δίνεται από την εξίσωση $h_r^2=R/S$.

Η εκτίμηση της κληρονομικότητας με αυτόν τον τρόπο καλείται Πραγματικός Συντελεστής Κληρονομικότητας (Realized Heritability) διότι αυτή αποτελεί πρωτίστως μια περιγραφή της απόκρισης, όμως ίσως για αρκετούς λόγους δεν παρέχει μια έγκυρη εκτίμηση της κληρονομικότητας του βασικού πληθυσμού, διότι α) οι αποκρίσεις των χαρακτηριστικών με υψηλή κληρονομικότητα αναμένεται να μειωθούν μετά την πρώτη γενεά επιλογής, με αποτέλεσμα ο συντελεστής αυτός μετά την πρώτη γενεά θα υποεκτιμά την κληρονομικότητα του βασικού πληθυσμού και β) εάν υπάρχουν συστηματικές διαφοροποιήσεις εξ αίτιας του περιβάλλοντος ή του ομομοικτικού εκφυλισμού, αυτό θα μπορούσε να περιλαμβάνεται στην απόκριση.

Αλλαγές εξ αιτίας τυχαίων παρεκκλίσεων συχνά συνδέονται με την απόκριση. Η επίδραση των τυχαίων παρεκκλίσεων μπορεί εμπειρικά να εκτιμηθεί με την επανάληψη της επιλογής. Επιλογή προς δυο διαφορετικές κατευθύνσεις έχει σαν αποτέλεσμα δυο διαφορετικούς Πραγματικούς Συντελεστές Κληρονομικότητας, η τιμή του καθενός περιγράφει την απόκριση της επιλογής, όμως δεν μπορούν και οι δυο μαζί να δώσουν μια εκτίμηση της κληρονομικότητας του βασικού πληθυσμού. Αμερόληπτη εκτίμηση της κληρονομικότητας του βασικού πληθυσμού μπορεί να πραγματοποιηθεί από την απόκριση της επιλογής μέσω REML ανάλυσης (Restricted Maximum LikeHood) (Falconer and Mackey, 1996).

Ο Πραγματικός Συντελεστής Κληρονομικότητας ανά γενεά στην έμμεση επιλογή (2010-2013) εκτιμήθηκε ως ο λόγος $h_r^2=R/S$, όπου απόκριση επιλογής $R=C_nH-C_nL$ και διαφορικό επιλογής $S=C_{nsyn0}H-C_{nsyn0}L$ (C_nH , C_nL =η μέση τιμή της γενιάς n για τους πληθυσμούς υψηλής (C_nH) και χαμηλής (C_nL) απόδοσης σε άμυλο και $C_{nsyn0}H$, $C_{nsyn0}L$ =η μέση τιμή των επιλεγμένων της γενιάς n για τους πληθυσμούς υψηλής (C_nH) και χαμηλής (C_nL) απόδοσης σε άμυλο αντίστοιχα, n =η γενεά), ενώ ο Μέσος Πραγματικός Συντελεστής Κληρονομικότητας ως η μέση τιμή των Πραγματικών Συντελεστών Κληρονομικότητας των γενεών.

Ο Μέσος Πραγματικός Συντελεστής Κληρονομικότητας στην άμεση επιλογή εκτιμήθηκε ως ο λόγος $h_r^2=R/S$, όπου R είναι η μέση πραγματική απόκριση επιλογής ήτοι $R=[(C_1+\dots+C_n)H- (C_1+\dots+C_n)L]$ και S είναι το μέσο διαφορικό επιλογής ήτοι $S=[(C_{1syn0}+\dots+C_{nsyn0})H- (C_{1syn0}+\dots+C_{nsyn0})L]$ (Σκαράκης Ν. Γ., 2013)

Ετέρωση

Η αρχή για της έννοια της ετέρωση στο καλαμπόκι γίνεται από την αναφορά της μελέτης του Shull (1908) στο “The composition of a field of maize”. Το 1952 ο ίδιος ερευνητής συνόψισε τις μελέτες του και προφανώς ήταν η πρώτη σωστή προσπάθεια για την ερμηνεία των φαινομένων του ομομοικτικού εκφυλισμού και της ευρωστίας των υβριδίων

Η ευρωστία των υβριδίων και η ετέρωση είναι σχεδόν συνώνυμες έννοιες. Η λέξη ετέρωση επινοήθηκε από τον Shull (1914) ώστε να βοηθήσει στην ερμηνεία του χαρακτηρισμού του φαινομένου, αλλά η περιγραφή δεν περιείχε τον γενετικό μηχανισμό ο οποίος εμπλέκεται με την έκφραση του φαινομένου. Η ετέρωση είναι ένα φαινόμενο το οποίο δεν έχει κατανοηθεί καλά αλλά έχει εντατικά αξιοποιηθεί στην βελτίωση για εμπορικούς σκοπούς. Η καλλιέργεια των υβριδίων χρησιμοποιείται για εμπορική παραγωγή στα είδη των καλλιεργειών όπου η έκφραση της ετέρωσης είναι σημαντική. Η εμπορική χρήση των υβριδίων περιορίζεται, σε εκείνες τις καλλιέργειες όπου η ετέρωση είναι ικανή να δικαιολογήσει το επιπλέον κόστος το οποίο απαιτείται για την παραγωγή σπόρων υβριδίου (Hallauer A. R. and J. B. Miranda Fihlo, 1988).

Η ευρωστία των υβριδίων στο καλαμπόκι εκδηλώνεται στους απογόνους των ομόμεικτων σειρών, οι οποίες διακρίνονται για την υψηλή ειδική συνδυαστική ικανότητα τους (SCA). Είναι κατανοητό ότι η γενετική απόκλιση των διασταυρώσεων των πατρικών σειρών είναι σημαντική για την έκφραση της ευρωστίας των υβριδίων (Collins, 1910), αλλά το εύρος της γενετικής απόκλισης περιορίζει την έκφραση της ετέρωσης (Moll et al., 1965). Η ετέρωση μπορεί να προκύψει σαν αποτέλεσμα των ετερωτικών σχημάτων (Hallauer and Carena, 2009). Ένα ετερωτικό σχήμα είναι η διασταύρωση μεταξύ δυο γνωστών γονοτύπων οι οποίοι εκφράζουν ένα υψηλό επίπεδο ετέρωσης (Carena and Hallauer, 2001), παράδειγμα οι ομόμεικτες σειρές του Iowa Stiff Stalk σε διασταύρωση με Synthetic Lancaster Sure Crop. Από τα δεδομένα συμπεραίνεται ότι υβρίδια προερχόμενα από ομόμεικτες σειρές με διαφορετικό γενετικό υλικό έχουν υψηλότερη απόδοση σε σχέση με το να προέρχονταν από παρόμοιο γενετικό υλικό. Η πρόβλεψη για καλό υβριδικό συνδυασμό είναι μια βελτιωτική διαδικασία η οποία απαιτεί καλή γνώση του γενετικού υλικού και καλό πειραματισμό. Ο έλεγχος της έκφρασης της ετέρωσης των πατρικών σειρών στους υβριδικούς συνδυασμούς είναι πολύ σημαντικός (Hallauer A. R. and J. B. Miranda Fihlo, 1988).

Ο σπόρος των υβριδίων χρειάζεται να αγοράζεται κάθε χρόνο και αυτό είναι ένα εμπορικό κίνητρο. Αλλαγές στις βελτιωτικές μεθόδους προκαλούν επίσης αλλαγές στον πολλαπλασιασμό των σπόρων. Η Ετέρωση ή ευρωστία των υβριδίων και ο ομομεικτικός εκφυλισμός είναι έννοιες συμπληρωματικές μεταξύ τους, και τα δυο φαινόμενα παρατηρούνται στις ίδιες μελέτες. Οι βελτιωτικές μέθοδοι του καλαμποκιού έχουν αναπτυχθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να εκμεταλλεύονται την εκδήλωση της ετέρωσης στην διασταύρωση των ομομεικτων σειρών. Αρκετές μελέτες αξιολόγησης των ελεύθερα επικονιαζόμενων ποικιλιών (OPv) και των διασταυρώσεως τους στις αρχές του 20^{ου} αιώνα συνοψίζονται από τον Richey (1922).

Η απόδοση των διασταυρώσεων απέκτησε μεγάλο ενδιαφέρον μετά το 1950 εξ αιτίας της ανάπτυξης της ποσοτικής γενετικής και των μεθόδων της επαναλαμβανόμενης επιλογής για την βελτίωση των πληθυσμών. Διαφορές απόψεων σχετικά με την

κυριαρχία και την υπερκυριαρχία στην έκφραση της ετέρωσης, το προφανές όριο απόδοσης των διπλών υβριδίων και το δυναμική της επαναλαμβανόμενης επιλογής για την βελτίωση των πληθυσμών, αποτέλεσαν ερέθισμα για την ανάπτυξη των μεθόδων βελτίωσης του καλαμποκιού. Το προφανές όριο απόδοσης υποδηλώνει ότι κατάλληλο γενετικό υλικό δεν ήταν παρόν στις ελεύθερα επικονιαζόμενες ποικιλίες (OPv) ώστε να προκύψει η υπέροχη των διπλών υβριδίων.

Η ποσοτική γενετική αναφέρεται στην μελέτη των πληθυσμών και η επαναλαμβανόμενη επιλογή προτείνει την χρήση δυο βασικών πληθυσμών και την επιλογή για γενική και ειδική συνδυαστική ικανότητα. Σε κάθε περίπτωση η χρήση των ελεύθερα επικονιαζόμενων ποικιλιών (OPv) είναι σημαντική, διότι αυτές αποτελούν πηγή πληθυσμών οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την δημιουργία μιας αρχικής ομάδος ομόμεικτων σειρών, καθώς επίσης και σαν πηγή βελτιωμένου γενετικού υλικού (Hallauer A. R. and J. B. Miranda Fihlo, 1988).

Δυο μέθοδοι έχουν προταθεί για την μέτρηση της απόδοσης του υβριδίου σε σχέση με τους γονείς του:

➤ Ετέρωση ως προς την μεσογονική τιμή. Η σχέση του υβριδίου ως προς τον μέσο όρο των γονέων και δίνεται από τον τύπο:

$$MPH=100*\frac{F_1 - MP}{MP} \text{ (Ετέρωση)}$$

MPH=Ετέρωση ως προς την μεσογονική τιμή, $F_1=H$ τιμή του υβριδίου, $MP=ο$ μέσος όρος των δύο γονέων (μεσογονική τιμή) $[(P_1+P_2)/2]$

➤ Ετέρωση ως προς τον καλλίτερο γονέα. Η σχέση του υβριδίου ως προς τον καλύτερο γονέα και δίνεται από τον τύπο:

$$BPH=100*\frac{F_1 - BP}{BP} \text{ (Ωφέλιμη Ετέρωση).}$$

BPH=Ετέρωση ως προς τον καλλίτερο γονέα, $F_1=H$ τιμή του υβριδίου, $BP=H$ τιμή του καλλίτερου γονέα

Η Ετέρωση ως προς τον καλλίτερο γονέα χρησιμοποιείτε λιγότερο όμως παρέχει καλλίτερες και πιο ακριβείς πληροφορίες (Hallauer A. R. and J. B. Miranda Fihlo, 1988). Ο όρος ετέρωση είναι χρήσιμος στο να εξηγήσει τη δράση των γονιδίων, ενώ ο όρος ωφέλιμη ετέρωση είναι καταλληλότερος για να εξηγήσει την οικονομική σημασία ενός ειδικού F_1 ή F_2 υβριδίου (Meredith W. R. and Bridge R. R., 1972).

Η ύπαρξη ετέρωσης είναι ένας δείκτης κυριαρχικής (dominance) ή επιστατικής δράσης (dominance x dominance) των γονιδίων (Meredith William, 1984). Παρόλο που μέχρι σήμερα δεν είναι γνωστό πού οφείλεται η ετέρωση, εν τούτοις, έχει γίνει κατ' εξοχήν αξιοποίηση του φαινομένου στη βελτίωση των φυτών. Οι θεωρίες που προσπαθούν να εξηγήσουν την ετέρωση είναι αυτές της κυριαρχίας, της υπερκυριαρχίας, της επίστασης και της φυσιολογικής συμπλήρωσης (Γούλας

Χρήστος, 1994). Πολλές μέθοδοι ανάλυσης με μοριακούς δείκτες έχουν ενισχύσει (Stuber C. W. Et al., 1992; Xiao J., Li J. and Tanksley S. D., 1995) τις δύο κλασσικές θεωρίες σχετικά με την ετέρωση, δηλαδή, την κυριαρχία (Bruce A. B., 1910) και την υπερκυριαρχία (Shull G. H., 1908; East E. M., 1936). Μια τρίτη θεωρία για την ετέρωση, η επίσταση, (Stuber C. W. Et al., 1992; Stuber C. W. Et al., 1973) αποδείχθηκε πρόσφατα ότι παίζει σημαντικό ρόλο στην ετέρωση του Shanyou 63, ενός elite υβριδίου ρυζιού (*Oryza sativa* vs Shanyou 63 (Yu S. B. et al., 1997; Hua J. P. et al., 2003). Πρόσφατες έρευνες έχουν προτείνει, επίσης, την επίσταση και την κυριαρχία ως την αρχική γενετική βάση της ετέρωσης στο ρύζι (Li Z. K. et al., 2001; Luo L. J. et al., 2001).

3.2.8. Επεξεργασία Δεδομένων

Τα δεδομένα αναλύθηκαν χωριστά ανά περιβάλλον και σε συνδυασμένη ανάλυση (ANOVA). Το στατιστικό πρότυπο ήταν μεικτό (Mixed Model) με τις τοποθεσίες να αποτελούν την τυχαία μεταβλητή και τα υβρίδια τη σταθερή. Ο διαχωρισμός των μέσων όρων έγινε με την ΕΣΔ και την εφαρμογή επιλεγμένων συγκρίσεων ενός ΒΕ.

Η στατιστική ανάλυση έγινε ξεχωριστά για τα αποτελέσματα του κάθε πειραματικού αγρού μέσω των στατιστικών λογισμικών JMP (v.8), SPSS (v.18). Τα δεδομένα για όλα τα εξεταζόμενα χαρακτηριστικά (απόδοση σε καρπό, σε άμυλο (ολικό άμυλο), σε βιομάζα σε άξονες, σε υγρασία καρπού, σε εκατοστιαία περιεκτικότητα επί της ξηράς ουσίας σε άμυλο, πρωτεΐνη, λιπαρά, ημέρες άνθησης, ύψος φυτού, απόδοση σε βιοαιθανόλη), υποβλήθηκαν σε έλεγχο κανονικότητας της κατανομής των μετρήσεων και ομοιογένειας των διακυμάνσεων. Στην συνδυασμένη ανάλυση ο συνδυασμός τοποθεσίας και έτους θεωρήθηκε ως περιβάλλον (Bernardo R., 2002). Έτσι, τα δεδομένα των πειραματικών αγρών της Θέρμης Θεσσαλονίκης (2008, 2009) για την αξιολόγηση των ΟΡν θεωρήθηκαν ως δυο ξεχωριστά περιβάλλοντα, τα δεδομένα των πειραματικών αγρών της αξιολόγησης της επιλογής γενετικού υλικού σε Θέρμη και Ν Ζωή Θεσσαλονίκης (2010) θεωρήθηκαν ως δυο ξεχωριστά περιβάλλοντα και τέλος τα δεδομένα του 2014 για την αξιολόγηση της προόδου επιλογής του γενετικού υλικού σε Θέρμη, Ν. Ζωή Θεσσαλονίκης και Μουριές του Κιλκίς, θεωρήθηκαν ως τρία ξεχωριστά περιβάλλοντα.

3.2.9. Γενετικές Παράμετροι

Οι γενετικές παράμετροι για κάθε πειραματικό αγρό ξεχωριστά, περιελάμβαναν τη περιβαλλοντική (σ_E), τη γονοτυπική (σ_G), και τη Φαινοτυπική διακύμανση (σ_P). Επίσης τον συντελεστή κληρονομικότητας υπό ευρεία έννοια (H), καθώς και τον γενετικό (GCV) και το φαινοτυπικό συντελεστή παραλλακτικότητας (PCV). Οι υπολογισμοί των ανωτέρω παραμέτρων, έγινε επί τη βάση του μέσου όρου του κάθε

παράγοντα, και στηρίχθηκαν στις τιμές των μέσων τετραγώνων (MT) των πηγών παραλλακτικότητας με βάση τη θεωρητική τους σύσταση (Κεφάλαιο 1, Πίν. 1.1):

$$\sigma_E = MT_{\sigma\acute{\alpha}\lambda\mu\alpha\tau\omicron\varsigma}$$

$$\sigma_G = \frac{MT_G - MT_{\sigma\acute{\alpha}\lambda\mu\alpha\tau\omicron\varsigma}}{r} \quad \sigma_P = \frac{MT_G}{r} \quad H = \frac{\sigma_G}{\sigma_P} 100\%$$

$$GCV = \frac{\sqrt{\sigma_G}}{\bar{Y}} 100\% \quad PCV = \frac{\sqrt{\sigma_P}}{\bar{Y}} 100\%$$

Όπου r , E , και \bar{Y} είναι ο αριθμός των επαναλήψεων, των περιβαλλόντων και ο μέσος όρος του πειράματος αντίστοιχα.

Ο υπολογισμός των παραμέτρων σ_E , σ_G , $\sigma_{G \times E}$, σ_P , H , GCV και PCV για τα αποτελέσματα της συνδυασμένης ανάλυσης, έγινε με βάση τη θεωρητική σύσταση των μέσων τετραγώνων των γονοτύπων, των περιβαλλόντων, και της αλληλεπίδρασης γονοτύπου x περιβάλλον (Κεφάλαιο 1, Πίν. 1.2):

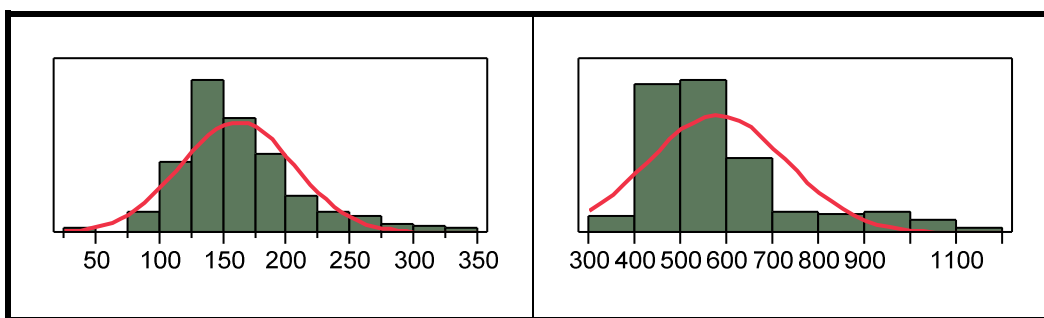
$$\sigma_G = \frac{MT_G - MT_{\sigma\acute{\alpha}\lambda\mu.}}{r * E} \quad \sigma_P = \sigma_G + \frac{\sigma_{G \times E}}{E} + \frac{\sigma_E}{r * E} \quad \sigma_{G \times E} = \frac{MT_{G \times E} - MT_{\sigma\acute{\alpha}\lambda\mu.}}{r}$$

Όπου r , E , και \bar{Y} είναι ο αριθμός των επαναλήψεων των περιβαλλόντων και ο μέσος όρος του πειράματος αντίστοιχα.

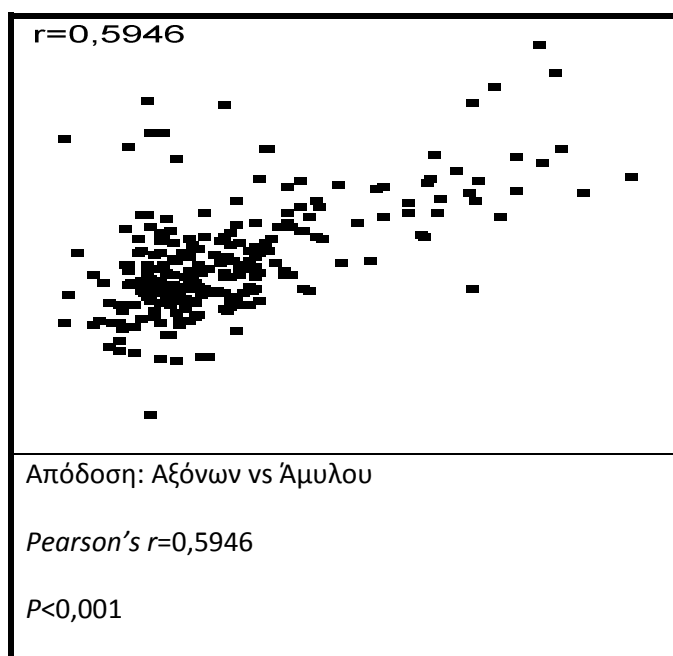
3.2.10. Μεθοδολογία κατασκευής δείκτη αξιολόγησης των αγρονομικών χαρακτηριστικών γονοτύπων για την παραγωγή βιοαιθανόλης πρώτης και δεύτερης γενιάς

Ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία με την κατασκευή του δείκτη όπως αναφέρθηκε στο 2ο κεφάλαιο. Στην ενότητα αυτή, για την δημιουργία δείκτη αξιολόγησης γονοτύπων ως προς την παραγωγή βιοαιθανόλης πρώτης και δεύτερης γενιάς χρησιμοποιήθηκαν τα χαρακτηριστικά α) απόδοση σε ολικό άμυλο (α' γενεά) και απόδοση σε άζονες (β' γενεά)

Όπως έχει αναφερθεί, οι γονότυποι έχουν το ρόλο των “αντικειμένων”, ενώ οι τιμές απόδοση σε ολικό άμυλο και η απόδοση αζόνων, δηλαδή των σημαντικών γνωρισμάτων για την παραγωγή βιοαιθανόλης, έχουν το ρόλο των “μεταβλητών”. Από το Διάγραμμα 3.1 διαπιστώνεται ότι και οι δυο τιμές δεν προσαρμόζονται ικανοποιητικά στην κανονική κατανομή. Από το Διάγραμμα 3.2 διαπιστώνεται ότι η γραμμική συσχέτιση μεταξύ της απόδοσης σε άμυλο και της απόδοσης σε άζονες βρέθηκε μέτριας ισχυρής εντάσεως ($r=0,596$).



Διάγραμμα 3.1.: Κατανομή των τιμών απόδοσης σε άξονες, και σε ολικό άμυλο.



Διάγραμμα 3.2.: Συσχέτιση μεταξύ των αγρονομικών χαρακτηριστικών.

Οι αρχικές τιμές των δυο επιμέρους κύριων αγρονομικών χαρακτηριστικών για την παραγωγή βιοαιθανόλης ομαδοποιήθηκαν σε κλάσεις. (Πίν. 3.7). Σύμφωνα με την ομαδοποίηση, σε κάθε δείκτη ορίστηκαν τρεις κλάσεις τιμών με τρόπο ώστε η πρώτη να περιλαμβάνει το 25% των χαμηλότερων τιμών, η δεύτερη το 50% των μεσαίων τιμών και η τρίτη κλάση το 25% των υψηλότερων τιμών κάθε δείκτη.

Πίνακας 3.7.: Όρια κλάσεων για τις Μεταβλητές “Αγρονομικά χαρακτηριστικά”, (επί μέρους δείκτες), για την παραγωγή βιοαιθανόλης

Κλάσεις	Όρια	Άξονες	Άμυλο
Κλάση 1	Από	34.32	345.60
	Έως	132.49	478.96
Κλάση 2	Από	133.10	479.48
	Έως	181.27	617.28
Κλάση 3	Από	182.62	617.87
	Έως	334.96	1144.40

Υπολογίστηκαν οι συντεταγμένες των τριών κλάσεων της κάθε μεταβλητής επί του πρώτου παραγοντικού άξονα (πρώτη κύρια συνιστώσα). Οι συντεταγμένες αυτές αποτελούν τις νέες βέλτιστες ποσοτικοποιημένες τιμές των κλάσεων κάθε μεταβλητής (Πίν. 3.8).

Πίνακας 3.8.: Βέλτιστα ποσοτικοποιημένες τιμές των τριών κλάσεων της κάθε μεταβλητής “Αγρονομικά χαρακτηριστικά” (επί μέρους δείκτες) για την παραγωγή βιοαιθανόλης.

Μεταβλητές	Κλάσεις	Συχνότητα (%)	Βέλτιστη Τιμή
Μεταβλητή Άξονες	Κλάση 1	120 (25%)	-0.885
	Κλάση 2	240 (50%)	-0.407
	Κλάση 3	120 (25%)	1.699
Μεταβλητή Άμυλο	Κλάση 1	120 (25%)	-0.577
	Κλάση 2	240 (50%)	-0.577
	Κλάση 3	120 (25%)	1,732

Για κάθε γονότυπο υπολογίστηκε ο σταθμισμένος μέσος των αντίστοιχων συντεταγμένων των κλάσεων που τον χαρακτηρίζουν σε κάθε μεταβλητή. Τα “βάρη” τα οποία χρησιμοποιήθηκαν ήταν για τη μεταβλητή απόδοση σε ολικό άμυλο το 10 και για τη μεταβλητή απόδοση σε άξονες το 8.

Ο σταθμισμένος μέσος όρος αποτελεί το γενικό δείκτη παραγωγής βιοαιθανόλης. Τα βάρη ανατέθηκαν στην κάθε μεταβλητή με βάση την σημασία των παραπάνω μεταβλητών η οποία έχει αναφερθεί εκτενώς στο πρώτο κεφάλαιο

3.3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΣΥΖΗΤΗΣΗ.

3.3.1. Πειραματισμός και Αξιολόγηση του Γενετικού Υλικού 2008-2009

Τα δεδομένα από την διαδικασία αξιολόγησης των πηγών του γενετικού υλικού (Πληθυσμοί, Εμπορικά Υβρίδια κλπ) προκειμένου να δημιουργηθεί ο κατάλληλος πληθυσμός C₀ σχολιάζονται στην συνέχεια. Την περίοδο 2008-2009 αξιολογήθηκαν πληθυσμοί προέλευσης CIMMYT, Ελληνικοί αβελτίωτοι καθώς και πληθυσμοί οι οποίοι πρόεκυψαν από την F₂ εμπορικών υβριδίων. Η συνδυασμένη ανάλυση της διακύμανσης εμφανίζεται στον Πίν 3.9. Στους Πίν. 3.9 και 3.10 οι αναλύσεις και οι παράμετροι έχουν εκτιμηθεί χωρίς την συμμετοχή των υβριδίων μαρτύρων. Τα

αποτελέσματα για κάθε περιβάλλον ξεχωριστά εμφανίζονται στο παράρτημα (Π.Π.3.1., Π.Π.3.2).

Όπως ήταν αναμενόμενο οι διαφορές μεταξύ των πληθυσμών ήταν σημαντικές για όλα τα χαρακτηριστικά τα οποία μελετήθηκαν. Η αλληλεπίδραση (GxE) ήταν σημαντική για τα περισσότερα των χαρακτηριστικών συμπεριλαμβανομένης και της απόδοσης (Πίν. 3.9.). Η συμμετοχή της αλληλεπίδρασης στην φαινοτυπική διακύμανση της απόδοσης ήταν χαμηλή (16%, μικρότερη από 20-22%) και δεν επηρεάζει την κατάταξη των γονοτύπων. Δεδομένου ότι η συμμετοχή του γονότυπου στην φαινοτυπική διακύμανση ήταν μέτρια έως πολύ μεγάλη και κυμάνθηκε από 31.0% στην υγρασία έως 96.0% στην ανθοφορία τα δεδομένα αξιολογούνται σαν μέσος όρος των δυο περιβαλλόντων (Πίν. 3.10). Αυτό επίσης ενισχύεται και από το γεγονός της μικρής σχετικής συμμετοχής των περιβαλλόντων στο συνολικό άθροισμα των τετραγώνων το οποίο κυμάνθηκε από 3.1% για την υγρασία του καρπού μέχρι 30.1% για την ανθοφορία (Πίν. 3.9). Η αλληλεπίδραση (GxE) έχει σημασία μόνο για το ASI και την υγρασία συγκομιδής (Πίν. 3.10).

Η παραγωγική συμπεριφορά των γονοτύπων παρουσιάζεται στον Πίν. 3.11. Το δυναμικό απόδοσης των ξένων βελτιωμένων πληθυσμών υστέρησε σε σχέση με τον μέσο όρο των εμπορικών υβριδίων σε ένα εύρος το οποίο κυμάνθηκε μεταξύ 31.05% (GROP316) και 66.41% (GROP318). Η αντίστοιχη υστέρηση της απόδοσης των Ελληνικών τοπικών αβελτίωτων πληθυσμών κυμάνθηκε από 37.42% (GROP012) έως 73.15% (GROP179). Οι εκτιμήσεις αυτές είναι ανάλογες με τις αναφερόμενες στην κατηγορία αυτή του γενετικού υλικού (Γούλας et al., 1997; Αγοραστός Α. Γ. and Γούλας Χ. Κ., 2003) . Ενδιαφέρουσα περίπτωση αποτελεί το παραγωγικό δυναμικό του Ελληνικού αβελτίωτου πληθυσμού GROP012 με προέλευση Χαλκιδική, ο οποίος υστερεί κατά 9.23% και 8.36% από τους ξένους βελτιωμένους (GROP316) και ξένους βελτιωμένους CIMMYT (GROP323), ενώ οι Ελληνικοί αβελτίωτοι υστερούν κατά μέσο όρο 23.06% και 18.82% αντίστοιχα.

Η γενετική διακύμανση (σ^2_G) εκφρασμένη σε μονάδες γενετικού συντελεστή παραλλακτικότητας (GCV) κυμάνθηκε από 7.95% για την υγρασία συγκομιδής έως 25.36 % για την απόδοση σε καρπό, γεγονός το οποίο μας δίνει την δυνατότητα αποτελεσματικής αξιοποίησης σε προγράμματα βελτίωσης για όλα τα χαρακτηριστικά (εκτός υγρασία συγκομιδής). Το ίδιο ισχύει και για την φαινοτυπική διαφοροποίηση (σ^2_p) σε τιμές φαινοτυπικού συντελεστή παραλλακτικότητας (PCV), ο οποίος κυμάνθηκε από 13.89% για την υγρασία συγκομιδής έως 28.79% για την απόδοση σε καρπό (Πίν. 3.10.).

Σύμφωνα με την ΕΣΔ, η δυνατότητα διαφοροποίησης μεταξύ των γονοτύπων ($[(ΕΣΔ/ΜΟ)*100]$) είναι πολύ μικρή και κυμαίνεται μεταξύ 6.95% για την ανθοφορία και 17.25% για την απόδοση (εκτός από το ύψος του φυτού και του ASI όπου ήταν

αντίστοιχα 36.58 και 38.58%), έτσι σημασία έχει ο σχολιασμός των γονοτύπων σε ομάδες σύμφωνα με τον Πίν. 3.11.

Εφαρμόζοντας συγκρίσεις 1 ΒΕ ανά κατηγορία γενετικού υλικού (R.G. Peterson, 1994; Robert G. D. Steel, 1996) προκύπτει ότι ως προς την απόδοση σε καρπό τα εμπορικά υβρίδια υπερτερούν στατιστικά σημαντικά όλων των κατηγοριών και μόνο οι ξένοι βελτιωμένοι πληθυσμοί δεν διαφέρουν μεταξύ τους Ως προς την υγρασία συγκομιδής και τις ημέρες άνθισης, οι Ελληνικοί τοπικοί αβελτίωτοι πληθυσμοί διαφέρουν στατιστικά από όλες τις ομάδες (χαμηλότερη υγρασία συγκομιδής, πρωιμότερη ανθοφορία) παρουσιάζοντας έτσι την καλλίτερη προσαρμοστικότητα στις ξηροθερμικές συνθήκες της χώρας μας. Αναφορικά με τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά υπάρχουν ελάχιστες διαφορές μεταξύ των κατηγοριών του γενετικού υλικού σχετικά με την περιεκτικότητα σε λιπαρά. Οι ξένοι βελτιωμένοι προέλευσης CIMMYT διαφέρουν από όλες τις ομάδες ως προς την περιεκτικότητα σε άμυλο, ενώ το ίδιο συμβαίνει με τους Ελληνικούς αβελτίωτους ως προς την πρωτεΐνη. Τα εμπορικά υβρίδια υπερέχουν στατιστικά σημαντικά όλων των κατηγοριών ως προς το ASI και μόνο οι ξένοι βελτιωμένοι πληθυσμοί προέλευσης CIMMYT και οι Ελληνικοί αβελτίωτοι δεν διαφέρουν μεταξύ τους. Ως προς το ύψος φυτού, οι Ελληνικοί πληθυσμοί διαφέρουν στατιστικά σημαντικά από όλες τις ομάδες, οι οποίες όμως δεν διαφέρουν μεταξύ τους (Πίν. 3.11).

Πίνακας 3.9.: Μέσα Τετράγωνα και Επιμερισμός του Συνολικού Αθροίσματος Τετραγώνων της Συνδυασμένης Ανάλυσης Παραλλακτικότητας του Γενετικού Υλικού σε δυο Αγρονομικά Περιβάλλοντα (2008 και 2009).

Πηγή Διακύμανσης	Αγρονομικά Χαρακτηριστικά							
	Μέσα Τετράγωνα							
	Απόδοση Καρπού	Άμυλο % ξ.ο. (2009)	Υγρασία Καρπού (%)	Ήμερες Άνθησης	ASI	Ύψος Φυτού (2009)	Λιπαρά % ξ.ο. (2009)	Πρωτεΐνη % ξ.ο. (2009)
Περιβάλλον [E]	756523.2**		51.5**	4106.7**	58.8*			
Επαναλήψεις [Περιβάλλον]	31103.1*		7.3ns	5.3ns	0.4ns			
Γονότυπος (G)	193543.6**	2.5**	55.4**	543.4**	13.7*	2049.8*	0.1**	1.1**
Γονότυπος x Περιβάλλον (GxE)	43386.4**		38.3**	18.8ns	9.3*			
Σφάλμα	11751.0	0.4	3.0	19.346	4.3	867.1	0.01	0.1
ΣΠ%	20.06	0.08	9.36	7.48	39.53	19.53	2.85	3.86
	Επιμερισμός Συνολικού Αθροίσματος Τετραγώνων							
Περιβάλλον [E]	14.4		3.1	30.1	7.9			
Επαναλήψεις [Περιβάλλον]	3.6		2.7	0.2	0.3			
Γονότυπος (G)	51.6	65.3	46.8	55.8	25.6	40.9	66.3	75.6
Γονότυπος x Περιβάλλον (GxE)	11.6		32.4	1.9	17.5			
Σφάλμα	18.8	34.0	15.0	11.9	48.7	51.9	30.1	22.6

Τα χαρακτηριστικά Άμυλο % ξ.ο, Λιπαρά % ξ.ο, Πρωτεΐνη % ξ.ο και Ύψος Φυτού Αξιολογήθηκαν μόνο το 2009
ns=Μη Στατιστικά Σημαντικό, *Σημαντικότητα σε Επίπεδο P= .005,** Σημαντικότητα σε Επίπεδο P=.001

Πίνακας 3.10.: Εκτίμηση Συστατικών Διακύμανσης, Επιμερισμός Φαινοτυπικής Διακύμανσης, Γενετικές Παράμετροι του Γενετικού Υλικού σε δυο Αγρονομικά Περιβάλλοντα (2008 και 2009)

Αγρονομικά Χαρακτηριστικά								
Συστατικά Διακύμανσης	Εκτίμηση Συστατικών Διακύμανσης							
	Απόδοση Καρπού Kg/στρ	Άμυλο % ξ.ο. (2009)	Υγρασία Καρπού (%)	Ήμερες Ανθησης	ASI	Ύψος Φυτού	Λιπαρά % ξ.ο. (2009)	Πρωτεΐνη % ξ.ο. (2009)
$\sigma^2_{(E)}$	11894.5		0.54	68.03	0.90			
σ^2_G	18769.6	0.52	2.14	65.57	0.54	295.68	0.021	0.26
$\sigma^2_{(GxE)}$	7908.9		8.83	0.00	1.25			
σ^2_e	11751	0.43	2.96	19.34	4.33	867.12	0.015	0.11
Επιμερισμός Φαινοτυπικής Διακύμανσης								
$\sigma^2_p (=100)$	24192.9	0.63	6.92	67.99	1.71	512.46	0.025	0.29
$\% \sigma^2_G$	0.78	0.83	0.31	0.96	0.32	0.58	0.85	0.90
$\% \sigma^2_{(GxE)}$	0.16		0.64	0.00	0.37			
$\% \sigma^2_e$	0.06	0.17	0.05	0.04	0.32	0.42	0.15	0.10
Γενετικές Παράμετροι								
GCV%	25.36	0.96	7.95	13.78	13.98	11.41	3.39	5.83
PCV%	28.79	1.06	13.89	14.03	24.81	15.01	3.62	6.14

Τα χαρακτηριστικά Άμυλο % ξ.ο, Λιπαρά % ξ.ο, Πρωτεΐνη % ξ.ο και Ύψος Φυτού Αξιολογήθηκαν μόνο το 2009

Πίνακας 3.11.: Αξιολόγηση της Μέσης Παραγωγικής Συμπεριφοράς του Γενετικού Υλικού σε δυο αγρονομικά Περιβάλλοντα (2008 και 2009)

Κατηγορία Γενετικού Υλικού	Απόδοση σε Καρπό kg	Άμυλο % ξ.ο. (2009)	Υγρασία Καρπού %	Ημέρες Άνθησης	ASI	Ύψος Φυτού cm	Λιπαρά % ξ.ο. (2009)	Πρωτεΐνη % ξ.ο. (2009)
H3.1/Y	1156	75.20	17.8	63	3.3	161.3	4.13	8.23
H3.2/Y	1020	74.73	17.4	62	3.1	170.0	4.35	7.70
H3.3/Y	1031	73.53	17.5	59	3.8	198.8	4.43	8.60
GROP316 ΕΒ	737	75.73	18.7	63	5.3	151.3	4.28	8.10
GROP323 ΕΒ/С	730	75.88	19.2	63	6.8	150.0	4.20	8.75
GROP319 ΕΒ	723	74.55	18.6	62	4.6	166.3	4.20	8.00
GROP320 ΕΒ	668	75.20	19.6	64	7.3	171.3	4.40	7.85
GROP012 ΕΑβ	669	74.50	16.1	51	6.0	125.0	4.28	8.88
GROP325 ΕΒ/С	562	74.98	23.0	68	4.6	152.5	4.40	9.25
GROP327 ΕΒ/С	522	75.55	24.2	66	3.4	156.3	3.88	8.90
GROP084 ΕΑβ	499	73.93	16.3	51	4.4	98.8	4.35	9.38
GROP324 ΕΒ/С	438	76.15	20.9	70	4.0	188.8	4.33	8.68
GROP174 ΕΑβ	436	75.03	16.9	48	4.4	147.5	4.45	8.85
GROP183 ΕΑβ	395	73.83	15.7	49	5.4	121.3	4.23	9.28
GROP279 ΕΒ	373	74.23	16.6	61	7.0	153.8	4.48	9.45
GROP318 ΕΒ	359	74.88	16.7	63	5.1	156.3	4.38	8.73
GROP179 ΕΑβ	287	73.48	15.6	43	3.6	145.0	4.30	8.98
ΜΟ	628.36	74.80	18.26	59.18	4.95	115.10	4.28	8.63
ΕΣΔ	108.40	0.88	1.60	4.11	1.91	42.10	0.17	0.51
Κατηγορία Γενετικού Υλικού	Μέσες Τιμές							
Υ	1069	74.88	17.6	61	3.4	176.7	4.30	8.18
ΕΑβ	457	74.15	16.1	48	4.8	127.5	4.32	9.07
ΕΒ	594	74.98	18.0	62	6.1	162.7	4.30	8.34
ΕΒ/С	563	75.64	21.8	67	4.7	161.9	4.20	8.89

Τα χαρακτηριστικά Άμυλο % ξ.ο, Λιπαρά % ξ.ο, Πρωτεΐνη % ξ.ο και Ύψος Φυτού Αξιολογήθηκαν μόνο το 2009
ns= Μη Στατιστικά Σημαντικό, * Επίπεδο Σημαντικότητας =P.005, **Επίπεδο Σημαντικότητας= P.001

Συγκρίσεις Κατηγοριών Γενετικού Υλικού

Κατηγορία Γενετικού Υλικού	Απόδοση σε Καρπό kg	Άμυλο % ξ.ο. (2009)	Υγρασία Καρπού %	Ημέρες Άνθησης	ASI	Ύψος Φυτού cm	Λιπαρά % ξ.ο. (2009)	Πρωτεΐνη % ξ.ο.(2009)
ΥvsEAβ	1069vs457*	74.9vs74.1*	17.6vs16.1*	61vs48*	3.4vs4.8*	177vs128*	4.3vs4.32*	8.18vs9.07*
ΥvsΞB	1069vs594*	74.9vs75 ^{ns}	17.6vs18 ^{ns}	61vs62 ^{ns}	3.4vs6.1*	177vs163 ^{ns}	4.3vs4.3 ^{ns}	8.18vs8.34 ^{ns}
ΥvsΞB/C	1069vs563*	74.9vs75.6*	17.6vs21.8*	61vs67*	3.4vs4.7*	177vs162 ^{ns}	4.3vs4.2*	8.18vs8.89*
EAβvsΞB	457vs594*	74.1vs75*	16.1vs18.0*	48vs62*	4.8vs6.1*	128vs163*	4.32vs4.3 ^{ns}	9.07vs8.34*
EAβvsΞB/C	457vs563*	74.1vs75.6*	16.1vs21.8*	48vs67*	4.8vs4.7 ^{ns}	128vs162*	4.32vs4.2*	9.07vs8.89 ^{ns}
ΞBvsΞB/C	594vs563 ^{ns}	75vs75.6*	18.0vs21.8*	62vs67*	6.1vs4.7*	163vs162 ^{ns}	4.3vs4.2 ^{ns}	8.34vs8.89*

Υ= Υβρίδια (Μάρτυρες), EAβ= Ελληνικοί Αβελτίωτοι Πληθυσμοί, ΞB= Ξένοι Βελτιωμένοι Πληθυσμοί, ΞB/C= Ξένοι Βελτιωμένοι Πληθυσμοί προέλευσης CIMMYT

ns= Μη Στατιστικά Σημαντικό, * Επίπεδο Σημαντικότητας =P.005, **Επίπεδο Σημαντικότητας= P.001

3.3.2. Πειραματισμός και Αξιολόγηση του Γενετικού Υλικού 2010

Το γενετικό υλικό το οποίο αξιολογήθηκε το 2010 ανά περιβάλλον, φαίνεται στον Πίν 3.4. Σε αυτόν περιλαμβάνονται οι Ελληνικοί αβελτίωτοι GROF179 και GROF174, οι ξένοι βελτιωμένοι GROF319 και GROF324, η F₁ και F₂ των επιλεγμένων υβριδίων PRH3.12, H3.11 καθώς και τα πληθυσμιακά υβρίδια τα οποία πρόεκυψαν από τις διασταυρώσεις του προηγούμενου έτους.

Τα αποτελέσματα της συνδυασμένης ανάλυσης (ANOVA) του 2010 σε δυο περιβάλλοντα παρουσιάζονται στον Πίν 3.13 ενώ ανά περιβάλλον στους Πίν 3.3 και 3.4 του παραρτήματος. Η αλληλεπίδραση (GxE) ως προς την απόδοση σε άμυλο δεν αξιολογείται επειδή η συμμετοχή της στην διαμόρφωση της φαινοτυπικής διακύμανσης (σ_p^2) ήταν ελάχιστη (0.6%). Το ίδιο συμβαίνει ως προς όλα τα εξεταζόμενα χαρακτηριστικά (απόδοση σε καρπό, απόδοση σε άξονες, περιεκτικότητα σε άμυλο, πρωτεΐνες και λιπαρά, ύψος φυτού, ημέρες άνθισης και ASI). Σε κάθε περίπτωση κυμάνθηκε μεταξύ 0.0% και 15.9% με αποτέλεσμα να μην επηρεάζεται η κατάταξη του γενετικού υλικού ως προς αυτά τα χαρακτηριστικά (Πίν. 3.13). Αυτό ενισχύεται και με την πολύ μικρή συμμετοχή των περιβαλλόντων στο συνολικό άθροισμα τετραγώνων (Πίν. 3.14). Εξαίρεση στα παραπάνω υπάρχει μόνο για το χαρακτηριστικό της υγρασίας του καρπού όπου η αλληλεπίδραση δεν θα μπορούσε να αγνοηθεί (31.9%), όμως ο μέτριος συντελεστής κληρονομικότητας ($H=0.39$), καθώς επίσης και οι μεγάλες διαφορές μεταξύ των γονοτύπων λόγω της διαφορετικής τους προέλευσης επιτρέπει να θεωρηθεί έγκυρος ο μέσος όρος.

Η παραγωγική συμπεριφορά του γενετικού υλικού παρουσιάζεται στον Πίν 3.12. Ενδιαφέρουσα ήταν η παραγωγική συμπεριφορά των πληθυσμιακών υβριδίων μεταξύ των πληθυσμών GROF319/EB, GROF324/EB CIMMYT και του εμπορικού υβριδίου PRH3.12, τα οποίοι έδειξαν πολύ καλή ετερωτική συμπεριφορά (Πίν. 3.15). Το πληθυσμιακό υβρίδιο PRH3.12xGROF324 παρουσίασε ιδιαίτερη ετερωτική συμπεριφορά, εμφανίζοντας ετέρωση 29.5% ως προς την μεσογονική τιμή για την απόδοση σε καρπό, ενώ ανάλογη ήταν η συμπεριφορά του ως προς τις μεσογονικές τιμές των άλλων χαρακτηριστικών (29.7% για την απόδοση σε άμυλο, 7.3% για την απόδοση σε άξονες, ενώ δεν είχε καμιά μεταβολή ως προς την περιεκτικότητα σε άμυλο (% ξ.ο) (Πίν. 3.15).

Το πληθυσμιακό υβρίδιο PRH3.12xGROF319 εμφάνισε ετέρωση -0.5% ως προς την μεσογονική τιμή για την απόδοση σε καρπό, -0.4% για την απόδοση σε ολικό άμυλο και -3.4% για την απόδοση σε άξονες. Ως προς τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά παρουσίασε την ίδια ετέρωση με το προηγούμενο υβρίδιο για την περιεκτικότητα σε άμυλο, ενώ ήταν ελαφρώς καλλίτερο για την περιεκτικότητα σε λιπαρά και πρωτεΐνες (Πίν. 3.15).

Για το χαρακτηριστικό απόδοση σε καρπό, τα δυο πληθυσμιακά υβρίδια παρουσίασαν σημαντικά μικρότερο ομομεικτικό εκφυλισμό του μέσου όρου τους (15.63 %) ως προς τον μέσο όρο των εμπορικών υβριδίων, έναντι εξασθένησης (38.63%) του μέσου όρου των F₂ των εμπορικών υβριδίων (Πίν. 3.15).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσίασε ο Ελληνικός Αβελτίωτος Πληθυσμός GROPI79 ο οποίος παρά το γεγονός ότι εμφάνισε το χαμηλότερο παραγωγικό δυναμικό ως προς την απόδοση σε καρπό, εν τούτοις η F₁ του πληθυσμιακού υβριδίου του, με το υβρίδιο PRH3.12 ήταν στον μέσο όρο των γονέων [F₁=737, MP=743 και μεσογονική τιμή H1 (MP)=99.2%]. Παρουσίασε επίσης ετέρωση -1,5% για την απόδοση σε άμυλο, -13.7% για την απόδοση σε άξονες, στα τεχνολογικά (περιεκτικότητα αμύλου, λιπαρών και πρωτεΐνης) είναι περίπου στην μεσογονική τιμή, ενώ παρουσίασε ετέρωση 1.1% για την ημερομηνία άνθισης, 6.4% για το ύψος του φυτού και το ASI ήταν στον μέσο όρο των γονέων (Πίν. 3.15).

Η συμπεριφορά του PRH3.12xGROPI79 δηλώνει αθροιστική δράση ως προς την απόδοση. Δεδομένου της μεγάλης διαφοράς απόδοσης των δυο γονέων θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι υφίστανται και μη αθροιστικές (επιστατικές) δράσεις η το λιγότερο πολύ ενδιαφέροντες γονιδιακοί συνδυασμοί μεταξύ των δυο υλικών. Η υπόθεση αυτή για να είναι σωστή πρέπει να τεκμηριωθεί από την ετερωτική συμπεριφορά και την αντίστοιχο ομομεικτικό εκφυλισμό των δυο γονέων και των υβριδίων τους, γεγονός το οποίο αξιολογήθηκε το 2014 και θα συζητηθεί στις επόμενες παραγράφους.

Με βάση τα παραπάνω, επιλέχτηκε το πληθυσμιακό υβρίδιο PRH3.12xGROPI79 για τον πληθυσμό εκκίνησης λαμβάνοντας υπόψη α) την αγρονομική συμπεριφορά των πληθυσμιακών υβριδίων για τα χαρακτηριστικά απόδοση σε ολικό άμυλο, καρπό, άξονες, υγρασία συγκομιδής, ημέρες άνθισης και ASI, β) την ετερωτική συμπεριφορά των πληθυσμιακών υβριδίων ως προς την μεσογονική τιμή των για τα παραπάνω χαρακτηριστικά καθώς και γ) την αξιοποίηση πηγών αβελτίωτου γενετικού υλικού το οποίο εν δυνάμει μπορεί να αυξήσει την παραλλακτικότητα σε βελτιωμένο υλικό και δεδομένου ότι επιδίωξη ήταν να μελετηθεί η δυνατότητα εμπλουτισμού (*introgression*) σύγχρονου γενετικού υλικού (εμπορικό υβρίδιο) με τοπικό γενετικό υλικό.

Σε σχέση με το υβρίδιο PRH3.12xGROPI324 το οποίο παρουσίασε την καλλίτερη ετερωτική συμπεριφορά από όλα τα αξιολογηθέντα υλικά, το επιλεγμένο, εκτός της καλλίτερης προσαρμοστικότητας του στις Ελληνικές συνθήκες (καλλίτερο ASI, μικρότερη υγρασία συγκομιδής, πρωιμότερη ανθοφορία), αποτελεί πηγή αβελτίωτου γενετικού υλικού (χρησιμοποιείται πρώτη φόρα σε βελτιωτικό πρόγραμμα) και εκ τούτου θεωρείται ως *exotic germplasm*.

Πίνακας 3.12.: Αξιολόγηση της Μέσης Παραγωγικής Συμπεριφοράς του Γενετικού Υλικού σε δυο Αγρονομικά Περιβάλλοντα (2010)

Κατηγορία Γενετικού Υλικού	Απόδοση Αμύλου	Απόδοση Καρπού	Αμυλο %ξ.ο.	Υγρασία	Απόδοση Αξόνων	Λιπαρά %ξ.ο.	Πρωτεΐνη %ξ.ο.	Ύψος Φυτού	Ημέρες Ανθοφορίας
H3.11/Y	879.8	1382	74.86	15.5	203.6	4.04	8.78	244.4	
PRH.312/Y	787.2	1235	74.90	15.5	180.8	4.13	8.16	230.1	67
PRH3.12xGROP324	733.9	1150	75.09	15.5	190.9	4.19	8.29	232.5	
H3.11xGROP324	712.8	1114	75.24	15.4	180.7	4.08	8.64	254.4	
H3.11xGROP319	709.4	1114	74.86	15.5	155.9	4.10	8.48	230.3	
PRH3.12xGROP319	674.5	1058	75.01	16.0	151.1	4.11	8.39	237.8	
GROP319/ΞΒ	567.7	891	74.94	16.0	131.9	4.15	8.35	237.3	
H3.11xGROP179	527.3	833	74.40	16.0	126.5	4.20	8.73	219.3	
H3.11xGROP174	527.0	830	74.63	15.8	121.8	4.29	8.41	218.1	
H3.11 _{F2} /Y	511.1	806	74.60	15.4	108.6	4.03	8.64	220.4	
PRH3.12 _{F2} /Y	509.9	800	74.43	15.5	133.5	4.20	8.80	192.5	
PRH3.12xGROP174	505.9	799	75.09	16.0	127.4	4.24	8.25	219.6	64
PRH3.12xGROP179	464.2	737	74.14	15.9	100.6	4.29	8.46	211.9	64
GROP324ΞΒ/C	344.8	540	75.08	15.7	175.0	4.03	8.94	243.6	
GROP174/ΕΑβ	308.8	486	74.81	15.5	77.4	4.44	8.76	186.0	61
GROP179/ΕΑβ	155.9	251	73.16	15.9	52.3	4.36	9.33	168.1	60
ΜΟ	557.50	876.61	74.70	15.68	138.62	4.18	8.59	221.63	62.98
ΕΣΔ	94.75	147.86	0.39	0.37	29.78	0.16	0.32	26.32	5.37

Υ= Υβρίδια (Μάρτυρες), ΕΑβ= Ελληνικοί Αβελτίωτοι Πληθυσμοί, ΞΒ= Ξένοι Βελτιωμένοι Πληθυσμοί,
ΞΒ/C= Ξένοι Βελτιωμένοι Πληθυσμοί προέλευσης CIMMYT

Πίνακας 3.13.: Εκτίμηση Συστατικών Διακύμανσης, Επιμερισμός Φαινοτυπικής Διακύμανσης, Γενετικές Παράμετροι του Γενετικού Υλικού σε δυο Αγρονομικά Περιβάλλοντα (2010).

Αγρονομικά Χαρακτηριστικά									
Εκτίμηση Συστατικών Διακύμανσης									
Συστατικά Διακύμανσης	Απόδοση σε Άμυλο	Απόδοση σε Καρπό	Άμυλο % ξ.ο.	Υγρασία Καρπού	Απόδοση Αξόνων	Λιπαρά % ξ.ο.	Πρωτεΐνες % ξ.ο.	Ύψος Φυτών	Ημέρες Άνθισης
$\sigma^2_{(E)}$	419.7	608.8	0.16	3.03	322.5	0.00	0.00	226.5	
$\sigma^2_{(GxE)}$	407.5	848.6	0.01	0.04	44.0	0.00	0.00	168.3	
σ^2_G	34307.3	83665.9	0.23	0.02	1628.8	0.01	0.08	357.5	90.9
σ^2_e	9098	22156.0	0.15	0.14	898.5	0.03	0.10	702.2	39.3
Επιμερισμός Φαινοτυπικής Διακύμανσης									
$\sigma^2_{p(=100)}$	35648.1	86856.9	0.26	0.1	1763.1	0.02	0.09	529.4	22.7
$\% \sigma^2_G$	96.2	96.3	90.1	39.0	92.4	78.6	85.3	0.7	56.8
$\% \sigma^2_{(GxE)}$	0.6	0.5	2.5	31.9	6.4	0.0	0.0	15.9	
$\% \sigma^2_e$	3.2	3.2	7.44	29.0	1.3	21.41	14.53	16.6	39.3
Γενετικές Παράμετροι									
GCV%	33.22	32.99	0.63	0.97	29.11	2.73	3.23	8.53	5.41
PCV%	33.87	33.62	0.68	1.54	30.29	3.04	3.49	10.38	7.18

Πίνακας 3.14.: Μέσα Τετράγωνα και Επιμερισμός του Συνολικού Αθροίσματος Τετραγώνων της Συνδυασμένης Ανάλυσης Παραλλακτικότητας του Γενετικού Υλικού σε δυο Αγρονομικά Περιβάλλοντα (2010).

Πηγή Διακύμανσης	Αγρονομικά Χαρακτηριστικά								
	Μέσα Τετράγωνα								
	Απόδοση σε Άμυλο	Απόδοση σε Καρπό	Άμυλο % ξ.ο.	Υγρασία Καρπού	Απόδοση Αξόνων	Λιπαρά % ξ.ο.	Πρωτεΐνες % ξ.ο.	Ύψος Φυτών	Ημέρες Άνθισης
Περιβάλλον [E]	49561.3*	95971.0*	10.9**	198.8**	22234.9**	0.01 ^{ns}	0.1 ^{ns}	15510.0**	3.3 ^{ns}
Επαναλήψεις [Περιβάλλον]	13601.1 ^{ns}	34849.0 ^{ns}	0.3*	0.7	697.4 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.04 ^{ns}	309.5 ^{ns}	
Γονότυπος (G)	285184.3**	694877.6**	2.1**	0.5**	14105.1**	0.12**	0.7**	4235.4**	90.9*
Γονότυπος x Περιβάλλον(GxE)	10726.7 ^{ns}	25550.3 ^{ns}	0.2 ^{ns}	0.3*	1074.4 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.1 ^{ns}	1375.6*	
Σφάλμα	9098	22156	0.2	0.1	898.5	0.03	0.1	702.2	39.3
ΣΠ%	17.10	16.98	0.52	2.35	21.62	3.97	3.76	11.95	9.44
Επιμερισμός Συνολικού Αθροίσματος Τετραγώνων									
Περιβάλλον [E]	0.9	0.7	18.0	87.9	6.6	0.2	0.4	9.4	0.3
Επαναλήψεις [Περιβάλλον]	1.5	1.6	3.4	1.8	1.2	2.0	1.2	1.1	
Γονότυπος (G)	79.4	79.5	50.8	3.1	63.2	38.5	48.7	38.6	43.4
Γονότυπος x Περιβάλλον(GxE)	3.0	2.9	5.1	1.9	4.8	5.5	7.0	12.5	
Σφάλμα	15.2	15.2	22.7	5.4	24.1	53.9	42.6	38.4	56.3

χαρακτηριστικό Ημέρες άνθισης Αξιολογήθηκε μόνο σε ένα περιβάλλον

Μη Στατιστικά Σημαντικό, * Επίπεδο Σημαντικότητας =P.005, **Επίπεδο Σημαντικότητας= P.001

Πίνακας 3.15.: Ετερωτική Συμπεριφορά Γενετικού Υλικού με το υβρίδιο PRH3.12

2010	Ποικιλίες	Απόδοση Αμύλου	Απόδοση Καρπού	Άμυλο % (ξ.ο.)	Υγρασία Καρπού	Απόδοση Αξόνων	Λιπαρά % (ξ.ο.)	Πρωτεΐνη % (ξ.ο.)	Ύψος Φυτού	Ημέρες Ανθοφορίας	ASI
P₁	PRH3.12	786.6	1235	74.9	15.5	180.8	4.1	8.2	230.1		
P₂	GROP324	344.8	540	75.1	15.7	175.0	4.0	8.9	243.6		
MP	(P₁+P₂)/2	565.7	888	75.0	15.6	177.9	4.1	8.6	236.9		
F₁	PRH3.12xGROP324	733.8	1150	75.1	15.5	190.9	4.2	8.3	232.5		
H1 (MP) %		129.7	129.5	100.1	99.2	107.3	102.8	96.9	98.2		
P₁	PRH3.12	786.6	1235	74.9	15.5	180.8	4.1	8.2	230.1		
P₂	GROP319	567.6	891	74.9	16.0	131.9	4.2	8.4	237.3		
MP	(P₁+P₂)/2	677.1	1063	74.9	15.7	156.4	4.1	8.3	233.7		
F₁	PRH3.12xGROP319	674.3	1058	75.0	16.0	151.1	4.1	8.4	237.8		
H1 (MP) %		99.6	99.5	100.1	102.0	96.6	99.4	101.6	101.7		
P₁	PRH3.12	786.6	1235	74.9	15.5	180.8	4.1	8.2	230.1	67	2
P₂	GROP174	308.9	486	74.8	15.5	77.4	4.4	8.8	186.0	61	4
MP	(P₁+P₂)/2	547.7	861	74.9	15.5	129.1	4.3	8.5	208.1	64	3
F₁	PRH3.12xGROP174	509.8	799	75.1	16.0	127.4	4.2	8.3	219.6	64	3
H1 (MP) %		93.1	92.8	100.3	103.0	98.7	99.0	97.5	105.6	100.8	100.0
P₁	PRH3.12	786.6	1235	74.9	15.5	180.8	4.1	8.2	230.1	67	2
P₂	GROP179	155.9	251	73.2	15.9	52.3	4.4	9.3	168.1	60	4
MP	(P₁+P₂)/2	471.2	743	74.0	15.7	116.6	4.2	8.7	199.1	63	3
F₁	PRH3.12xGROP179	464.2	737	74.1	15.9	100.6	4.3	8.5	211.9	64	3
H1 (MP) %		98.5	99.2	100.1	101.5	86.3	101.0	96.8	106.4	101.1	100.0

P₁=Γονεάς 1, P₂=Γονεάς 2, F₁=Διασταύρωση Γονέων, MP= Μεσογονική Τιμή (P₁+P₂)/2, Ετέρωση ως προς την Μεσογονική Τιμή H1 (MP)%=[(F₁-MP)/MP]x100

3.3.3. Γενεαλογικός Αγρός 2010-2013

Οι λεπτομέρειες της διαδικασίας επιλογής ανά γενεά εμφανίζονται στον Πίν 3.16. Ο αριθμός φυτών της C_0 ήταν 852 και στην συνέχεια για τις γενεές C_1 , C_2 , C_3 κυμάνθηκε από 260 έως 415 για τους πληθυσμούς υψηλής απόδοσης σε άμυλο και από 126 έως 326 για αυτούς της χαμηλής για πρακτικούς λόγους όπως έχει σημειωθεί στο υλικά και μέθοδοι. Οι αναλογίες επιλογής πρακτικά ήταν ισοδύναμες μεταξύ των γενεών καθώς και μεταξύ των πληθυσμών υψηλής και χαμηλής απόδοσης σε άμυλο. Η συγκριτική παρουσίαση των δεδομένων ως προς το χαρακτηριστικό επιλογής απόδοση σε άμυλο (ολικό άμυλο) εμφανίζεται στον Πίν 3.17, ενώ των υπόλοιπων χαρακτηριστικών στο παράρτημα.

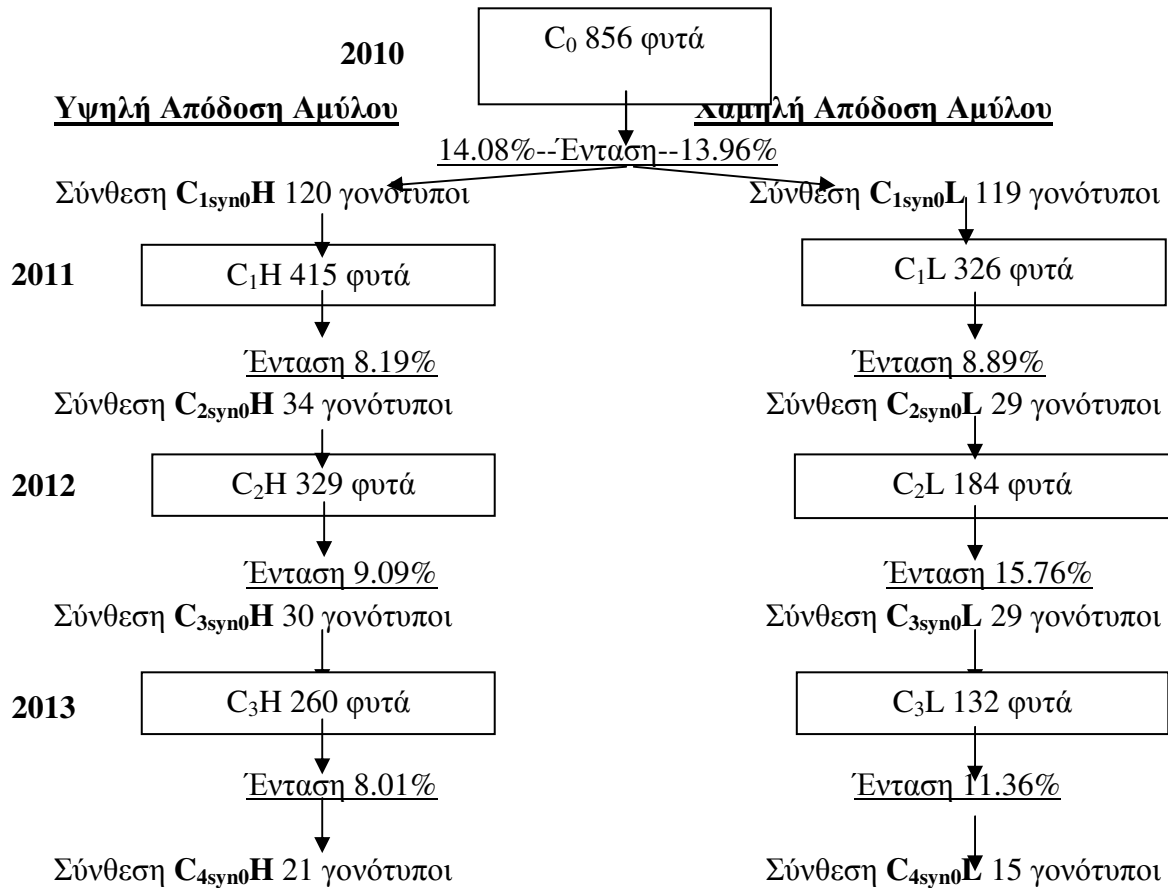
Αποτελέσματα Γενεαλογικών Αγρών Αμφίπλευρης Μαζικής Επιλογής για Χαμηλή Απόδοση σε Άμυλο (ολικό άμυλο).

α) Πρώτος κύκλος επιλογής (C_0) 2010.

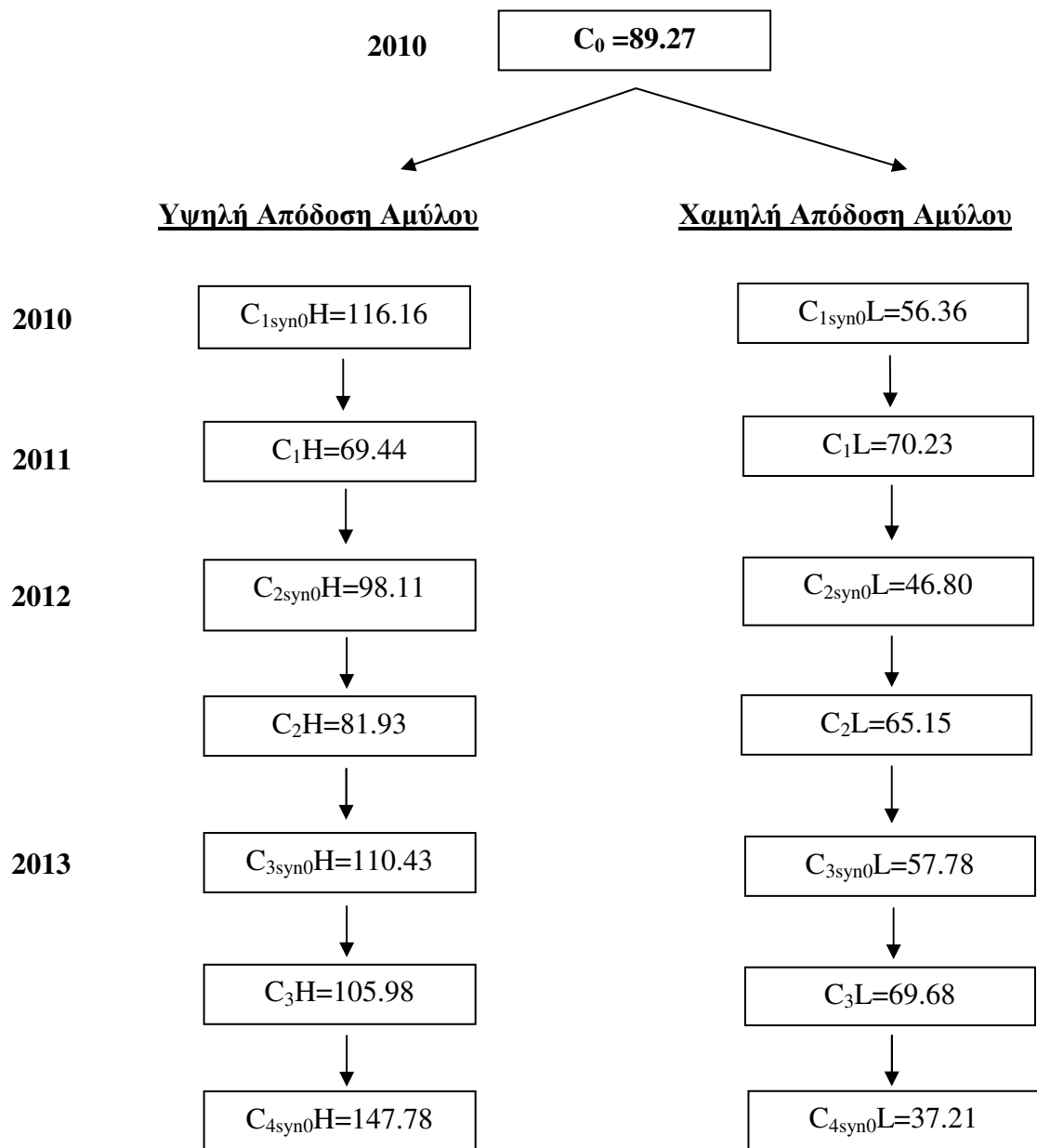
1. Συμπεριφορά ως προς το χαρακτηριστικό επιλογής

Στον πρώτο κύκλο επιλογής η μέση τιμή της απόδοσης σε άμυλο (ολικό άμυλο) του πληθυσμού C_0 ήταν 89.27gr, ενώ των επιλεγμένων 56.36 gr/φυτό. Η Φαινοτυπική παραλλακτικότητα ήταν $\sigma^2_p=854.23$ και η αντίστοιχη γενετική $\sigma^2_G=122.31$. Ο συντελεστής γενετικής παραλλακτικότητας $GCV=12.39\%$ ήταν σχετικά υψηλός και ικανοποιητικός για αποτελεσματική επιλογή. Η εκτιμηθείσα τιμή του συντελεστή κληρονομικότητας $H=0.14$ ήταν χαμηλή (Πίν. 3.18). Οι εκτιμήσεις ήταν εντός των προβλεπόμενων ορίων και συμφωνούν με εκείνες που έχουν αναφερθεί σε άλλες εργασίες (Hallauer A. R. and J. B. Miranda Fihlo, 1988; Goulas C. K. et al., 1997).

Πίνακας 3.16.: Σχηματική αναπαράσταση της διαδικασίας δημιουργίας και της επιλογής των πληθυσμών



Πίνακας 3.17.: Συγκριτική παρουσίαση των δεδομένων ως προς το Χαρακτηριστικό Επιλογής (gr/φυτό)



β) Δεύτερος κύκλος επιλογής (C_1) 2011.

1. Συμπεριφορά ως προς το χαρακτηριστικό επιλογής

Στον δεύτερο κύκλο επιλογής για τον πληθυσμό C_1 η μέση τιμή της απόδοσης σε άμυλο (ολικό άμυλο) ήταν 70.23gr ενώ των επιλεγμένων 46.80gr ανά σπάδικα. Σε σχέση με τον πληθυσμό C_0 ο πληθυσμός C_1 είχε μειωμένη τιμή κατά 19.04 g/φυτό. Παράλληλα με την μείωση της τιμής απόδοσης σε άμυλο, παρατηρήθηκε μείωση της απόδοσης σε καρπό κατά 30.66gr ανά σπάδικα. Η τιμή της γενετικής

παραλλακτικότητας ήταν $\sigma^2_G=920.98$, ενώ ο αντίστοιχος συντελεστής $GCV=42.74\%$ ήταν ιδιαίτερα υψηλός. Σύμφωνα με τα δεδομένα προέκυψε ένδειξη ότι το χαρακτηριστικό είναι ποσοτικό με συντελεστή κληρονομικότητας $H^2=0.68$

2. Συμπεριφορά ως προς τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά

Ο πληθυσμός C_1 είχε μέση απόδοση σε καρπό 111.43gr ενώ η αντίστοιχη των επιλεγμένων ήταν 75.24gr. Η γενετική παραλλακτικότητα $\sigma^2_G= 2343.30$, ο δε γενετικός συντελεστής $GCV=64.33\%$, και ως εκ τούτου θεωρείται πολύ υψηλός. Η εκτίμηση του συντελεστή κληρονομικότητας ήταν $H^2=0.69$. Οι εκτιμήσεις ήταν υψηλές και δεν συμφωνούν με εκείνες που έχουν αναφερθεί σε άλλες εργασίες (Goulas C. K. et al., 1997). Τα δεδομένα διέφεραν σημαντικά με εκείνα που παρατηρήθηκαν στη C_0 .

Η περιεκτικότητα (%) ξ.ο. σε άμυλο, φάνηκε επίσης να μειώνεται στα επιλεγμένα φυτά αφού ο πληθυσμός C_1 είχε μέση τιμή 73.28 % ενώ των επιλεγμένων ήταν 72.52%. Η γενετική παραλλακτικότητα $\sigma^2_G=0.60$ και ο αντίστοιχος συντελεστής $GCV=1.01\%$ και ως εκ τούτου θεωρείται πολύ χαμηλός. Ο συντελεστής κληρονομικότητας ήταν $H=0.79$ (Πίν. 3.18) πολύ υψηλός όμως μέσα στο εύρος των προβλεπόμενων για αυτά τα χαρακτηριστικά τιμών (Hallauer A. R. and J. B. Miranda Fihlo 1988).

Ο πληθυσμός C_1 είχε μέση τιμή απόδοσης σε άξονες 21.15gr ξηράς ουσίας ανά φυτό, ενώ των επιλεγμένων γονοτύπων ήταν 18.42gr. Παρατηρήθηκε γενετική παραλλακτικότητα, $\sigma^2_G=102.80$ και ο αντίστοιχος συντελεστής $GCV=47.94\%$ ήταν υψηλός. Η εκτίμηση του συντελεστή κληρονομικότητας ήταν $H^2=0.77$ (Πίν 3.18). Οι εκτιμήσεις ήταν πολύ υψηλές και δεν συμφωνούν με εκείνες που έχουν αναφερθεί σε άλλες εργασίες (Goulas C. K. et al., 1997).

γ) Τρίτος κύκλος επιλογής (C_2) 2012.

1. Συμπεριφορά ως προς το χαρακτηριστικό επιλογής.

Στον κύκλο επιλογής C_2 η μέση τιμή της απόδοσης σε άμυλο (ολικό άμυλο) του πληθυσμού ήταν 65.14gr ανά φυτό. Σε σχέση με τον πληθυσμό C_1 , ο πληθυσμός C_2 είχε μειωμένη τιμή κατά 5.09 g/φυτό. Με την μείωση της τιμής απόδοσης σε άμυλο ανά φυτό του πληθυσμού C_2 σε σχέση με τον C_1 παρατηρήθηκε αντίστοιχη μείωση της απόδοσης σε καρπό κατά 7.21gr ανά φυτό. Σ' αυτόν τον κύκλο επιλογής (C_2) η μέση τιμή των επιλεγμένων ήταν 57.78gr ανά φυτό, η γενετική παραλλακτικότητα $\sigma^2_G=1220.60$ και ο γενετικός συντελεστής $GCV=53.63\%$ πολύ υψηλός. Τα δεδομένα επιβεβαίωσαν τις ενδείξεις του προηγούμενου κύκλου, ότι το χαρακτηριστικό συμπεριφέρθηκε ως ποσοτικό με συντελεστή κληρονομικότητας $H^2=0.46$, τιμή η οποία είναι ρεαλιστική και αντιστοιχεί με εκείνες που έχουν αναφερθεί σε άλλες εργασίες (Goulas C. K. et al., 2000).

2. Συμπεριφορά ως προς τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά

Ο πληθυσμός C₂ είχε μέση απόδοση σε καρπό 104.22gr ανά φυτό, ενώ των επιλεγμένων γονότυπων ήταν 94.55gr. Η γενετική παραλλακτικότητα είχε τιμή $\sigma^2_G=2351.41$, ενώ ο γενετικός συντελεστής GCV=46.53% ήταν υψηλός αν και μικρότερος από τον προηγούμενο κύκλο επιλογής. Ο συντελεστής κληρονομικότητας είχε τιμή $H^2=0.44$ και μέσα στο εύρος των προβλεπόμενων για αυτά τα χαρακτηριστικά τιμών (Πίν 3.18) (Hallauer A. R. and J. B. Miranda Fihlo, 1988).

Η περιεκτικότητα (%) σε άμυλο φάνηκε επίσης να μειώνεται στα επιλεγμένα φυτά αφού ο πληθυσμός C₂ είχε μέση τιμή 72.93 % και των επιλεγμένων ήταν 72.78%. Η γενετική παραλλακτικότητα $\sigma^2_G=0.48$ και ο αντίστοιχος συντελεστής GCV=0.89% πολύ χαμηλός. Ο συντελεστής κληρονομικότητας $H^2=0.57$ κρίνεται υψηλός και μέσα στο εύρος των προβλεπόμενων για αυτά τα χαρακτηριστικά τιμών (Πίν 3.18) (Hallauer A. R. and J. B. Miranda Fihlo, 1988).

Ο πληθυσμός C₂ είχε μέση απόδοση σε άξονες 17.1 gr ξηράς ουσίας ανά φυτό, ενώ για τους επιλεγμένους γονότυπους η απόδοση ήταν μειωμένη με μέση τιμή 16.6 gr. Η γενετική παραλλακτικότητα ήταν $\sigma^2_G=48.5$, ενώ ο γενετικός συντελεστής GCV=40.84% ήταν υψηλός. Η εκτίμηση του συντελεστή κληρονομικότητας ήταν $H^2=0.38$ και μέσα στο εύρος των προβλεπόμενων για αυτά τα χαρακτηριστικά τιμών (Πίν 3.18) (Hallauer A. R. and J. B. Miranda Fihlo, 1988).

δ) Τέταρτος κύκλος επιλογής (C₃) 2013.

1. Συμπεριφορά ως προς το χαρακτηριστικό επιλογής.

Στον τέταρτο κύκλο επιλογής C₃ η μέση τιμή της απόδοσης σε άμυλο (ολικό άμυλο) του πληθυσμού ήταν 69.68gr ανά φυτό. Σε σχέση με τον πληθυσμό C₂ ο πληθυσμός C₃ είχε αυξημένη τιμή κατά 4.54 gr/φυτό. Με την αύξηση της τιμής απόδοσης σε άμυλο ανά φυτό του πληθυσμού C₃ σε σχέση με τον C₂ παρατηρήθηκε αύξηση της απόδοσης σε καρπό κατά 6.61 gr ανά φυτό. Η πιθανή αιτία ήταν, ότι λόγω των κακών συνθηκών διαχείρισης (πλημμύρα) (Κεφάλαιο 3 §3.5.3) του αγρού απομόνωσης, τα φυτά τα οποία επιβίωσαν και αποτέλεσαν τον τελικό πληθυσμό, ήταν τα πλέον εύρωστα και παραγωγικά. Σ' αυτόν τον κύκλο επιλογής (C₃) η μέση τιμή των επιλεγμένων ήταν 37.21gr/φυτό. Η γενετική παραλλακτικότητα ήταν $\sigma^2_G=475.33$ και ο γενετικός συντελεστής GCV=31.29% παρά το γεγονός ότι ήταν μικρότερος από ότι στους προηγούμενους κύκλους εξακολούθησε να είναι υψηλός. Η τιμή του συντελεστή κληρονομικότητας (H)=0.37 είναι ρεαλιστική και αντίστοιχη με εκείνες που έχουν αναφερθεί (Goulas C. K. et al., 2000). Από τον Πίν 3.18 προκύπτει ότι ο μέσος συντελεστής κληρονομικότητας των κύκλων επιλογής (2010-2013) ήταν H=0.50.

2. Συμπεριφορά ως προς τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά

Ο πληθυσμός C₃ είχε μέση απόδοση σε καρπό 110.83gr ανά φυτό ενώ για τους επιλεγμένους γονότυπους η απόδοση ήταν 59.85gr μειωμένη κατά 50.98gr. Η γενετική παραλλακτικότητα είχε τιμή $\sigma^2_G=1840.01$ και ο αντίστοιχος συντελεστής GCV=38.70% είναι μικρότερος από τον προηγούμενο κύκλο επιλογής. Ο συντελεστής κληρονομικότητας εκτιμήθηκε $H^2=0.48$ και κρίνεται μέτριος μέσα στα πλαίσια των τιμών του χαρακτηριστικού (Hallauer A. R. and J. B. Miranda Fihlo, 1988).

Η περιεκτικότητα (%) σε άμυλο φάνηκε επίσης να μειώνεται αφού ο πληθυσμός C₃ είχε μέση τιμή 73.10% και η αντίστοιχη των επιλεγμένων ήταν 72.05%. Η γενετική παραλλακτικότητα $\sigma^2_G=0.77$, ο αντίστοιχος συντελεστής παραλλακτικότητας εξακολούθησε να είναι πολύ χαμηλός GCV=1.20%. Ο συντελεστής κληρονομικότητας $H=0.49$ κρίνεται μέτριος, μέσα στα πλαίσια των τιμών του χαρακτηριστικού (Hallauer A. R. and J. B. Miranda Fihlo, 1988).

Ο πληθυσμός C₃ είχε μέση απόδοση σε άξονες 19.2gr ξηράς ουσίας ανά φυτό, ενώ των επιλεγμένων γονότυπων ήταν μειωμένη με μέση τιμή 18.4gr. Η γενετική παραλλακτικότητα, ήταν $\sigma^2_G=36.66$, ενώ ο αντίστοιχος ο συντελεστής GCV=31.42% ήταν υψηλός. Η εκτίμηση του συντελεστή κληρονομικότητας ήταν $H^2=0.56$. Οι εκτιμήσεις κρίνονται ρεαλιστικές και συμφωνούν με εκείνες που έχουν αναφερθεί σε άλλες εργασίες (Πίν 3.18).

3.18. Παραγωγικά χαρακτηριστικά βιοιθανόλης (πρώτης και δεύτερης γενιάς) για τέσσερις κύκλους μαζικής επιλογής (C₀, C₁, C₂, C₃) Χαμηλής απόδοσης σε Άμυλο. Εμφανίζονται ο Μέσος Όρος πληθυσμού και επιλεγμένων, το διαφορικό επιλογής, η γενετική (σ^2_G) και Φαινοτυπική (σ^2_P) παραλλακτικότητα, η ανταπόκριση στην επιλογή R και ο συντελεστής κληρονομικότητας H^2 και h^2_r . Διορθωμένες τιμές ως προς την Επίδραση του Περιβάλλοντος.

Χαρακτηριστικά επιλογής					
	Απόδοση Αμύλου gr	Απόδοση Καρπού gr (Υγρασία 15%)	Άμυλο (%) ξ.ο.	Απόδοση Αξόνων gr (ξ.ο)	Απόδοση Βιομάζας gr (ξ.ο)
Κύκλος C₀					
	\bar{X}_p	89.27	142.09	73.26	
	\bar{X}_s	56.36	89.87	73.09	
<i>S</i>		59.80	94.41	0.38	
σ^2_G		122.31	274.22	0.41	
σ^2_P		854.23	2071.68	0.65	
<i>GCV</i> (%)		12.39	11.65	0.87	
<i>H</i>		0.14	0.13	0.63	
Κύκλος C₁					
	\bar{X}_p	70.23	111.43	73.28	21.15
	\bar{X}_s	46.80	75.24	72.52	18.42
<i>S</i>		51.31	79.69	1.30	5.44
σ^2_G		920.98	2343.30	0.60	102.80
σ^2_P		1364.19	3387.66	0.76	134.30
<i>R</i>		-0.79	-0.66	-0.22	-3.86
<i>GCV</i> (%)		43.21	64.33	1.01	47.94
<i>H</i>		0.68	0.69	0.79	0.77
h^2_r		0.00			

Κύκλος C₂

\bar{X}_p	65.14	104.22	72.93	17.1
\bar{X}_s	57.78	94.55	72.78	16.6
S	52.65	82.78	1.39	10.39
σ^2_G	1220.60	2351.41	0.48	48.5
σ^2_P	2648.15	5363.12	0.73	128.6
R	16.79	26.40	0.42	2.05
GCV(%)	53.63	46.53	0.89	40.84
H	0.46	0.44	0.57	0.38
h^2_r	0.34			

Κύκλος C₃

\bar{X}_p	69.68	110.83	73.10	19.2
\bar{X}_s	37.21	59.85	72.05	18.4
S	110.57	168.09	3.08	6.4
σ^2_G	475.33	1840.01	0.77	36.6
σ^2_P	1288.23	3804.14	1.57	65.4
R	36.30	55.18	1.29	0.71
GCV(%)	31.29	38.70	1.20	31.42
H	0.37	0.48	0.49	0.56
h^2_r	0.69			

\bar{X}_p Ο Μέσος όρος του Πληθυσμού κάθε γενιάς(n), \bar{X}_s Ο Μέσος όρος των επιλεγμένων κάθε γενιάς(n)

$S = (C_{nsyn0}H - C_{nsyn0}L) =$ Το διαφορικό επιλογής, $R = (C_nH - C_nL) = H$ απόκριση στην επιλογή. (n)=Γενεά

h^2_r Ο πραγματικός συντελεστής κληρονομικότητας ως R/S

h^2 Ο συντελεστής κληρονομικότητας ως σ^2_G / σ^2_P

σ^2_G Η γενετική παραλλακτικότητα ως εκτίμηση της μέσης διακύμανσης των γενοτύπων εντός των τεμαχίων

σ^2_P Η Φαινοτυπική παραλλακτικότητα ως εκτίμηση σ^2_G / σ^2_E . $\sigma^2_E =$ της διακύμανσης των ΜΟ των τεμαχίων.

1. Αρνητικές τιμές R σημαίνει αύξηση.

Αποτελέσματα Γενεαλογικών Αγρών Αμφίπλευρης Μαζικής Επιλογής για Υψηλή Απόδοση σε ολικό άμυλο.

α) Πρώτος κύκλος επιλογής (C₀) 2010.

1. Συμπεριφορά ως προς το χαρακτηριστικό επιλογής

Στον πρώτο κύκλο επιλογής η μέση τιμή απόδοσης σε ολικό άμυλο του πληθυσμού C₀ ήταν 89.27gr, ενώ των επιλεγμένων ήταν 116.16gr. Οι υπόλοιπες παραχωρηθείσες τιμές ήταν ίδιες με τις αντίστοιχες που συζητήθηκαν για την επιλογή χαμηλής απόδοσης σε ολικό άμυλο (Πίν 3.19).

2. Συμπεριφορά ως προς τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά

Ο πληθυσμός C₀ είχε απόδοση σε καρπό 142.09gr ανά φυτό. Η επιλογή για υψηλή απόδοση σε άμυλο εμφάνισε τάση αύξησης της απόδοσης σε καρπό αφού οι επιλεγμένοι γονότυποι είχαν μέση τιμή 184.28gr. Η περιεκτικότητα (%) σε άμυλο φάνηκε επίσης να αυξάνεται αφού ο πληθυσμός C₀ είχε μέση τιμή 73.26% ενώ των επιλεγμένων φυτών ήταν 73.47%. Οι υπόλοιπες παρατηρηθείσες τιμές ήταν ίδιες με τις αντίστοιχες που συζητήθηκαν για την επιλογή χαμηλής απόδοσης σε άμυλο (ολικό άμυλο) (Πίν. 3.18).

β) Δεύτερος κύκλος επιλογής (C₁) 2011.

1. Συμπεριφορά ως προς το χαρακτηριστικό επιλογής

Στον δεύτερο κύκλο επιλογής C₁, η μέση τιμή των γονοτύπων για υψηλή απόδοση σε άμυλο ήταν 69.44gr ανά φυτό. Σχετικά με τον πληθυσμό C₀ ο πληθυσμός C₁ είχε μειωμένη τιμή κατά 19.83 gr/φυτό. Παράλληλα με την μείωση της τιμής του πληθυσμού για υψηλή περιεκτικότητα σε άμυλο παρατηρήθηκε μείωση της απόδοσης σε καρπό κατά 31.32 gr/φυτό σε σχέση με στην C₀.

Ειδικότερα στον δεύτερο κύκλο επιλογής η μέση τιμή των επιλεγμένων γονοτύπων ήταν 98.11gr, η γενετική παραλλακτικότητα $\sigma^2_G=1172.3$, ενώ ο γενετικός συντελεστής GCV=49.31% ήταν σε υψηλότερα επίπεδα από τον πρώτο κύκλο επιλογής. Ο συντελεστής κληρονομικότητας ήταν H=0.73, ένδειξη ότι το προς επιλογή χαρακτηριστικό συμπεριφέρεται σαν ποσοτικό.

2. Συμπεριφορά ως προς τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά

Ο πληθυσμός C₁ είχε μέση απόδοση σε καρπό 110.77gr ανά φυτό ενώ για τους επιλεγμένους γονοτύπους ήταν 154.93gr αυξημένη κατά 44.16gr. Η γενετική παραλλακτικότητα ήταν $\sigma^2_G=3636.8$ και ο γενετικός συντελεστής της GCV=54.44% ήταν υψηλός. Οι παραπάνω εκτιμήσεις διέφεραν σημαντικά από τις αντίστοιχες της C₀. Ο συντελεστής κληρονομικότητας ήταν H=0.78 και κρίνεται σαν πολύ υψηλός. Η περιεκτικότητα (%) σε άμυλο φάνηκε επίσης να αυξάνεται στα επιλεγμένα φυτά αφού ο πληθυσμός C₁ είχε μέση τιμή 73.06% ενώ στα επιλεγμένα φυτά ήταν 73.82%.

Η γενετική παραλλακτικότητα ήταν $\sigma^2_G=0.60$ και ο αντίστοιχος συντελεστής της $GCV=1.06\%$ και θεωρείται πολύ χαμηλός. Ο συντελεστής κληρονομικότητας ήταν $H=0.79$ πολύ υψηλός και μέσα στο εύρος των προβλεπόμενων για αυτά τα χαρακτηριστικά τιμών (Hallauer A. R. and J. B. Miranda Fihlo, 1988).

Ο πληθυσμός C_1 είχε απόδοση σε άξονες 17.29 gr ξηράς ουσίας ανά φυτό ενώ για τους επιλεγμένους γονότυπους ήταν αυξημένη με μέση τιμή 23.86 gr. Η γενετική παραλλακτικότητα ήταν $\sigma^2_G=115.60$ ενώ ο αντίστοιχος γενετικός συντελεστής $GCV=62.18\%$ ήταν πολύ υψηλός. Η εκτίμηση του συντελεστή κληρονομικότητας ήταν $H=0.76$.

Αναφορικά με την βιομάζα ο πληθυσμός C_1 είχε απόδοση ανά φυτό 201.86 gr ξηράς ουσίας, ενώ των επιλεγμένων γονότυπων η απόδοση ήταν αυξημένη, με μέση τιμή 207.44gr. Η γενετική παραλλακτικότητα ήταν $\sigma^2_G=7095.5$ και ο γενετικός συντελεστής της $GCV=41.72\%$ ήταν επίσης όπως και τα προηγούμενα χαρακτηριστικά πολύ υψηλός. Η εκτίμηση του συντελεστή κληρονομικότητας ήταν $H=0.75$ (Πίν 3.19). Οι εκτιμήσεις κρίνονται σαν πολύ υψηλές

γ) Τρίτος κύκλος επιλογής (C_2) 2012.

1. Συμπεριφορά ως προς το χαρακτηριστικό επιλογής

Στον κύκλο επιλογής C_2 ο πληθυσμός είχε μέση τιμή απόδοσης σε άμυλο (ολικό άμυλο) 81.93gr ανά φυτό. Σχετικά με τον πληθυσμό C_1 ο πληθυσμός C_2 είχε αυξημένη τιμή κατά 12.49 g/φυτό. Με την αύξηση της τιμής απόδοσης σε άμυλο του πληθυσμού της C_2 σε σχέση με τον C_1 παρατηρήθηκε και αναμενόμενη παράλληλη αύξηση της απόδοσης σε καρπό κατά 19.85gr ανά φυτό. Στον κύκλο επιλογής C_2 η μέση τιμή των επιλεγμένων ήταν 110.43gr/φυτό. Η γενετική παραλλακτικότητα ήταν $\sigma^2_G=939.9$, και ο γενετικός συντελεστής της $GCV=37.42\%$ ήταν υψηλός. Το χαρακτηριστικό απόδοση σε άμυλο έχει συμπεριφορά ποσοτικού χαρακτηριστικού με συντελεστή κληρονομικότητας $H=0.59$

2. Συμπεριφορά ως προς τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά

Ο πληθυσμός C_2 είχε μέση απόδοση σε καρπό 130.62gr ανά φυτό ενώ των επιλεγμένων γονότυπων ήταν 177.33gr. αυξημένη κατά 46.71gr. Η γενετική παραλλακτικότητα ήταν $\sigma^2_G=2241.7$ και ο αντίστοιχος συντελεστής της $GCV=32.25\%$ αρκετά υψηλός. Ο συντελεστής κληρονομικότητας ήταν $H^2=0.60$.

Η περιεκτικότητα (%) σε άμυλο φάνηκε επίσης να αυξάνεται στα επιλεγμένα φυτά, αφού ο πληθυσμός C_2 είχε μέση τιμή 73.35% ενώ η αντίστοιχη των επιλεγμένων ήταν 74.17%. Η γενετική παραλλακτικότητα ήταν $\sigma^2_G=0.55$ και ο αντίστοιχος συντελεστής της $GCV=1.01\%$ πολύ χαμηλός. Ο συντελεστής κληρονομικότητας ήταν $H=0.79$

πολύ υψηλός και μέσα στο εύρος των προβλεπόμενων για αυτά τα χαρακτηριστικά τιμών (Hallauer A. R. and J. B. Miranda Fihlo, 1988).

Ο πληθυσμός C₂ είχε μέση απόδοση σε άξονες 19.15gr ξηράς ουσίας ανά φυτό, ενώ για τους επιλεγμένους γονότυπους η απόδοση ήταν αυξημένη, με μέση τιμή 26.99gr. Η γενετική παραλλακτικότητα ήταν $\sigma^2_G=88.90$, ο γενετικός συντελεστής GCV=49.24% και θεωρήθηκε πολύ υψηλός. Η εκτίμηση του συντελεστή κληρονομικότητας ήταν $H^2=0.74$.

Αναφορικά με την βιομάζα ο πληθυσμός C₂ είχε μέση απόδοση ανά φυτό 207.09 gr ξηράς ουσίας, ενώ για τους επιλεγμένους γονότυπους ήταν μειωμένη με μέση τιμή 200.57gr. Η γενετική παραλλακτικότητα ήταν $\sigma^2_G=8914.0$ και ο γενετικός συντελεστής GCV=45.59% της ήταν όπως και στα προηγούμενα χαρακτηριστικά πολύ υψηλός. Η εκτίμηση του συντελεστή κληρονομικότητας ήταν $H=0.90$ (Πίν. 3.19).

δ) Τέταρτος κύκλος επιλογής (C₃) 2013.

1. Συμπεριφορά ως προς το χαρακτηριστικό επιλογής

Στον κύκλο επιλογής C₃ η μέση τιμή της απόδοσης του πληθυσμού σε άμυλο (ολικό άμυλο) ήταν 105.98 gr/φυτό. Σε σχέση με τον πληθυσμό C₂, ο C₃ είχε αυξημένη τιμή κατά 24.05 gr/φυτό. Με την αύξηση της απόδοσης σε άμυλο ανά φυτό του πληθυσμού C₃ σε σχέση με τον C₂ παρατηρήθηκε αντίστοιχη αύξηση της απόδοσης σε καρπό κατά 35.39 gr/φυτό. Σ' αυτόν τον κύκλο επιλογής, η μέση τιμή των επιλεγμένων ήταν 147.78 gr/φυτό. Η γενετική παραλλακτικότητα ήταν $\sigma^2_G=214.01$ και ο αντίστοιχος γενετικός συντελεστής GCV=13.80% πολύ μικρότερος από ότι στους προηγούμενους κύκλους, ελπιδοφόρος όμως για διαφοροποίηση. Ο συντελεστής κληρονομικότητας ήταν $H=0.20$. Η τιμή του είναι πιο ρεαλιστική και αντίστοιχη με εκείνες που έχουν αναφερθεί (Hallauer A. R. and J. B. Miranda Fihlo, 1988) (Goulas C. K. et al., 2000). Από τον Πίν 3.19 προκύπτει ότι ο μέσος συντελεστής κληρονομικότητας των κύκλων επιλογής (2010-2013) ήταν $H=0.49$.

2. Συμπεριφορά ως προς τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά

Ο πληθυσμός C₃ είχε μέση απόδοση σε καρπό 166.01gr ανά φυτό ενώ των επιλεγμένων ήταν 227.94gr αυξημένη κατά 61.93 gr/φυτό. Η γενετική παραλλακτικότητα είχε τιμή $\sigma^2_G=374.74$, ενώ ο γενετικός συντελεστής της GCV=11.66% αν και κατά πολύ μικρότερος από τον προηγούμενο κύκλο επιλογής είναι ενθαρρυντικός για βελτίωση. Ο συντελεστής κληρονομικότητας είχε τιμή $H=0.15$ και η οποία κρίνεται μικρή (Hallauer A. R. and J. B. Miranda Fihlo, 1988).

Η περιεκτικότητα (%) σε άμυλο φάνηκε επίσης να αυξάνεται στα επιλεγμένα φυτά αφού ο πληθυσμός C₃ είχε μέση τιμή 74.39 % και η αντίστοιχη των επιλεγμένων ήταν 75.13%. Η γενετική παραλλακτικότητα ήταν $\sigma^2_G=1.01$, ενώ αντίστοιχος συντελεστής

της $GCV=1.25\%$ εξακολούθησε να είναι πολύ χαμηλός. Ο συντελεστής κληρονομικότητας $H=0.69$ κρίνεται υψηλός και μέσα στο εύρος των προβλεπόμενων για αυτά τα χαρακτηριστικά τιμών (Hallauer A. R. and J. B. Miranda Fihlo, 1988) (Goulas C. K. et al., 2000).

Ο πληθυσμός C_3 είχε μέση απόδοση σε άξονες 19.91gr ξηράς ουσίας ανά φυτό, ενώ για τους επιλεγμένους γονότυπους αυτή ήταν αυξημένη με μέση τιμή 24.80gr. Η γενετική παραλλακτικότητα ήταν $\sigma^2_G=72.0$, ο γενετικός συντελεστής της $GCV=42.62\%$ ήταν υψηλός, και ο συντελεστής κληρονομικότητας ήταν $H=0.56$. Αναφορικά με την βιομάζα ο πληθυσμός C_3 είχε μέση απόδοση ανά φυτό 226.74gr ξηράς ουσίας ενώ για τους επιλεγμένους γονότυπους ήταν μειωμένη με τιμή 222.66gr. Η γενετική παραλλακτικότητα ήταν $\sigma^2_G=0$ και συνεπώς ο γενετικός συντελεστής παραλλακτικότητας όπως και ο συντελεστής κληρονομικότητας ήταν 0 (Πίν 3.19.).

Αποτελέσματα Γενεαλογικών Αγρών Αμφίπλευρης Μαζικής Επιλογής για Απόκριση στην Επιλογή (R), Διαφορικό Επιλογής (S), και Πραγματικό Συντελεστή Κληρονομικότητας (h^2_r).

Τα χαρακτηριστικά Διαφορικό Επιλογής (S), Απόκριση στην Επιλογή (R) και Πραγματικός Συντελεστής Κληρονομικότητας (h^2_r), ανά γενεά όπως υπολογίστηκαν στις §3.7.3, 3.7.4 και 3.7.5 αντίστοιχα παρουσιάζονται παρακάτω.

α) Πρώτος κύκλος επιλογής (C_0) 2010

1. Συμπεριφορά ως προς το χαρακτηριστικό επιλογής
Το διαφορικό επιλογής ήταν $S=[C_{1syn0}H-C_{1syn0}L]=[116.16-56.36]=59.80$.
2. Συμπεριφορά ως προς τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά
Η Απόδοση σε καρπό είχε διαφορικό επιλογής $S=(C_{1syn0}H-C_{1syn0}L)=94.41$ και η περιεκτικότητα (%) σε άμυλο $S=(C_{1syn0}H-C_{1syn0}L)=0.38$ (Πίν 3.18, 3.19).

β) Δεύτερος κύκλος επιλογής (C_1) 2011.

1. Συμπεριφορά ως προς το χαρακτηριστικό επιλογής
Ο πληθυσμός C_1 είχε απόκριση στην επιλογή (γενετική πρόοδο) $R=(C_1H-C_1L)=[69.44-70.23]=-0.79$ και διαφορικό επιλογής $S=[C_{2syn0}H-C_{2syn0}L]=[98.11-46.80]=51.31gr$. Ο πραγματικός συντελεστής κληρονομικότητας εκτιμήθηκε (§3.7.5) σε $h^2_r=[R/S=(C_1H-C_1L)/(C_{1syn0}H-C_{1syn0}L)=(0.00/59.80)]=0.00$

2. Συμπεριφορά ως προς τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά

Η απόκριση στην επιλογή $R=(C_1H-C_1L)$ ήταν, για την απόδοση σε καρπό $R=[110.77-111.43]=-0.66$, για την περιεκτικότητα (%) σε άμυλο $R=[73.06-73.28]=-0.22$ και για την απόδοση σε άξονες $R=[17.29-21.15]=-3.86$.

Το διαφορικό επιλογής $S=(C_{2syn0}H-C_{2syn0}L)$ ήταν για την απόδοση σε καρπό $S=[154.93-75.24]=79.69$, την περιεκτικότητα (%) ξ.ο. σε άμυλο $S=[73.82-72.52]=1.30$ και η απόδοση σε άξονες $S=[23.86-18.42]=5.44$ (Πίν. 3.18, 3.19).

γ) Τρίτος κύκλος επιλογής (C2) 2012.

1. Συμπεριφορά ως προς το χαρακτηριστικό επιλογής

Ο πληθυσμός C2 είχε απόκριση στην επιλογή (γενετική πρόοδος) $R=(C_2H-C_2L)=[81.93-65.14]=16.79$ και διαφορικό επιλογής $S=[C_{3syn0}H-C_{3syn0}L]=[110.43-57.78]=52.65$. Η εκτίμηση (§3.7.5) του πραγματικού συντελεστή κληρονομικότητας ήταν $h^2_r=[R/S=(C_2H-C_2L)/(C_{2syn0}H-C_{2syn0}L)]=(16.79/51.31)=0.33$ και κρίνεται πολύ ικανοποιητική για τα δεδομένα επιλογής

2. Συμπεριφορά ως προς τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά

Η απόκριση στην επιλογή $R=(C_2H-C_2L)$ ήταν, για την απόδοση σε καρπό $R=[130.62-104.22]=26.40$, για την περιεκτικότητα (%) σε άμυλο $R=[73.35-72.93]=0.42$ και για την απόδοση σε άξονες $R=[19.15-17.10]=2.05$.

Το διαφορικό επιλογής $S=(C_{3syn0}H-C_{3syn0}L)$ ήταν για την απόδοση σε καρπό $S=[177.33-94.55]=82.78$, την περιεκτικότητα (%) ξ.ο. σε άμυλο $S=[74.17-72.78]=1.39$ και την απόδοση σε άξονες $S=[26.99-16.60]=10.39$ (Πίν. 3.18, 3.19).

δ) Τέταρτος (4ος) κύκλος επιλογής (C3) 2013.

1. Συμπεριφορά ως προς το χαρακτηριστικό επιλογής

Ο πληθυσμός C3 είχε απόκριση στην επιλογή (γενετική πρόοδος) $R=(C_3H-C_3L)=[105.98-69.68]=36.30$ και διαφορικό επιλογής $S=[C_{4syn0}H-C_{4syn0}L]=[147.78-37.21]=110.57$. Η εκτίμηση (§3.7.5) του πραγματικού συντελεστή κληρονομικότητας ήταν $h^2_r=[R/S=(C_3H-C_3L)/(C_{3syn0}H-C_{3syn0}L)]=(36.30/52.65)=0.69$ και κρίνεται υψηλή για δεδομένα επιλογής

2. Συμπεριφορά ως προς τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά

Η απόκριση στην επιλογή $R=(C_3H-C_3L)$ ήταν, για την απόδοση σε καρπό $R=[166.01-110.83]=55.18$, για την περιεκτικότητα (%) σε άμυλο $R=[74.39-73.10]=1.29$ και για την απόδοση σε άξονες $R=[19.91-19.20]=0.71$.

Το διαφορικό επιλογής $S=(C_{4syn0H}-C_{4syn0L})$ ήταν για την απόδοση σε καρπό $S=[227.94-59.85]=168.09$, την περιεκτικότητα (%) ξ.ο. σε άμυλο $S=[75.13-72.05]=3.08$ και την απόδοση σε άξονες $S=[24.80-18.40]=6.40$ (Πίν. 3.18, 3.19).

Πίνακας 3.19.: Παραγωγικά χαρακτηριστικά βιοαιθανόλης (πρώτης και δεύτερης γενιάς) για τέσσερις κύκλους μαζικής επιλογής (C₀, C₁, C₂, C₃) Υψηλής απόδοσης σε Άμυλο. Εμφανίζονται ο Μέσος Όρος πληθυσμού και επιλεγμένων, το διαφορικό επιλογής, η γενετική (σ^2_G) και Φαινοτυπική (σ^2_P) παραλλακτικότητα, η ανταπόκριση στην επιλογή R και ο συντελεστής κληρονομικότητας H² και h²_r. Διορθωμένες τιμές ως προς την Επίδραση του Περιβάλλοντος

Χαρακτηριστικά επιλογής						
	Απόδοση Αμύλου gr	Απόδοση Καρπού gr (Υγρασία 15%)	Άμυλο % (ξ.ο.)	Απόδοση Αξόνων gr (ξ.ο.)	Απόδοση Βιομάζας gr (ξ.ο.)	
Κύκλος C₀						
	\bar{X}_p	89.27	142.09	73.26		
	\bar{X}_s	116.16	184.28	73.47		
S		59.80	94.41	0.38		
σ^2_G		122.31	274.22	0.41		
σ^2_P		854.23	2071.68	0.65		
GCV(%)		32.73	11.65	0.87		
H		0.14	0.13	0.63		
Κύκλος C₁						
	\bar{X}_p	69.44	110.77	73.06	17.29	201.86
	\bar{X}_s	98.11	154.93	73.82	23.86	207.44
S		51.31	79.69	1.30	5.44	
σ^2_G		1172.3	3636.8	0.60	115.60	7095.50
σ^2_P		1600.6	4665.2	0.76	152.19	9519.90
R		-0.79	-0.66	-0.22	-3.86	
GCV(%)		49.31	54.44	1.06	62.18	41.72
H		0.73	0.78	0.79	0.76	0.75
h ² _r		0.00				

Κύκλος C2						
\bar{X}_p	81.93	130.62	73.35	19.15	207.09	
\bar{X}_s	110.43	177.33	74.17	26.99	200.57	
S	52.65	82.78	1.39	10.39		
σ_{2G}	939.9	2241.7	0.55	88.90	8914.0	
σ_{2P}	1589.6	3744.2	0.69	119.60	9932.5	
R	16.79	26.40	0.42	2.05		
GCV(%)	37.42	36.25	1.01	49.24	45.59	
H	0.59	0.60	0.79	0.74	0.90	
h_{2r}	0.34					
Κύκλος C3						
\bar{X}_p	105.98	166.01	74.39	19.91	226.74	
\bar{X}_s	147.78	227.94	75.13	24.80	222.66	
S	110.57	168.09	3.08	6.4		
σ_{2G}	214.01	374.74	1.01	72.00	0.0	
σ_{2P}	1064.3	2424.46	1.46	128.60	6356.7	
R	36.30	55.18	1.29	0.71		
GCV(%)	13.80	11.66	1.35	42.62	0.00	
H	0.20	0.15	0.69	0.56	0.00	
h_{2r}	0.69					

\bar{X}_p Ο Μέσος όρος του Πληθυσμού κάθε γενιάς(n), \bar{X}_s Ο Μέσος όρος των επιλεγμένων κάθε γενιάς(n)

$S = (C_{nsyn0}H - C_{nsyn0}L) = To$ διαφορικό επιλογής, $R = (C_nH - C_nL) = H$ απόκριση στην επιλογή. (n)=Γενεά

$\ddagger h^2_r$ Ο πραγματικός συντελεστής κληρονομικότητας ως R/S

$\dagger H$ Ο συντελεστής κληρονομικότητας ως σ^2_G / σ^2_P

σ^2_G Η γενετική παραλλακτικότητα ως εκτίμηση της μέσης διακύμανσης των γενοτύπων εντός των τεμαχίων

σ^2_P Η Φαινοτυπική παραλλακτικότητα ως εκτίμηση σ^2_G / σ^2_E . σ^2_E = της διακύμανσης των ΜΟ των τεμαχίων.

1. Αρνητικές τιμές R σημαίνει αύξηση

Πίνακας 3.20.: Παραγωγική Συμπεριφορά των Γενεών Επιλογής για Υψηλή και Χαμηλή Απόδοση σε Άμυλο (Ολικό άμυλο) 2010-2013

1. Υψηλή Απόδοση σε Άμυλο (Ολικό άμυλο)

Γενεές Επιλογής	Απόδοση Αμούλου	Απόδοση Καρπού	Άμυλο % ξ.ο.	Υγρασία Καρπού	Απόδοση Αξόνων	Βιομάζα	Λιπαρά % ξ.ο.	Πρωτεΐνες % ξ.ο.
C ₀	89.27	142.09	73.26	14.24			4.10	8.57
C _{1H}	69.44	110.77	73.06	14.20	17.29	201.86	4.12	8.87
C _{2H}	81.93	130.62	73.35	14.49	19.15	207.09	4.23	8.87
C _{3H}	105.98	166.01	74.39	14.19	19.91	226.74	4.11	8.46
Συνολικό Κέρδος (%)	18.72	16.83	1.54	-0.36	15.15	12.32	0.24	-1.28
Κέρδος/ Γενεά (%)	6.24	5.61	0.51	-0.12	7.58	6.16	0.08	-0.43
Μέσος Πραγματικός Συντελεστής Κληρονομικότητας (h^2_r)	0.34							

2. Χαμηλή Απόδοση σε Άμυλο (Ολικό άμυλο)

C ₀	89.27	142.09	73.26	14.24			4.10	8.57
C _{1L}	70.23	75.24	73.29	14.22	21.15		4.02	8.75
C _{2L}	65.14	104.22	72.93	16.04	17.05		4.02	8.93
C _{3L}	69.68	110.83	73.10	13.71	19.23		4.13	8.75
Συνολικό Κέρδος (%)	-21.94	-22.00	-0.22	-3.72	-9.01		0.73	2.10
Κέρδος/ Γενεά (%)	-7.31	-7.33	-0.07	-1.24	-4.54		0.24	0.70

Πίνακας 3.21: Φαινοτυπική συσχέτιση του Χαρακτηριστικού Επιλογής και των Επιθυμητών χαρακτηριστικών για την παραγωγή βιοαιθανόλης πρώτης και δεύτερης γενιάς των πληθυσμών υψηλής και χαμηλής απόδοσης σε άμυλο ανά γενεά επιλογής.

Υψηλή Απόδοση σε Άμυλο					
Γενεές Επιλογής		C₀	C₁	C₂	C₃
Χαρακτηριστικό Επιλογής	Χαρακτηριστικά	Συσχέτιση			
Απόδοση σε Άμυλο (Ολικό άμυλο)	Απόδοση σε καρπό	1.00**	1.00**	1.00**	1.00**
	Περιεκτικότητα (%) ξ.ο. σε άμυλο	0.14*	0.11*	0.25**	0.19*
	Απόδοση σε άξονες		0.55**	0.45**	0.56**
	Απόδοση σε Βιομάζα		0.15 ^{ns}	0.15 ^{ns}	0.19 ^{ns}
Χαμηλή Απόδοση σε Άμυλο					
Χαρακτηριστικό Επιλογής	Χαρακτηριστικά	Συσχέτιση			
Απόδοση σε Άμυλο (Ολικό άμυλο)	Απόδοση σε καρπό	1.00**	1.00**	1.00**	1.00**
	Περιεκτικότητα (%) ξ.ο. σε άμυλο	0.14*	0.12*	0.09 ^{ns}	0.07 ^{ns}
	Απόδοση σε άξονες		0.20**	0.40**	0.16*

ns=Μη στατιστικά σημαντικό, *Σημαντικότητα σε Επίπεδο P=.05, **Σημαντικότητα σε Επίπεδο P=.01

3.3.4. Αποτελεσματικότητα της Έμμεσης Επιλογής

Η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της έμμεσης επιλογής ως προς το χαρακτηριστικό επιλογής με βάση τα δεδομένα του γενεαλογικού αγρού εμφανίζεται στον Πίν 3.17. Από τα δεδομένα των Πινάκων 3.17 και 3.20, τα οποία αφορούν το κριτήριο επιλογής, η διαφοροποίηση μεταξύ των πληθυσμών υψηλής και χαμηλής απόδοσης αμύλου στον κύκλο επιλογής C₁ δεν ήταν αποτελεσματική (η διαφορά πρακτικά είναι μηδενική). Αντιθέτως ήταν αποτελεσματική στον κύκλο επιλογής C₂ και ακόμη περισσότερο στον C₃. Τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιώνονται και από την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της άμεση επιλογής για το χαρακτηριστικό επιλογής το 2014 (Πίν. 3.25). Τα δεδομένα δίνουν την δυνατότητα εκτίμησης του Μέσου Πραγματικού Συντελεστή Κληρονομικότητας h_r^2 .

Η επιλογή για υψηλή απόδοση σε άμυλο παρουσίασε αύξηση απόδοσης σε άμυλο (ολικό άμυλο) (C_3H vs C_0)=16.71g/φυτό με συνολικό γενετικό κέρδος 18.72% και ανά γενεά 6.24%. Ο συντελεστής γενετικής παραλλακτικότητας GCV κυμάνθηκε από 13.80 έως 49.31% και ήταν πολύ ικανοποιητικός ώστε να έχουμε αποτελεσματική επιλογή, ο δε συντελεστής κληρονομικότητας (H) από 0.20 έως 0.72 (Πίν. 3.20 και 3.21). Η διαφοροποίηση μεταξύ των πληθυσμών C_0 και C_1H δεν ήταν αποτελεσματική (παρατηρούμε μείωση στην C_1H κατά 19.83g), πιθανόν διότι η επιλογή δεν ήταν αποτελεσματική. Αντιθέτως ήταν αποτελεσματική στον κύκλο επιλογής C_2H , (παρατηρούμε αύξηση στην C_2H κατά 12.49g) και ακόμη περισσότερο στον κύκλο C_3H (παρατηρούμε αύξηση στην C_3H κατά 24.05g).

Η πρόοδος στα εφαρμοσμένα προγράμματα βελτίωσης είναι αργή και χαρακτηρίζεται από διακυμάνσεις προερχόμενες κυρίως από περιβαλλοντικές αιτίες (Rooney L. W. et al., 2004). Γενετικοί και περιβαλλοντικοί λόγοι επιδρούν στην ποιότητα την σύνθεση και τις φυσικές ιδιότητες του καρπού του καλαμποκιού. Η ποιότητα και η σύνθεση του καρπού επηρεάζονται τα μέγιστα από τον τρόπο συγκομιδής και τις πρακτικές αποθήκευσης. Η σημασία των γενετικών και περιβαλλοντικών επιπτώσεων στην σύνθεση του καρπού του καλαμποκιού έχει μελετηθεί και περιγραφεί από τον Dudley J. W. (2004), παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάζονται και από τους Hallauer A. R. et al. (2004).

Η επιλογή για χαμηλή απόδοση σε άμυλο παρουσίασε μείωση απόδοσης σε άμυλο (C_3L vs C_0) κατά 19.59g/φυτό με συνολικό αρνητικό κέρδος 21.94%, το οποίο ανά γενεά ήταν 7.31%. Η διαφοροποίηση μεταξύ των πληθυσμών C_0 και C_1L ήταν ιδιαίτερα αποτελεσματική (μείωση στην C_1L κατά 19.04g). Το γεγονός αυτό δείχνει ότι ο συντελεστής κληρονομικότητας $H=0.14$ ήταν πολύ μικρός και μη ρεαλιστικός, το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι ο συντελεστής κληρονομικότητας υπόκειται σε μεγάλο στατιστικό σφάλμα (Hallauer A. R. and J. B. Miranda Fihlo, 1988)

Στον κύκλο επιλογής C_2L , η διαφοροποίηση ήταν αποτελεσματική [μείωση κατά 5.09g], ενώ στον κύκλο επιλογής C_3L παρατηρείται αναστροφή και η επιλογή δεν ήταν αποτελεσματική [αύξηση κατά 4.53g]. Οι πιθανές αιτίες παρουσιάζονται στην Κεφάλαιο 3 §3.5.3.4.

Ο συντελεστής γενετικής παραλλακτικότητας GCV κυμάνθηκε 31.29 έως 53.63% και ήταν πολύ ικανοποιητικός ώστε να έχουμε αποτελεσματική επιλογή, ο δε συντελεστής κληρονομικότητας (H) από 0.37 έως 0.68 (Πίν. 3.18 και 3.19).

Ο Μέσος Πραγματικός Συντελεστής Κληρονομικότητας των γενεών επιλογής εκτιμήθηκε $h^2_r=0.34$ (Κεφάλαιο 3 §3.7.5), εκτίμηση πολύ ικανοποιητική για εφαρμοσμένα προγράμματα βελτίωσης (Πίν. 3.20).

Η επιλογή για απόδοση σε άμυλο (ολικό άμυλο) ήταν αναμενόμενο να επηρεαστεί από τα αγρονομικά χαρακτηριστικά, απόδοση σε καρπό και περιεκτικότητα (%) σε άμυλο, τα οποία αποτελούν και τα συστατικά του χαρακτηριστικού επιλογής. Παρατηρούμε ότι στην ομάδα της υψηλής απόδοσης σε άμυλο, η απόδοση σε καρπό αυξήθηκε κατά 23.92 g/φυτό (C_3H vs C_0) με συνολικό κέρδος 16.83% και ανά γενεά 5.61% (Πίν. 3.20). Η συμπεριφορά είναι αναμενόμενη αφού το χαρακτηριστικό επιλογής έχει βασικό συστατικό την απόδοση σε καρπό με την οποία ταυτίζεται σε όλους τους κύκλους επιλογής (Πίν. 3.21).

Η περιεκτικότητα (%) σε άμυλο (C_3H vs C_0) αυξήθηκε κατά 1.13%/φυτο παρουσιάζοντας συνολικό κέρδος 1.54% και κέρδος ανά γενεά 0.51% ποσοστό ιδιαίτερα σημαντικό για το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό (Πίν. 3.20).

Στην ομάδα της χαμηλής απόδοσης σε άμυλο, η απόδοση σε καρπό μειώθηκε κατά 31.26 g/φυτό (C_3H vs C_0) με συνολικό αρνητικό κέρδος κατά 22.0% και ανά γενεά 7.33% (Πίν. 3.20). Όπως και στους πληθυσμούς υψηλής απόδοσης σε άμυλο τα δυο αυτά χαρακτηριστικά ταυτίζονται σε όλους τους κύκλους επιλογής (Πίν. 3.21). Η Περιεκτικότητα (%) σε άμυλο (C_3H vs C_0) μειώθηκε κατά 0.16%/φυτό παρουσιάζοντας συνολικό αρνητικό κέρδος 0.22% και κέρδος ανά γενεά 0.07% (Πίν. 3.20).

Ο μειωμένος αριθμός φυτών στην C_3H έχει στενέψει την γενετική βάση (260 φυτά-Πίν. 3.16) με αποτέλεσμα να λαμβάνει χώρα ανασυνδυασμός των καλών αλληλομόρφων. Επειδή το γενετικό υλικό της C_3H αξιοποιείται παραπέρα με S_1 οικογένειες και HS, είναι αναμενόμενο στα δεδομένα του 2016 να επιβεβαιωθεί η υπόθεση της στενής γενετικής βάσης.

3.3.5. Φαινοτυπική συσχέτιση του χαρακτηριστικού επιλογής και των επιθυμητών χαρακτηριστικών των πληθυσμών υψηλής και χαμηλής απόδοσης σε άμυλο ανά γενιά επιλογής.

Η συσχέτιση μεταξύ του χαρακτηριστικού επιλογής απόδοση σε άμυλο (ολικό άμυλο) και των χαρακτηριστικών τα οποία εξετάσαμε για τους πληθυσμούς C_0 , C_1 , C_2 και C_3 παρουσιάζονται στον Πίν 3.21. Παρατηρούμε ότι οι τιμές του συντελεστή συσχέτισης στους πληθυσμούς υψηλής απόδοσης ως προς την απόδοση σε καρπό ήταν $r=1.00^{**}$, ήτοι ταύτιση των δυο χαρακτηριστικών σε όλους τους κύκλους επιλογής. Για το χαρακτηριστικό περιεκτικότητα (%) σε άμυλο ο συντελεστής συσχέτισης κυμάνθηκε από $r=0.11^*$ (C_1) έως $r=0.25^{**}$ (C_2) και η συσχέτιση ήταν ασθενής, ενώ με το χαρακτηριστικό απόδοση σε άξονες κυμάνθηκε από $r=0.45^{**}$ (C_1) έως $r=0.56^{**}$ (C_3) και ήταν ισχυρή. Τέλος με το χαρακτηριστικό απόδοση σε βιομάζα σε κάθε

περίπτωση ήταν ασθενής και μη στατιστικά σημαντική. Για τους πληθυσμούς της χαμηλής απόδοσης σε άμυλο, παρατηρείται το ίδιο ως προς την συσχέτιση με την απόδοση σε καρπό, με το χαρακτηριστικό απόδοση σε άξονες η συσχέτιση είναι μέτρια ισχυρή (από $r=0.16^*$ έως $r=0.40^{**}$) ενώ με το χαρακτηριστικό περιεκτικότητα σε άμυλο (%) ξ.ο. ήταν ασθενής και μη σημαντική (από $r=0.07^{ns}$ έως $r=0.14^*$).

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι η απόδοση σε άμυλο ταυτίζεται με αυτήν της απόδοσης σε καρπό, σημαντική είναι και η σχέση της με την απόδοση σε άξονες όχι όμως αξιοποιήσιμη για βελτιωτικούς σκοπούς, ενώ η συσχέτιση της με την απόδοση σε βιομάζα και την περιεκτικότητα (%) σε άμυλο πρακτικά δεν υφίσταται (Πίν. 3.21).

3.3.6. Πειραματισμός 2014

Αξιολόγηση της Αποτελεσματικότητας της Άμεσης (Ευθείας) Επιλογής.

Η αποτελεσματικότητα της επιλογής αξιολογήθηκε με απευθείας σύγκριση των παράγωγων πληθυσμών που προέκυψαν από τους τρεις κύκλους, με τον βασικό πληθυσμό έναρξης (C_0). Στην αξιολόγηση, η οποία πραγματοποιήθηκε σε τρία αγρονομικά περιβάλλοντα το 2014, εκτός από τους τρεις (3) κύκλους (C_1 , C_2 , C_3) υψηλής και χαμηλής απόδοσης σε άμυλο (ολικό άμυλο) συμπεριλήφθησαν και τα αντίστοιχα C_{1syn0} , C_{2syn0} , C_{3syn0} , C_{4syn0} προκειμένου να γίνει αξιολόγηση και του πραγματικού διαφορικού επιλογής. Έλαβαν επίσης μέρος, τα υβρίδια PRH3.12, PRH3.12 F_2 , ο Ελληνικός αβελτίωτος πληθυσμός GROF179, το πληθυσμιακό υβρίδιο PRH3.12xGROF179, από το οποίο προέκυψε ο βασικός πληθυσμός έναρξης (C_0) και το εμπορικό υβρίδιο H3.13 το οποίο μαζί με το αρχικό υβρίδιο PRH3.12 αποτελούν τον περιβαλλοντικό δείκτη.

Σύμφωνα με τα δεδομένα (Πίν. 3.26) στη C_1 , C_2 και C_3 γενιά των πληθυσμών υψηλής και χαμηλής απόδοσης, οι ομόλογοι πληθυσμοί υψηλής απόδοσης διαφοροποιήθηκαν ως προς την απόδοση σε άμυλο (ολικό άμυλο) από τους αντίστοιχους της χαμηλής. Η συμπεριφορά αυτή όταν αντίστοιχη με αυτήν η οποία παρατηρήθηκε στην αξιολόγηση της έμμεσης αποτελεσματικότητας, με βάση τα δεδομένα του γενεαλογικού αγρού (Πίν. 3.20). Όπως ήταν αναμενόμενο η προηγούμενη συμπεριφορά είναι αποτέλεσμα της διαφοροποίησης ως προς την απόδοση σε καρπό. Οι πληθυσμοί υψηλής απόδοσης σε άμυλο διαφοροποιήθηκαν από τον αρχικό πληθυσμό C_0 ως προς τα παραπάνω χαρακτηριστικά ενώ οι αντίστοιχοι της χαμηλής απέτυχαν να διαφοροποιηθούν (Πίν. 3.26).

Τα δεδομένα της συνδυασμένης ανάλυσης έδειξαν σημαντικές διαφορές ως προς την απόδοση σε άμυλο (ολικό άμυλο). Κατά μέσο όρο οι πληθυσμοί υψηλής απόδοσης υπερέιχαν 13.51% ήτοι 65.0 kg/στρ από τους αντίστοιχους χαμηλής με την διαφορά

να είναι σημαντική. Υπερείχαν επίσης κατά 14.0%, ήτοι 108.0 kg/στρ σε απόδοση καρπού, από την μέση τιμή των πληθυσμών χαμηλής περιεκτικότητας (C₃, C₂, C₁)H vs (C₃, C₂, C₁)L διαφορά επίσης σημαντική (Πίν. 3.24 και 3.26).

Για τα ίδια χαρακτηριστικά διαφοροποιήθηκαν και οι πληθυσμοί (C₃, C₂)H vs (C₃, C₂)L με υπεροχή κατά 20.46% σε απόδοση αμύλου (ολικό άμυλο) και 20.77% σε απόδοση καρπού των αντιστοιχών της χαμηλής. Αντίστοιχα για τους πληθυσμούς (C₂, C₁)H vs (C₂, C₁)L για τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά η διαφοροποίηση ήταν 10.55% και 11.24%. Ως προς την περιεκτικότητα σε άμυλο (%) δεν παρατηρήθηκε διαφοροποίηση σε καμιά περίπτωση σε αντίθεση με τα προηγούμενα (Πίν. 3.24 και 3.26).

Συνοψίζοντας τα προηγούμενα, η αμφίπλευρη επιλογή για υψηλή και χαμηλή απόδοση σε άμυλο (ολικό άμυλο) ήταν αποτελεσματική, ένδειξη ότι το χαρακτηριστικό είναι δεκτικό βελτιωτικού χειρισμού και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν πηγή επιλογής. Η επίδραση της επιλογής εκτός από την απόδοση και την περιεκτικότητα (%) σε άμυλο στα υπόλοιπα αγρονομικά χαρακτηριστικά όπως ημέρες άνθισης, απόδοση σε άξονες, περιεκτικότητα σε άμυλο, πρωτεΐνες, λιπαρά, ASI και υγρασία συγκομιδής δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές και τα χαρακτηριστικά αυτά δεν ήταν ικανά να διαφοροποιήσουν τους πληθυσμούς (Πίν. 3.26). Τα δεδομένα της συνδυασμένης ανάλυσης παραλλακτικότητας συνοψίζονται στον Πίν 3.22. Ανάλογα ήταν και τα αποτελέσματα σε κάθε ένα από τα περιβάλλοντα χωριστά ένδειξη απουσίας αλληλεπίδρασης (Παραρτημα Π.Π. 3.5., Π.Π. 3.6., Π.Π.3.7).

Πίνακας 3.22.: Μέσα Τετράγωνα και Επιμερισμός του Συνολικού Αθροίσματος Τετραγώνων της Συνδυασμένης Ανάλυσης Παραλλακτικότητας του Γενετικού Υλικού σε τρία Αγρονομικά Περιβάλλοντα (2014).

Πηγή Παραλλακτικότητας	Μέσα Τετράγωνα								
	Αγρονομικά Χαρακτηριστικά								
	Απόδοση Αμύλου	Απόδοση Καρπού	Άμυλο % ξ.ο.	Υγρασία Καρπού	Απόδοση Αξόνων	Λιπαρά % ξ.ο.	Πρωτεΐνες % ξ.ο.	Ημέρες Ανθοφορίας	Ύψος Φυτών
Περιβάλλον (E)	26280.5*	66404.0*	8.8**	22.5**	13462.3**	0.449**	4.65**	130.7**	12130.3**
Επαναλήψεις [Περιβάλλον]	7635.8*	18479.2 ^{ns}	0.30 ^{ns}	3.6**	3227.0**	0.052 ^{ns}	0.12 ^{ns}	1.19 ^{ns}	199.3 ^{ns}
Γονότυπος (G)	237406.9**	573143.4**	2.50**	0.6 ^{ns}	11411.1**	0.114*	0.61**	46.1**	1541.1**
Γονότυπος x Περιβάλλον (GxE)	5400.9 ^{ns}	12563.6 ^{ns}	0.80*	0.6 ^{ns}	1315.9 ^{ns}	0.047 ^{ns}	0.23 ^{ns}	3.5**	181.5 ^{ns}
Σφάλμα	3911.7	9840.0	0.39	0.6	982.4	0.046	0.17	0.8	149.95
ΣΠ%	10.82	10.79	0.84	4.90	19.49	5.10	5.33	1.52	6.63
Επιμερισμός Συνολικού Αθροίσματος Τετραγώνων									
Περιβάλλον (E)	1.0	1.0	10.7	21.3	5.5	6.82	15.4	17.76	27.61
Επαναλήψεις [Περιβάλλον]	1.2	1.2	1.6	15.4	5.9	3.55	1.8	0.97	2.04
Γονότυπος (G)	81.9	81.6	28.8	5.6	44.2	16.39	19.2	68.91	33.32
Γονότυπος x Περιβάλλον (GxE)	3.7	3.6	18.6	10.9	10.2	13.44	14.3	5.24	7.85
Σφάλμα	12.1	12.6	40.3	46.9	34.2	59.80	49.3	7.11	29.18

ns= Μη Στατιστικά Σημαντικό. * Σημαντικότητα σε Επίπεδο P=.005. **Σημαντικότητα σε Επίπεδο P=.001

Πίνακας 3.23.: Εκτίμηση των συστατικών διακύμανσης και επιμερισμός της φαινοτυπικής διακύμανσης των γονοτύπων σε τρία αγρονομικά περιβάλλοντα (2014)

Συστατικά Διακύμανσης	Αγρονομικά Χαρακτηριστικά								
	Απόδοση Αμύλου	Απόδοση Καρπού	Άμυλο % ξ.ο.	Υγρασία Καρπού	Απόδοση Αξόνων	Λιπαρά % ξ.ο.	Πρωτεΐνες % ξ.ο.	Ημέρες Ανθοφορίας	Ύψος Φυτών
$\sigma^2_{(E)}$	184.2	476.1	0.10	0.23	115.7	0.004	0.05	1.61	147.3
σ^2_G	19333.8	46715.0	0.14	11.80	841.3	0.006	0.032	5.32	113.3
$\sigma^2_{(GxE)}$	372.3	680.9	0.14	0.007	83.4	0.000	0.013	0.68	7.89
σ^2_e	3911.7	9840.0	0.39	0.58	982.4	0.046	0.17	0.79	150.0
Επιμερισμός Φαινοτυπικής Διακύμανσης									
$\sigma^2_{p(=100)}$	19783.9	47705.2	0.21	0.05	944.0	0.01	0.05	5.59	128.4
% σ^2_G	97.72	97.92	64.05	2.03	89.12	58.99	62.68	95.19	88.22
% $\sigma^2_{(GxE)}$	0.63	0.36	21.20	4.54	8.70	40.53	8.77	3.03	2.00
% σ^2_e	1.65	1.72	14.74	93.4	2.20	0.47	28.54	1.77	9.70

σ^2_p = Φαινοτυπική Διακύμανση. σ^2_E = Διακύμανση Περιβάλλοντος. σ^2_G = Διακύμανση Γονότυπων. $\sigma^2_{(GxE)}$ = Διακύμανση Αλληλεπίδρασης. σ^2_e = Διακύμανση Σφάλματος

Πίνακας 3.24.: Αξιολόγηση της μέσης παραγωγικής συμπεριφοράς του γενετικού υλικού σε τρία αγρονομικά περιβάλλοντα (2014)

Κύκλοι Επιλογής Υβρίδια	Απόδοση Αμύλου	Απόδοση Καρπού	Άμυλο % ξ.ο.	Υγρασία Καρπού	Απόδοση Αξόνων	Λιπαρά % ξ.ο.	Πρωτεΐνες % ξ.ο.	Ημέρες Άνθησης	ASI	Ύψος Φυτού
C ₀	490.0	778	74.08	15.6	137.6	4.07	8.09	56	2.00	169.8
C _{1syn0} H	496.7	794	73.63	15.6	137.1	4.31	7.87			169.4
C _{1syn0} L	468.5	750	73.51	15.7	135.8	4.08	7.82			179.5
C ₁ H	496.9	800	73.04	15.3	121.9	4.24	8.00	57	1.75	178.7
C ₁ L	495.0	792	73.50	15.5	153.0	4.32	8.04	58	1.00	179.4
C _{2syn0} H	541.7	863	73.83	15.6	164.2	4.06	7.83			173.2
C _{2syn0} L	464.5	748	73.12	15.5	136.7	4.27	8.16			181.5
C ₂ H	550.6	881	73.49	15.4	142.9	4.04	7.88	58	0.88	181.3
C ₂ L	452.8	721	73.91	15.6	140.2	4.25	7.80	58	1.50	182.5
C _{3syn0} H	603.7	960	73.99	15.3	165.1	4.22	7.67			185.4
C _{3syn0} L	508.4	809	73.97	15.7	156.8	4.20	7.90			186.5
C ₃ H	590.4	945	73.49	15.7	156.7	4.27	7.61	59	0.38	181.9
C ₃ L	495.6	792	73.63	15.3	146.5	4.18	7.93	57	1.50	181.8
C _{4syn0} H	659.6	1044	74.40	15.8	171.2	4.16	7.66			194.1
C _{4syn0} L	500.1	798	73.67	15.7	148.6	4.29	7.99			184.8
MO	577.57	919.05	73.85	15.52	160.79	4.21	7.80	58.29	1.04	184.6
ΕΣΔ	50.40	79.64	0.50	0.61	25.26	0.17	0.34	0.89	1.07	9.9
PRH3.12	898.2	1412	74.78	15.2	223.8	4.19	7.32	61	-0.13	204.3
PRH3.12 _{F2}	700.7	1108	74.43	15.2	188.5	4.08	7.33	63	-0.13	191.7
GROP179	535.0	852	73.80	15.9	164.8	4.34	7.86	56	2.88	177.3
PRH3.12x GROP179	626.5	992	74.26	15.7	174.1	4.31	7.76	56	1.38	189.7
H3.13	976.1	1543	74.44	15.1	250.2	4.31	7.58	62	-0.50	218.1

Πίνακας 3.25.: Παραγωγική συμπεριφορά των τριών κύκλων επιλογής για υψηλή και χαμηλή απόδοση σε ολικό άμυλο σε τρία αγρονομικά περιβάλλοντα (2014)

1. Υψηλή Απόδοση σε ολικό άμυλο											
	Κύκλοι Επιλογής	Απόδοση Αμύλου	Απόδοση Καρπού	Άμυλο % ξ.ο.	Υγρασία Καρπού	Απόδοση Αξόνων	Λιπαρά % ξ.ο.	Πρωτεΐνες % ξ.ο.	Ύψος Φυτού	Ημέρες Ανθισης	ASI
	C₀	490.0	778	74.08	15.6	137.6	4.07	8.09	169.8	56	2.00
	C₁H	496.9	800	73.04	15.3	121.9	4.24	8.00	178.7	57	1.75
	C₂H	550.6	881	73.49	15.4	142.9	4.04	7.88	181.3	58	0.88
	C₃H	590.4	945	73.49	15.7	156.7	4.27	7.61	181.9	59	0.38
	Συνολικό Κέρδος (%)	20.49	21.46	-0.80	0.64	13.89	4.91	-5.93	7.13	5.36	-81.00
	Κέρδος/ Κύκλο Επιλογής (%)	6.83	7.16	-0.27	0.21	4.63	1.64	-1.98	2.38	1.79	-27.00
	Μέσος Συντελεστής Κληρονομικότητας (h^2_r)	0.97									
2. Χαμηλή Απόδοση σε ολικό άμυλο											
	C₀	490.0	778	74.08	15.6	137.6	4.07	8.09	169.8	56	2.00
	C₁L	495.0	792	73.50	15.5	153.0	4.32	8.04	179.4	58	1.00
	C₂L	452.8	721	73.91	15.6	140.2	4.25	7.80	182.5	58	1.50
	C₃L	495.6	792	73.63	15.3	146.5	4.18	7.93	181.8	57	1.50
	Συνολικό Κέρδος (%)	1.14	1.80	-0.61	-1.92	6.47	2.70	-1.98	7.01	1.79	-25.00
	Κέρδος/ Κύκλο Επιλογής (%)	0.38	0.60	-0.20	-0.64	2.16	0.90	-0.66	2.36	0.60	-8.33

Άμεσες Επιδράσεις στο Κριτήριο Επιλογής

Για το χαρακτηριστικό απόδοση σε ολικό άμυλο το οποίο ήταν και το κριτήριο επιλογής, η διακύμανση του περιβάλλοντος όπως αναμενόταν ήταν σημαντική. Σημαντική ήταν επίσης και η διακύμανση μεταξύ των γονοτύπων, ενώ μη σημαντική ήταν η αλληλεπίδραση (GxE) μεταξύ αυτών και επομένως η αξιολόγηση ήταν έγκυρη με βάση τον μέσο όρο των τριών περιβαλλόντων. Το ίδιο ισχύει και για τα συστατικά του χαρακτηριστικού, δηλαδή απόδοση σε καρπό και περιεκτικότητα (%) σε άμυλο. Ειδικότερα για το χαρακτηριστικό της περιεκτικότητας (%) σε άμυλο, η αλληλεπίδραση (GxE), ήταν σημαντική, ενώ η συμμετοχή της στην Φαινοτυπική διακύμανση ήταν 21.0% (Πίν. 3.22 και 3.23) και επομένως η αξιολόγηση με βάση τον μέσο όρο είναι έγκυρη. Στοιχεία για την εκτίμηση των συστατικών της διακύμανσης καθώς και τον επιμερισμό της φαινοτυπικής διακύμανσης μεταξύ των γονοτύπων παρουσιάζονται στον Πίν. 3.23. Σχετικά με την απόδοση σε ολικό άμυλο, η διακύμανση των περιβαλλόντων (σ^2_E) υπονοεί ικανοποιητική ομοιομορφία μεταξύ αυτών. Το γεγονός επιβεβαιώνεται και από την μικρή συμμετοχή της αλληλεπίδρασης (GxE) στην διαμόρφωση της φαινοτυπικής διακύμανσης μεταξύ των γονοτύπων. Όπως ήταν αναμενόμενο, λόγω των μικρών διαφορών μεταξύ του γενετικού υλικού που αξιολογήθηκαν, η γενετική διακύμανση ήταν η κύρια πηγή (97.7%) της φαινοτυπικής διακύμανσης (Πίν. 3.23).

Η παραγωγική συμπεριφορά του γενετικού υλικού εμφανίζεται στον Πίν. 3.24. Το γενετικό υλικό παρουσιάζεται ταξινομημένο, αφενός στους κύκλους επιλογής, και αφετέρου στο γενετικό υλικό το οποίο σχετίζεται με την δημιουργία του πληθυσμού εκκίνησης (C_0) του προγράμματος. Από τα δεδομένα του Πίνακα 3.24, η απόδοση σε ολικό άμυλο ως κριτήριο επιλογής και τα χαρακτηριστικά των παράγωγων πληθυσμών δίνονται στον Πίνακα 3.25, οποίος επιτρέπει την άμεση αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της επιλογής.

Για υψηλή απόδοση σε άμυλο (ολικό άμυλο), σύμφωνα με τα δεδομένα η επιλογή ήταν αποτελεσματική. Συγκεκριμένα ενώ η C_1H ήταν πρακτικά ισοδύναμη με την C_0 , η C_2H ξεπέρασε κατά 60.60 kg/στρ την C_0 και η C_3H κατά 100.40 kg/στρ, διαφορές οι οποίες είναι στατιστικά σημαντικές (ΕΣΔ=50.40, Πίν. 3.24). Παρουσιάζεται μια μέση συνολική υπεροχή των τριών (3) κύκλων (C_1, C_2, C_3)H έναντι της C_0 κατά 55.40 kg/στρ ήτοι 20.49%. Η αντίστοιχη μέση συνολική υπεροχή των παράγωγων πληθυσμών ($C_{1syn0}H, C_{2syn0}H, C_{3syn0}H$) έναντι της C_0 ήταν 56.76 kg/στρ (Πίν. 3.26).

Από την άλλη πλευρά, η επιλογή για χαμηλή απόδοση σε ολικό άμυλο δεν ήταν αποτελεσματική. Συγκεκριμένα η C_1L ήταν πρακτικά ισοδύναμη με την C_0 , (παρουσιάστηκε αναστροφή και υπερτερούσε κατά 5 kg/στρ), η C_2L υστερούσε κατά 37.20 kg/στρ της C_0 και η C_3L ήταν πρακτικά ισοδύναμη με την C_0 (ελαφρά αναστροφή και υπερτερούσε κατά 5.8 kg/στρ), οι διαφορές σε καμία περίπτωση δεν ήταν στατιστικά σημαντικές (ΕΣΔ=50.40 Πίν. 3.24). Η μέση συνολική υστέρηση της (C_1, C_2, C_3)L έναντι της C_0 ήταν μόλις 8.87 kg/στρ (Πίν. 3.25 και 3.26), γεγονός το

οποίο δηλώνει ότι δεν υπήρξε αρνητική πρόοδος. Το συνολικό γενετικό αρνητικό κέρδος ήταν 1.14% έναντι της C_0 . Η αντίστοιχη μέση συνολική υστέρηση των παραγωγών πληθυσμών ($C_{1syn0}L$, $C_{2syn0}L$, $C_{3syn0}L$) έναντι της C_0 ήταν 9.53 kg/στρ (Πίν. 3.26).

Τα δεδομένα δίνουν την δυνατότητα εκτίμησης του Μέσου Πραγματικού Συντελεστή Κληρονομικότητας (Κεφάλαιο 3 §3.7.5) $h_r^2=R/S=64.84/66.90=0.97$, όπου $R =$

$$\left((\bar{X}_p (C_1 + \dots + C_n)H - \bar{X}_p (C_1 + \dots + C_n)L \right) = (545.87 - 481.13) = 64.84 \text{ (Κεφάλαιο}$$

$$3 \text{ §3.7.3) και } S = \left((\bar{X}_p (C_{1syn0} + \dots + C_{nsyn0})H - \bar{X}_p (C_{1syn0} + \dots +$$

$$C_{nsyn0}L) = (547.37 - 480.47) = 66.90 \text{ (Κεφάλαιο 3 §3.7.4).}$$

Με Πραγματικό Συντελεστή Κληρονομικότητας $h_r^2=R/S=0.97$, έχουν επιτευχθεί αυτά που έχουν προβλεφθεί. Το γεγονός αυτό αποτελεί ένδειξη, ότι οι μεσοί συντελεστές κληρονομικότητας $H=0.49$ και $H=0.50$ των γενεών επιλογής για υψηλή και χαμηλή απόδοση σε άμυλο αντίστοιχα αποτελούν μια ρεαλιστική τιμή, λαμβάνοντας υπ όψιν, ότι σύμφωνα με τους Hallauer A. R. et al. (1988), ο συντελεστής κληρονομικότητας της απόδοσης σε καρπό (χαρακτηριστικό το οποίο ταυτίζεται με το χαρακτηριστικό επιλογής) κυμαίνεται μεταξύ 0.30 και 0.50.

Η αποτελεσματικότητα όμως της αμφίπλευρης επιλογής κρίνεται από την δυνατότητα διαφοροποίησης μεταξύ της υψηλής και χαμηλής απόδοσης σε άμυλο. Κατά μέσο όρο $(C_1, C_2, C_3)H$ vs $(C_1, C_2, C_3)L$ η υπεροχή της πρώτης ήταν στατιστικά σημαντική κατά 64.84 kg/στρ (Πίν. 3.24 και 3.26).

Σύμφωνα με τα δεδομένα της βιβλιογραφίας (Bernardo R., 2002; Korkovelos A. E. and Goulas C. K., 2011; Dudley J. W., 1977; Odhiambo M. O. and Compton W. A., 1987; Hallauer A. R., Ross A. J. and Lee M., 2004; Hallauer A. R. and J. B. Miranda Fihlo, 1988), η αμφίπλευρη επιλογή είναι σχεδιασμένη ώστε να προσφέρει πληροφορίες για τον τρόπο με τον οποίο κληρονομείται το υπ όψιν χαρακτηριστικό, καθώς και την ύπαρξη της διαθέσιμης γενετικής παραλλακτικότητας, η οποία είναι αξιοποιήσιμη με κατάλληλους βελτιωτικούς χειρισμούς. Με την έννοια αυτή το πρόγραμμα ήταν αποτελεσματικό.

Η απόδοση σε ολικό άμυλο φαίνεται να συμπεριφέρεται ως ποσοτικό κληρονομικό χαρακτηριστικό, γεγονός το οποίο ήταν αναμενόμενο καθότι επηρεάζεται από την απόδοση.

Τα αποτελέσματα της ευθείας (άμεσης) αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας του σχήματος επιλογής (Πίν. 3.25) συμφωνούν και είναι πρακτικά ισοδύναμα με τα

αντίστοιχα της έμμεσης, με βάση τα δεδομένα του γενεαλογικού αγρού (Πίν. 3.20). Αυτό έχει σαν συνέπεια την ενίσχυση της ακρίβειας των δεδομένων. Περαιτέρω ένδειξη της αποτελεσματικότητας της επιλογής αποτελεί το παραγωγικό δυναμικό της $C_{4syn0}H$. Η διαφοροποίηση της από την C_3H ($\Delta G=659.6-590.4=69.2$), δίνει διαφορικό επιλογής στον κύκλο C_3 προς C_4 με σχετική τιμή 10.49%. Αυτό συγκρίνεται με το ΔG στον γενεαλογικό αγρό (Πίν. 3.19) με απόλυτη τιμή $\Delta G=41.80$ και σχετική $\Delta G=39.44\%$ (Κύκλος C_3 : 147.78/105.98). Περαιτέρω λαμβάνοντας υπ όψιν ότι στις τρεις (3) γενεές επιλογής η μέση τιμή του συντελεστή κληρονομικότητας ήταν $H=0.49$, η αναμενόμενη πρόοδος θα ήταν $19.32\%=(0.49*39.44)$. Δεδομένου ότι έχουμε διαφορικό επιλογής ίσο με 10.49%, μπορούμε να υποθέσουμε και να αναμένουμε μια υπεροχή της C_4H έναντι της C_3H τουλάχιστον κατά 5% (Περίπου το μισό) και μπορούμε επίσης να υποθέσουμε ότι στην αξιολόγηση σε συνθήκες αγρού η C_4H θα είναι καλλίτερη λόγω ανασυνδυασμού των επιλεγέντων γονότυπων. Αυτό αποτελεί μια ένδειξη ότι η επιλογή μας ήταν αποτελεσματική και εμφανίζεται να δίνει περαιτέρω περιθώρια βελτίωσης. Τέλος αξίζει να σημειωθεί η γενικότερη συμπεριφορά της C_3H , η οποία δυνητικά μπορεί να αξιοποιηθεί σε προγράμματα εφαρμοσμένης βελτίωσης, όπως επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι ο βασικός πληθυσμός C_0 ήταν αξιόλογος όχι μόνο με βάση τα δεδομένα των τριών κύκλων επιλογής, αλλά και με την ετερωτική συμπεριφορά και τον αντίστοιχο ομομεικτικό εκφυλισμό. Συγκεκριμένα για την απόδοση σε άμυλο (ολικό άμυλο) ο ομομεικτικός εκφυλισμός ήταν αντίστοιχος με εκείνον του σύγχρονου γενετικού υλικού (εμπορικό υβρίδιο) (Πίν. 3.27).

Πίνακας 3.26: Επιλεγμένες Συγκρίσεις ενός βαθμού Ελευθερίας για τους Κύκλους Επιλογής με βάση την Παραγωγική Συμπεριφορά του Γενετικού Υλικού σε τρία Αγρονομικά Περιβάλλοντα το 2014

Κύκλοι Επιλογής	Αγρονομικά Χαρακτηριστικά								
	Απόδοση σε Άμυλο	Απόδοση σε Καρπό	Άμυλο % ξ.ο.	Υγρασία	Απόδοση σε Άξονες	Λιπαρά % ξ.ο.	Πρωτεΐνη % ξ.ο.	Άνθηση	ASI
(C ₃ C ₂ C ₁)H vs C ₀	546vs490*	876vs778*	73.34vs74.08*	15.5vs15.6 ^{ns}	141vs138 ^{ns}	4.18vs4.07 ^{ns}	7.83vs8.09 ^{ns}	57.5vs56.4*	1.0vs2.0*
(C ₃ C ₂ C ₁)L vs C ₀	481vs490 ^{ns}	768vs778 ^{ns}	73.68vs74.08 ^{ns}	15.5vs15.6 ^{ns}	147vs138 ^{ns}	4.25vs4.07*	7.92vs8.09 ^{ns}	57.5vs56.4*	1.3vs2.0 ^{ns}
C2 C1)H vs (C3 C2 C1)L	546vs481*	876vs768*	73.34vs73.68*	15.5vs15.5 ^{ns}	141vs147 ^{ns}	4.18vs4.25 ^{ns}	7.83vs7.92 ^{ns}	57.5vs57.5 ^{ns}	1.0vs1.3 ^{ns}
C2 C1)H vs (C ₂ C ₁)L	524vs474*	841vs756*	73.27vs73.70 ^{ns}	15.3vs15.5 ^{ns}	132vs147 ^{ns}	4.14vs4.28*	7.94vs7.92 ^{ns}	57.5vs57.7 ^{ns}	1.3vs1.25 ^{ns}
C3 C2)H vs (C ₃ C ₂)L	571vs474*	913vs756*	73.49vs73.37 ^{ns}	15.5vs15.5 ^{ns}	150vs143 ^{ns}	4.15vs4.22 ^{ns}	7.75vs7.86 ^{ns}	58.0vs57.5 ^{ns}	0.63vs1.50*
C _{1syn0} H vs C _{1syn0} L	497vs469 ^{ns}	794vs750 ^{ns}	73.63vs73.51 ^{ns}	15.6vs15.7 ^{ns}	137vs136 ^{ns}	4.31vs4.08*	7.87vs7.82 ^{ns}		
C _{2syn0} H vs C _{2syn0} L	542vs465*	863vs747*	73.83vs73.12*	15.6vs15.5 ^{ns}	164vs137*	4.06vs4.27 ^{ns}	7.83vs8.16*		
C _{3syn0} H vs C _{3syn0} L	604vs508*	960vs808*	73.99vs73.97 ^{ns}	15.3vs15.2 ^{ns}	165vs157 ^{ns}	4.27vs4.20 ^{ns}	7.67vs7.90 ^{ns}		
C _{4syn0} H vs C _{4syn0} L	660vs500*	1044vs798*	74.40vs73.63*	15.8vs15.7 ^{ns}	171vs149 ^{ns}	4.16vs4.29 ^{ns}	7.66vs7.99 ^{ns}		

ns= Μη Στατιστικά Σημαντικό, Σημαντικότητα σε Επίπεδο P=.05, ** Σημαντικότητα σε Επίπεδο P=.01

Πίνακας 3.27.: Ετερωτική Συμπεριφορά και Ομομεικτικός εκφυλισμός Βασικού Γενετικού Υλικού 2010 & 2014

Ομομεικτικός εκφυλισμός (%)												
Σ	Αγρονομικά Χαρακτηριστικά											
	Γενετικό Υλικό	Απόδοση Αμύλου	Απόδοση Καρπού	Άμυλο % ξ.ο.	Υγρασία Καρπού	Απόδοση Αξόνων	Λιπαρά % ξ.ο.	Πρωτεΐνη % ξ.ο.	Ύψος Φυτού	Ημέρες Ανθοφορίας	ASI	Stk Ldg %
2014	PRH3.12	898.17	1412	74.78	15.2	223.82	4.19	7.32	204.3	61	-0.13	0.75
	PRH3.12 _{F2}	700.71	1108	74.43	15.2	188.51	4.08	7.33	191.7	63	-0.13	0.88
		21.99	21.53	0.46	-0.06	15.77	2.62	-0.14	6.17	-3.28	0.00	-17.33
2014	PRH3.12xGROP179	626.5	992	74.26	15.7	174.1	4.31	7.76	189.7	56	1.4	1.1
	PRH3.12xGROP179 _{F2}	490.0	778	74.08	15.6	137.6	4.07	8.09	169.8	56	2.0	0.7
		21.79	21.58	0.24	0.64	20.96	5.57	-4.29	10.49	-0.89	-42.85	36.36
Ετερωτική Συμπεριφορά (%)												
2014	P ₁	898.2	1412	74.78	15.2	223.8	4.19	7.32	204.3	61	-0.13	0.8
	P ₂	535.0	852	73.80	15.9	164.8	4.34	7.86	177.3	56	2.71	1.3
	H ₁ (MP)	716.6	1132	74.29	15.5	194.3	4.26	7.59	190.8	59	1.29	1.0
	PRH3.12xGROP179	626.5	992	74.26	15.7	174.1	4.31	7.76	189.7	56	2.04	1.1
	H ₁ (MP) %	87.43	87.63	100.00	101.30	89.60	100.00	102.23	99.42	94.92	158.13	110.00
2010	H ₁ (MP) %	98.50	99.13	100.14	101.48	86.29	101.03	96.78	106.40	101.09	109.09	118.91

Έμμεσες Επιδράσεις της Επιλογής στα υπόλοιπα Αγρονομικά Χαρακτηριστικά.

Η Επιλογή για απόδοση σε ολικό άμυλο ήταν αναμενόμενο να επηρεάσει και τα αγρονομικά χαρακτηριστικά κυρίως απόδοση σε καρπό και περιεκτικότητα (%) σε άμυλο τα όποια αποτελούν και τα συστατικά του χαρακτηριστικού επιλογής.

α) Απόδοση σε Καρπό.

Η απόδοση αυξήθηκε κατά 167 kg/στρ (C_3H vs C_0) στην ομάδα της υψηλής απόδοσης σε άμυλο ενώ παρέμεινε πρακτικά αμετάβλητη σε αυτήν της χαμηλής (C_3L vs C_0). Η συμπεριφορά είναι αναμενόμενη αφού η απόδοση σε άμυλο (ολικό άμυλο) έχει βασικό συστατικό την απόδοση σε καρπό. Εάν ληφθεί υπόψη ότι το κριτήριο επιλογής ταυτίζεται με την απόδοση, ο συγκεκριμένος πληθυσμός (C_3H) θα είχε ενδιαφέρον να μελετηθεί ως πηγή γενετικού υλικού για βελτίωση με κριτήριο την απόδοση (Πίν. 3.24, 3.25, 3.26).

β) Περιεκτικότητα (%) σε άμυλο.

Το ενδιαφέρον είναι ότι η (C_3H vs C_0) έχει μειωμένη περιεκτικότητα (%) αμύλου κατά 0.80%, ενώ η μείωση αυτή είναι μικρότερη 0.61% στην (C_3L vs C_0). Η ανακολουθία αυτή συμβαίνει γιατί η επιλογή ως προς την περιεκτικότητα (%) του αμύλου άρχισε από τις C_1H και C_1L και όχι από την C_0 . Λαμβάνοντας αυτό σαν δεδομένο παρατηρούμε ότι παρά το πολύ μικρό εύρος τιμών έχουμε αύξηση περιεκτικότητας στην C_3H vs C_1H κατά 0.62% ενώ αυτή της C_3L πρακτικά δεν έχει διαφοροποίηση από την C_1L (Πίν. 3.24, 3.25, 3.26).

γ) Υπόλοιπα Χαρακτηριστικά.

Ως προς την απόδοση σε άξονες, υγρασία συγκομιδής και περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (%) δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές και τα χαρακτηριστικά αυτά δεν ήταν ικανά να διαφοροποιήσουν τους πληθυσμούς

Για τις ημέρες άνθισης προκύπτει ότι οι πληθυσμοί υψηλής απόδοσης σε άμυλο αύξησαν τις ημέρες ανθοφορίας τους κατά τρεις σε σχέση με τον αρχικό πληθυσμό (C_3H vs C_0), το οποίο αποτελεί μια έμμεση ένδειξη αύξησης της απόδοσης σε καρπό. Από την άλλη δεν υπήρχε πρακτικά διαφοροποίηση για τους πληθυσμούς της χαμηλής απόδοσης (C_3L vs C_0).

Για την περιεκτικότητα σε λιπαρά προκύπτει ότι οι πληθυσμοί υψηλής απόδοσης (C_3H vs C_0) αύξησαν την περιεκτικότητά τους σε σχέση με τον αρχικό πληθυσμό C_0 κατά 4.91%, ενώ οι πληθυσμοί χαμηλής περιεκτικότητας (C_3L vs C_0) κατά 2.70%.

Ως προς το ASI (Anthesis Silking Interval) παράγοντα ιδιαίτερα σημαντικό ως προς την αντοχή των φυτών στην υδατική καταπόνηση, οι πληθυσμοί υψηλής περιεκτικότητας διαφοροποιήθηκαν ($C_3 H$ vs C_0) από τον αρχικό πληθυσμό κατά 1.62 ημέρες (αρνητική πρόοδος), γεγονός το οποίο δείχνει σταθεροποίηση του πληθυσμού ενώ οι αντίστοιχοι της χαμηλής κατά 0.5 ημέρες (Πίν. 3.24, 3.25, 3.26).

Ανάλογα ήταν και τα αποτελέσματα από τα μεμονωμένα περιβάλλοντα (Παράρτημα Πίν 3.5, 3.6, 3.7).

Ετερωτική Συμπεριφορά.

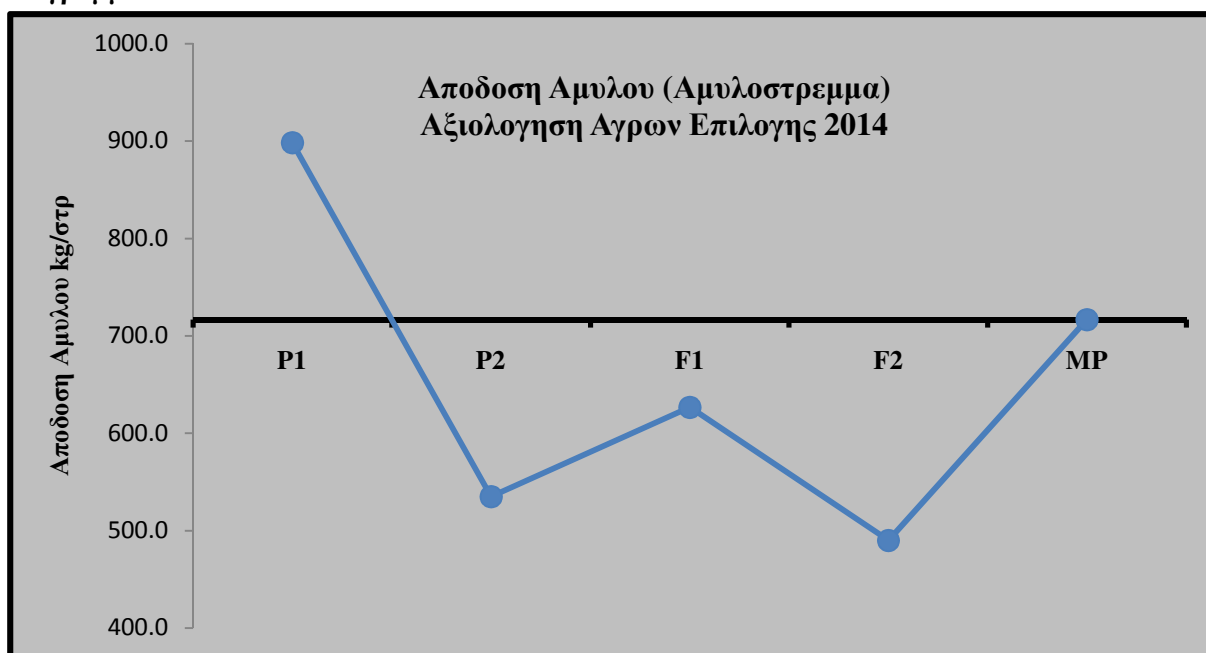
Ο Ελληνικός αβελτίωτος τοπικός Πληθυσμός GROPI79 παρά το χαμηλότερο παραγωγικό δυναμικό ως προς την απόδοση σε καρπό, εμφάνισε F_1 PRH3.12xGROPI79 στον μέσο όρο των γονέων (MP) το 2010 (99.13%) και στο 87.60% το 2014. Ανάλογη ήταν και η απόδοση σε ολικό άμυλο η οποία ως γνωστό ακολουθεί την απόδοση σε καρπό (98.50 και 87.43% αντίστοιχα), (Διάγραμμα 3.3). Η ετερωτική συμπεριφορά του PRH3.12xGROPI79 ως προς την μεσογονική τιμή (MP), για τα υπόλοιπα αγρονομικά χαρακτηριστικά ήταν σχεδόν ίδια και για τις δυο περιόδους, δηλαδή απόδοση σε άξονες (86.29 και 89.60%), ύψος φυτού (106.4 και 99.42%), ημέρες ανθοφορίας (101.09 και 94.42%). Το ίδιο συνέβη και με τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά, περιεκτικότητα σε άμυλο (100.14 και 100%), λιπαρά (101.03 και 100%) και πρωτεΐνες (96.78 και 102.23%) (Πίν. 3.27).

Οι Paterniani and Lonquist (1963) αναφέρουν ότι για την απόδοση σε καρπό η ετέρωση ως προς την μεσογονική τιμή κυμαίνεται από -11% έως 101% (μέση τιμή 33%) σε διασταυρώσεις μεταξύ δώδεκα τροπικών φυλών του Μεξικού. Χωρίζοντας τους γονείς σε υψηλής (H) και χαμηλής (L) απόδοσης, βρήκαν ετέρωση (μέση τιμή) 19%, 31% και 46.0% για τις ομάδες HxH, HxL και LxL αντίστοιχως. Οι ίδιοι ερευνητές βρήκαν μεγαλύτερη ετέρωση όταν διασταύρωσαν ομόμεικτες σειρές διαφορετικού τύπου καλαμποκιού (Dent Flint Floury). Οι Hallauer A. R. and J. B. Miranda Fihlo, 1988, αναφέρουν μέση τιμή ετέρωσης 19.5% ως προς την μεσογονική τιμή σε 1394 διασταυρώσεις κυμαινόμενη από -3.6% έως 72.0% όπως επίσης σε διασταυρώσεις βελτιωμένων πληθυσμών το 1980. Ένας από τους λόγους για τους οποίους οι διασταυρώσεις των ποικιλιών δεν ήταν ευρέως αποδεκτές είναι, ότι η πηγή του γενετικού υλικού για την δημιουργία ομόμεικτων σειρών και τις βελτιωμένες εκφράσεις αυτών δεν ήταν οι καταλληλότερες. Μια βελτιωμένη επιλογή γενετικού υλικού κατόπιν εντατικού πειραματισμού μπορεί να φτάσει την μέση τιμή ετέρωσης ως προς την μεσογονική τιμή στο 38.9% (Weatherspoon J. H., 1973).

Ο ομομεικτικός εκφυλισμός του PRH3.12xGROPI79, ακολουθεί αυτόν του βελτιωμένου γενετικού υλικού PRH3.12 ως προς τα βασικά χαρακτηριστικά κατά την άμεση αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της επιλογής το 2014. Παρατηρείται ότι ο ομομεικτικός εκφυλισμός του πληθυσμιακού υβριδίου (Πίν. 3.27) είναι ίδιος με αυτόν

του υβριδίου για την απόδοση σε καρπό (21.58 και 21.53%) και την απόδοση σε άμυλο (21.99 και 21.79%), μεγαλύτερος ως προς την απόδοση σε άξονες (15.77 και 20.96%), ενώ είναι μικρότερος ως προς την περιεκτικότητα σε άμυλο (0.46 και 0.23%). Ο ισχυρός ομομεικτικός εκφυλισμός είναι αποτέλεσμα υψηλής ετερωτικής έκφρασης (J. B. Miranda Filho, 1997). Η συνολική συμπεριφορά λόγω της μεγάλης διαφοράς απόδοσης των δυο γονέων του PRH3.12xGROP179 δηλώνει αθροιστική δράση ως προς την απόδοση σε καρπό και σε άμυλο και θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι υφίστανται και μη αθροιστικές (επιστατικές) δράσεις η πολύ ενδιαφέροντες γονιδιακοί συνδυασμοί μεταξύ του βελτιωμένου γενετικού υλικού και Ελληνικού αβελτίωτου πληθυσμού. Οι παραπάνω αναφορές μας οδηγούν στον συμπέρασμα ότι ο πληθυσμός χρήζει περαιτέρω διερεύνησης για Ειδική Συνδυαστική Ικανότητα.

Διάγραμμα 3.3.



Γενετική και Φαινοτυπική συσχέτιση χαρακτηριστικών.

α) Συσχετίσεις του Χαρακτηριστικού Επιλογής.

Η Γενετική συσχέτιση $r_G=0.99$ του ζεύγους απόδοση σε άμυλο (ολικό άμυλο) και απόδοση σε καρπό είναι θετική, στατιστικά σημαντική και ο Συντελεστής Προσδιορισμού (R^2) ερμηνεύει το 98% της γενετικής παραλλακτικότητας. Το αποτέλεσμα είναι κατάλληλο για βελτιωτικούς σκοπούς διότι τα χαρακτηριστικά μεταβάλλονται ταυτόσημα. Από την άλλη πλευρά η φαινοτυπική διακύμανση $r_p=0.97$ είναι σημαντική, ερμηνεύει το 88% της φαινοτυπικής παραλλακτικότητας αλλά είναι περιορισμένης αξίας για τον βελτιωτή. Έρχεται εντούτοις να επικυρώσει την δυνατότητα για ταυτόχρονη βελτίωση των χαρακτηριστικών.

Η γενετική (r_G) και η φαινοτυπική (r_p) συσχέτιση του ζεύγους απόδοση σε άμυλο και περιεκτικότητα (%) σε άμυλο ($r_G=0.64$ και $r_p=0.56$) μας δίνουν θετικές, μέτρια ισχυρές συσχετίσεις. Ο μικρός συντελεστής προσδιορισμού $R^2=0.41$ της γενετικής διακύμανσης μας δίνει μέτρια ενθαρρυντικές προοπτικές για την δυνατότητα ταυτόχρονης βελτίωσης.

Η γενετική συσχέτιση της απόδοσης σε άμυλο με αυτή των αξόνων είναι $r_G=1.0$, θετική και στατιστικά σημαντική με συνέπεια ο συντελεστής προσδιορισμού (R^2) να ερμηνεύει όλη την γενετική παραλλακτικότητα. Από την άλλη πλευρά, η φαινοτυπική διακύμανση $r_p=0.72$ είναι σημαντική, περιορισμένης όμως αξίας για τον βελτιωτή, και έρχεται να επικυρώσει την δυνατότητα για ταυτόχρονη βελτίωση των δυο χαρακτηριστικών.

Ο άριστος τύπος άξονα δεν είναι ξεκάθαρος από τα μέχρι τώρα δεδομένα, και η πλέον υποσχόμενη προσέγγιση για την αύξηση της απόδοσης σε άξονες είναι η αύξηση της πυκνότητας. Η πυκνότητα του άξονα δεν συσχετίζεται με την απόδοση του άξονα σε καρπό, το μήκος, την διάμετρος και βάρος του, ενώ συσχετίζεται θετικά με την απόδοση σε άξονες. Για την παραγωγή βιοαιθανόλης δεύτερης γενιάς είναι περισσότερο καίριο να βελτιώνουμε ως προς την πυκνότητα του άξονα από ότι για την απόδοση ανά μονάδα επιφανείας (Jansen Costantin, 2012).

Η τιμή της γενετικής και της φαινοτυπικής συσχέτισης του ζεύγους απόδοση σε άμυλο (ολικό άμυλο) και ύψους φυτού είναι $r_G=0.56$ και $r_p=0.43$ αντίστοιχα. Με βάση την τιμή αυτή ο Συντελεστής Προσδιορισμού ερμηνεύει το 31% της γενετικής παραλλακτικότητας, ποσοστό μικρό, χωρίς την δυνατότητα αξιοποίησης.

Αρνητικά ισχυρές είναι οι γενετικές και φαινοτυπικές συσχετίσεις με την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη ($r_G=-1.0$ και $r_p=-0.63$) αντίστοιχα, ενώ αρνητικά ασθενείς είναι με την περιεκτικότητα σε λιπαρά ($r_G=-0.31$ και $r_p=-0.23$) αντίστοιχα. (Πίν. 3.28.).

Πίνακας 3.28.: Γενετικές και Φαινοτυπικές Συσχετίσεις Αγρονομικών Χαρακτηριστικών

Συσχετίσεις		Απόδοση Καρπού	Απόδοση Αξόνων	Ύψος Φυτού	Άμυλο % (ξ.ο.)	Απόδοση Αμύλου	Λιπαρά % (ξ.ο.)	Πρωτεΐνη % (ξ.ο.)
Γενετική Συσχέτιση (r_G)								
Φαινοτυπική Συσχέτιση (r_P)	Απόδοση Καρπού		0.98	0.66	0.51	0.99	-0.22	-1.00
	Απόδοση Αξόνων	0.73		0.80	1.00	1.00	-0.13	-1.00
	Ύψος Φυτού	0.50	0.50		0.54	0.56	0.18	-1.00
	Άμυλο % (ξ.ο.)	0.45	0.67	0.28		0.64	-0.43	-0.54
	Απόδοση Αμύλου	0.97	0.72	0.43	0.56		-0.31	-1.00
	Λιπαρά % (ξ.ο.)	-0.16	-0.09	0.13	-0.30	-0.23		0.55
	Πρωτεΐνη % (ξ.ο.)	-0.71	-0.60	-0.40	-0.45	-0.63	0.11	

Γενικότερα οι συσχετίσεις της απόδοσης σε άμυλο ακολουθούν αυτές της απόδοσης σε καρπό παρέχοντας μας ακριβώς τις ίδιες δυνατότητες.

β) Συσχετίσεις Απόδοσης σε καρπό.

Η τιμή της γενετικής συσχέτισης του ζεύγους απόδοση σε καρπό και απόδοση σε άξονες είναι $r_G=0.98$ με αποτέλεσμα ο συντελεστής προσδιορισμού (R^2) να ερμηνεύει το 96% της γενετικής παραλλακτικότητας. Επίσης η φαινοτυπική συσχέτιση $r_p=0.73$ είναι θετική και στατιστικά σημαντική. Το αποτέλεσμα είναι ιδανικό για βελτιωτικούς σκοπούς (Πίν. 3.28).

Οι συσχετίσεις της απόδοσης σε καρπό και της απόδοσης σε βιομάζα, όπως αναφέρθηκε (Κεφάλαιο 2 §3.2 Πίν. 4), είναι γενικά θετικές και μέτρια ισχυρές ($r_G=0.458$ και $r_p=0.418$). Πολλές εργασίες, δηλώνουν θετική συσχέτιση μεταξύ αυτών των χαρακτηριστικών και καμία αρνητική (Loren et al., 2009; Willman et al., 1987; Bosch et al., 1994; Wolf et al., 1993; Polmer et al., 1978; Ferret et al., 1991). Όπως αναφέρεται στο Κεφάλαιο 2 (§ 3.2), πρέπει να σημειωθούν τα εξής:

- Γενετικό Υλικό οψιμότερου βιολογικού κύκλου παράγει περισσότερη βιομάζα. Στον τέταρτο κύκλο επιλογής (C_3) του βασικού πληθυσμού (C_0) της κατεύθυνσης υψηλής απόδοσης σε άμυλο, επιτεύχθηκε συνολικό κέρδος 5.36% και 1.79% ανά γενεά ως προς τον χρόνο ανθοφορίας από την ημέρα σποράς (Πίν. 3.25). Η γενετική συσχέτιση των ημερών άνθισης και της απόδοσης σε καρπό έχει αναφερθεί μικρή και θετική $r_G=0.14$ (Hallauer A. R. and J. B. Miranda Fihlo, 1988) (Κεφάλαιο 2 Πίν. 2.12 $r_G=0.188$).

- Σε κανονικές κλιματικές συνθήκες η αρσενική ταξιανθία αναδύεται, πριν τα μετάξια της θηλυκής αρχίσουν να εξέρχονται από τα βράκτια (πρωτανδρία) και το διάστημα μεταξύ άνθισης και μεταξώματος ASI (Anthesis Silking Interval). Μικρό ASI εξασφαλίζει ότι όσο το δυνατόν περισσότερα φυτά θα λάβουν φρέσκια γύρη στα αναδύμενα μετάξια, με αποτέλεσμα να έχουμε καλλίτερη γονιμοποίηση. Το ASI συνήθως επιμηκώνεται όταν τα φυτά εκτίθενται σε καταπόνηση πριν την άνθιση και ως εκ τούτου το μετάξωμα καθυστερεί πολύ σε σχέση με τον χρόνο ελευθέρωσης της γύρης. Το αποτέλεσμα είναι η μη γονιμοποίηση των όψιμα εμφανιζόμενων μεταξιών και η αποτυχία σχηματισμού καρπού. Υπάρχει αρνητική συσχέτιση μεταξύ αριθμού σπόρων ανά σπαδικά και του βαθμού του ASI (Bassetti P. and M. E. Westgate, 1994). Η γενετική συσχέτιση απόδοσης σε καρπό και ASI είναι $r_g=-0.6$ και αποτελεί έναν οπτικό δείκτη των διαδικασιών οι οποίες επιδρούν στην αναπαραγωγή. Επαναλαμβανόμενη κυκλική επιλογή σε ευρύ φάσμα τροπικών πληθυσμών για αντοχή στην υδατική καταπόνηση κατά την φάση της ανθοφορίας για 2 έως 10 κύκλους επιλογής, αύξησε την απόδοση κατά 1000 kg στρ⁻¹ετος⁻¹ και μείωσε το ASI κατά 0.6 ημέρες το χρόνο (Edmeades G. O. et al., 2000).

- Συνεπώς ο όσον το δυνατόν καλλίτερος συγχρονισμός μεταξύ άνθισης και μεταξώματος είναι επιθυμητός για την βελτίωση του σχηματισμού του καρπού. Οι Bassetti and Westgate (1994) έδειξαν ότι ο μέγιστος αριθμός σπόρων καρπού σχηματίζεται όταν τα μετάξια αρχίζουν να αναδύονται 1 έως 2 ημέρες από την άνθιση. Ο σχηματισμός σπόρων μειώνεται δραματικά όταν η ανάδυση των μεταξίων αρχίσει μετά την κορύφωση της διασποράς της γύρης. Με $ASI > 7$ ημερών η απώλεια παραγωγής είναι αποτέλεσμα της μη ανάδυσης μεταξίων και συνεπώς της μη γονιμοποίησης. Έντονη επιλογή για μικρότερο ASI έχει βελτιώσει την γονιμότητα, τον σχηματισμό του καρπού και την απόδοση σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης (Bolanos J. and Edmeades G. O., 1993).

Από την αξιολόγηση της άμεσης επιλογής προκύπτει ότι η φαινοτυπική συσχέτιση του ASI, με την απόδοση σε καρπό, την απόδοση σε άμυλο και την απόδοση σε άξονες είναι σε κάθε περίπτωση ασθενής, επιπλέον είναι αρνητική για την απόδοση σε καρπό και σε άξονες ($r_p = -0.03^{ns}$, $r_p = 0.14^{ns}$, $r_p = -0.29^*$ αντίστοιχα). Οι αντίστοιχες συσχετίσεις από το Κεφάλαιο 2 είναι $r_p = 0.02^{ns}$, $r_p = 0.03^{ns}$, $r_p = -0.06^{ns}$ (Πίν. 3.29).

Για τους πληθυσμούς υψηλής απόδοσης σε άμυλο έχουμε πρόοδο επιλογής των ημερών ανθοφορίας κατά 1 ημέρα/έτος ήτοι 5.36% συνολικό κέρδος, ενώ το αντίστοιχο της χαμηλής είναι 1.79%. Ταυτόχρονα στους πληθυσμούς υψηλής απόδοσης έχουμε πρόοδο επιλογής (αρνητική) στο ASI κατά 0.54 ημέρες/έτος δηλαδή -81.0% συνολικό κέρδος, ενώ το αντίστοιχο της χαμηλής είναι -25.0% (Πίν. 3.25).

Υψηλότερα φυτά συλλαμβάνουν περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία. Στον τέταρτο κύκλο επιλογής (C_3) των πληθυσμών υψηλής απόδοσης σε άμυλο επιτύχαμε συνολικό κέρδος 7.13% και ετήσιο 2.38% ως προς το ύψος των φυτών (Πίν. 3.25). Το ύψος του φυτού ανήκει στις μορφολογικές και φυσιολογικές μεταβολές οι οποίες συνοδεύουν την απόδοση του καρπού και οι οποίες μπορούν εν δυνάμει να συνεισφέρουν σε ισχυρή συσχέτιση με την βιομάζα. Δεν υπάρχουν αποδείξεις ότι αυτό έχει μεταβληθεί στο πέρασμα του χρόνου (Dunvik D. N. et al., 2004; Dunvik D. N. and Cassman K. G., 1999; Russel W. A., 1985; Meghji M. R., 1984). Η γενετική συσχέτιση απόδοσης και ύψους φυτού είναι και αυτή μικρή θετική (Hallauer A. R. and J. B. Miranda Fihlo, 1988). Στην εργασία αυτή, οι συσχετίσεις είναι παρόμοιες ($r_G = 0.26$ και $r_G = 0.002$, Κεφάλαιο 2 §3.2 Πίν. 2.12).

Στην άμεση αξιολόγηση των πληθυσμών, η τιμή της γενετικής και φαινοτυπικής συσχέτισης της απόδοσης σε καρπό με το ύψος φυτού είναι $r_G = 0.66$ και $r_p = 0.50$ αντίστοιχα. Με βάση την τιμή αυτή ο συντελεστής προσδιορισμού (R^2) ερμηνεύει το 43% της γενετικής παραλλακτικότητας. Παρά το γεγονός ότι και οι δυο συσχετίσεις είναι προς την θετική κατεύθυνση, οι μικροί συντελεστές προσδιορισμού δεν μας επιτρέπουν όπως και στην περίπτωση της συσχέτισης του ύψους με την απόδοση σε ολικό άμυλο την ταυτόχρονη βελτίωση των γνωρισμάτων.

- Η εξακρίβωση της γενετικής συσχέτισης μεταξύ καρπού και βιομάζας στην φυσιολογική ωρίμανση απαιτεί πειραματισμό προσεκτικά σχεδιασμένο για τον έλεγχο της διακύμανσης κατά την ωρίμανση καθώς και περιθωριακά τεμάχια.

Αρνητικές και ισχυρές είναι οι συσχετίσεις της απόδοσης σε καρπό με την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη ($r_G=-1.0$ και $r_p=-0.71$), ενώ αρνητικές και ασθενείς είναι οι αντίστοιχες με την περιεκτικότητα σε λιπαρά ($r_G=-0.22$ & $r_p=-0.16$) (Πίν. 3.28).

Πίνακας 3.29: Φαινοτυπική συσχέτιση του ASI (Anthesis Silking Interval) και των Επιθυμητών χαρακτηριστικών για την παραγωγή βιοαιθανόλης πρώτης και δεύτερης γενιάς.

Άμεση Αξιολόγηση Γενετικού Υλικού 2014	Χαρακτηριστικά	Συσχέτιση
ASI	Απόδοση σε Άμυλο	0.14 ^{ns}
	Απόδοση σε Καρπό	-0.03 ^{ns}
	Απόδοση σε Άξονες	-0.29 [*]
Αξιολόγηση Υβριδίων 2008-2011	Χαρακτηριστικά	Συσχέτιση
ASI	Απόδοση σε Άμυλο	0.03 ^{ns}
	Απόδοση σε Καρπό	0.02 ^{ns}
	Απόδοση σε Άξονες	-0.06 ^{ns}

ns= Μη Στατιστικά Σημαντικό, *=Σημαντικότητα σε Επίπεδο P=.05

γ) Συσχετίσεις Περιεκτικότητα αμύλου% ζ. ουσίας.

Η Γενετική $r_G=0.51$ και η Φαινοτυπική $r_p=0.45$ συσχέτιση του ζεύγους περιεκτικότητα (%) σε άμυλο και απόδοση σε καρπό είναι θετικές μέτρια ισχυρές. Ο μικρός Συντελεστής Προσδιορισμού $R^2=0.26$ της γενετικής διακύμανσης δεν μας επιτρέπει την δυνατότητα για ταυτόχρονη βελτίωση.

Η Γενετική r_G και η Φαινοτυπική r_p συσχέτιση του ζεύγους περιεκτικότητας (%) σε άμυλο και απόδοση σε άξονες ($r_G=1.0$ και $r_p=0.67$) αποτελούν μια πολύ ενδιαφέρουσα προοπτική βελτίωσης.

Η περιεκτικότητα (%) του καρπού σε άμυλο σχετίζεται ισχυρά αρνητικά με την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη ($r_G=-0.54$ και $r_p=-0.45$) όπως επίσης και με την περιεκτικότητα σε λιπαρά ($r_G=-0.43$ και $r_p=-0.30$) γεγονός το οποίο συνάδει απόλυτα με την βιβλιογραφία (Πίν. 3.28).

δ) Συσχετίσεις Απόδοσης Αξόνων.

Η τιμή της Γενετικής συσχέτισης του ζεύγους απόδοση σε άξονες και ύψος φυτού είναι $r_G=0.80$ (πάνω από το όριο $r_G \geq 0.70$ κατάλληλο για βελτιωτικούς σκοπούς), ενώ η αντίστοιχη Φαινοτυπική $r_p=0.50$ είναι θετική και στατιστικά σημαντική. Με βάση τις τιμές αυτές ο Συντελεστής Προσδιορισμού ερμηνεύει το 64% της γενετικής παραλλακτικότητας. Το αποτέλεσμα μας δίνει μια θετική προοπτική η οποία αφήνει πολλά περιθώρια για ταυτόχρονη βελτίωση των δυο χαρακτηριστικών.

Η συσχέτιση της απόδοσης σε άξονες με την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη είναι αρνητική και ισχυρή σε κάθε περίπτωση ($r_G=-1.0$ και $r_p=-0.60$), ενώ αντίστοιχα και η περιεκτικότητα σε λιπαρά είναι αρνητική και ασθενής σε κάθε περίπτωση ($r_G=-0.13$ και $r_p=-0.09$) (Πίν. 3.28.).

3.3.7. Εφαρμογή του δείκτη αξιολόγησης των αγρονομικών χαρακτηριστικών γονοτύπων για την παραγωγή βιοαιθανόλης πρώτης και δεύτερης γενιάς.

Σύμφωνα με τη συνδυασμένη ανάλυση των μετασχηματισμένων τιμών των πληθυσμών (Πίν. 3.30), προκύπτει ότι αυτοί της υψηλής απόδοσης δεν διαφοροποιήθηκαν (C_3, C_2, C_1H vs C_0) από τον αρχικό πληθυσμό C_0 , όπως και οι αντίστοιχοι της χαμηλής (C_3, C_2, C_1L vs C_0). Επίσης οι πληθυσμοί της υψηλής απόδοσης δεν διαφοροποιήθηκαν αυτών της χαμηλής (C_3, C_2, C_1H vs $(C_3, C_2, C_1)L$). Το ίδιο συμβαίνει και για στους πληθυσμούς (C_3, C_2)H vs (C_3, C_2)L και (C_2, C_1)H vs (C_2, C_1)L (Πίν. 3.31). Πιθανή αίτια της μη διαφοροποίησης των κύκλων επιλογής είναι η απόδοση σε άξονες όπου δεν υπάρχουν διαφοροποιήσεις, μεταξύ των πληθυσμών (Πίν. 3.26). Σύμφωνα με τη συχνότητα κατάταξης των πληθυσμών στην κλίμακα 0-100 με βάση τις μετασχηματισμένες τιμές στην κλάση 100 όπου αντιπροσωπεύεται η υψηλότερη παραγωγικότητα οι πληθυσμοί της υψηλής απόδοσης αντιπροσωπεύονται κατά 24.2% ενώ της χαμηλής κατά 3.03%. Στην κλάση 0 όπου αντιπροσωπεύεται η χαμηλότερη παραγωγικότητα, οι πληθυσμοί της υψηλής περιεκτικότητας αντιπροσωπεύονται κατά 37.3% και της χαμηλής κατά 47.5%.

Πίνακας 3.30.: Αξιολόγηση της Μέσης Παραγωγικής Συμπεριφοράς του Γενετικού Υλικού ως προς την Απόδοση σε Βιοαιθανόλη πρώτης και δεύτερης γενιάς σε τρία Αγρονομικά Περιβάλλοντα το 2014. (Μετασηματισμένες Τιμές)

Κύκλοι Επιλογής Υβρίδια	Απόδοση σε Βιοαιθανόλη πρώτης και δεύτερης γενιάς (Μετασηματισμένες Τιμές)
C ₀	11.9
C _{1syn0} H	10.7
C _{1syn0} L	5.0
C ₁ H	4.3
C ₁ L	8.2
C _{2syn0} H	26.2
C _{2syn0} L	7.5
C ₂ H	11.9
C ₂ L	8.9
C _{3syn0} H	33.2
C _{3syn0} L	13.6
C ₃ H	31.9
C ₃ L	14.1
C _{4syn0} H	52.8
C _{4syn0} L	6.5
MO	29.27
ΕΣΔ	18.80
PRH3.12	100.0
PRH3.12 _{F2}	68.6
GROP179	23.1
PRH3.12xGROP179	47.1
H3.13	100.0

Πίνακας 3.31.: Επιλεγμένες συγκρίσεις ενός βαθμού ελευθερίας για τους κύκλους επιλογής με βάση την παραγωγική συμπεριφορά του γενετικού υλικού ως προς την απόδοση σε βιοαιθανόλη πρώτης και δεύτερης γενιάς σε τρία αγρονομικά περιβάλλοντα το 2014.

(Μετασχηματισμένες Τιμές)

Κύκλοι Επιλογής	Χαρακτηριστικά Απόδοση σε Βιοαιθανόλη πρώτης και δεύτερης γενιάς
(C ₃ , C ₂ , C ₁)H vs C ₀	16.0 vs 11.9 ^{ns}
(C ₃ , C ₂ , C ₁)L vs C ₀	10.4 vs 11.9 ^{ns}
(C ₃ , C ₂ , C ₁)H vs (C ₃ , C ₂ , C ₁)L	16.0 vs 10.4 ^{ns}
(C ₂ , C ₁)H vs (C ₂ , C ₁)L	8.1 vs 8.6 ^{ns}
(C ₃ , C ₂)H vs (C ₃ , C ₂)L	21.9 vs 11.5 ^{ns}
C _{1syn0} H vs C _{1syn0} L	10.5 vs 5.0 ^{ns}
C _{2syn0} H vs C _{2syn0} L	26.2 vs 7.5*
C _{3syn0} H vs C _{3syn0} L	33.2 vs 13.6*
C _{4syn0} H vs C _{4syn0} L	52.8 vs 6.5*

ns= Μη Στατιστικά Σημαντικό. Σημαντικότητα σε Επίπεδο P=.005. ** Σημαντικότητα σε Επίπεδο P=.001

3.4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε με βάση εκτεταμένο πειραματισμό, ειδικά σχεδιασμένο για να μελετήσει τις ποικιλίες και τις παραγωγικές κατευθύνσεις, τα διάφορα περιβάλλοντα και την αλληλεπίδραση των δύο αυτών παραγόντων. Μόνο με τον τρόπο αυτό είναι δυνατό να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για την παραγωγικότητα και τη σταθερότητα των ποικιλιών και επίσης να καταδειχτεί η καταλληλότερη παραγωγική κατεύθυνση η οποία με τους κατάλληλους καλλιεργητικούς χειρισμούς που θα επιτρέψει την βιώσιμη και αειφορική παραγωγή βιοκαυσίμων. Παράλληλα, η συστηματική αυτή αξιολόγηση των ποικιλιών εξασφαλίζει μια αξιόπιστη εκτίμηση των γενετικών εκείνων παραμέτρων που είναι απαραίτητες για τον ορθολογικό σχεδιασμό προγραμμάτων γενετικής βελτίωσης για δημιουργία ομόμεικτων σειρών καλαμποκιού προσαρμοσμένων στις εδαφικές και κλιματικές συνθήκες της χώρας μας.

Η αλληλεπίδραση (GxE) ήταν σημαντική για τα περισσότερα των χαρακτηριστικών συμπεριλαμβανομένης και της απόδοσης (Πίνακας 3.9). Η συμμετοχή της αλληλεπίδρασης στην φαινοτυπική διακύμανση της απόδοσης ήταν χαμηλή (16%, μικρότερη από 20-22%) και δεν επηρεάζει την κατάταξη των γονοτύπων. Δεδομένου ότι η συμμετοχή του γονότυπου στην φαινοτυπική διακύμανση ήταν μέτρια έως πολύ μεγάλη και κυμάνθηκε από 31.0% στην υγρασία έως 96.0% στην ανθοφορία τα δεδομένα αξιολογούνται σαν μέσος όρος των δυο περιβαλλόντων (Πίνακας 3.10).

Η αλληλεπίδραση (GxE) ως προς την απόδοση σε άμυλο δεν αξιολογείται επειδή η συμμετοχή της στην διαμόρφωση της φαινοτυπικής διακύμανσης (σ^2_p) ήταν ελάχιστη (0.6%). Το ίδιο συμβαίνει ως προς όλα τα εξεταζόμενα χαρακτηριστικά (απόδοση σε καρπό, απόδοση σε άξονες, περιεκτικότητα σε άμυλο, πρωτεΐνες και λιπαρά, ύψος φυτού, ημέρες άνθισης και ASI). Σε κάθε περίπτωση κυμάνθηκε μεταξύ 0.0% και 15.9% με αποτέλεσμα να μην επηρεάζεται η κατάταξη του γενετικού υλικού ως προς αυτά τα χαρακτηριστικά (Πίνακας 3.13).

- Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσίασε ο Ελληνικός αβελτίωτος πληθυσμός GRO179 ο οποίος παρά το γεγονός ότι εμφάνισε το χαμηλότερο παραγωγικό δυναμικό ως προς την απόδοση σε καρπό, εν τούτοις η F_1 του πληθυσμιακού υβριδίου του, ήταν στον μέσο όρο των γονέων (MP)=99.2%.

- Το πληθυσμιακό υβρίδιο PRH3.12xGRO179 επιλέχθηκε για τον πληθυσμό εκκίνησης λαμβάνοντας υπ όψιν α) την αγρονομική συμπεριφορά των πληθυσμιακών υβριδίων για τα χαρακτηριστικά απόδοση σε ολικό άμυλο, καρπό, άξονες, υγρασία συγκομιδής, ημέρες άνθισης και ASI., β) την ετερωτική συμπεριφορά των πληθυσμιακών υβριδίων ως προς την μεσογονική τιμή των για τα παραπάνω χαρακτηριστικά καθώς και γ) την αξιοποίηση πηγών αβελτίωτου γενετικού υλικού το οποίο εν δυνάμει μπορεί να αυξήσει την παραλλακτικότητα σε βελτιωμένο υλικό και

δεδομένου ότι επιδίωξη ήταν να μελετηθεί η δυνατότητα εμπλουτισμού (*introgression*) σύγχρονου γενετικού υλικού με τοπικό γενετικό υλικό.

- Η επιλογή για υψηλή απόδοση σε άμυλο παρουσίασε αύξηση απόδοσης σε άμυλο (ολικό άμυλο) ($C_3H_{vs}C_0$)=16.71g/φυτό με συνολικό γενετικό κέρδος 18.72% και ανά γενεά 6.24%. Ο συντελεστής γενετικής παραλλακτικότητας GCV κυμάνθηκε από 13.80 έως 49.31% και ήταν πολύ ικανοποιητικός ώστε να έχουμε αποτελεσματική επιλογή, ο δε συντελεστής κληρονομικότητας H^2 από 0.20 έως 0.72

- Η επιλογή για χαμηλή απόδοση σε άμυλο παρουσίασε μείωση απόδοσης σε άμυλο ($C_3L_{vs}C_0$) κατά 19.59g/φυτό με συνολικό αρνητικό κέρδος 21.94%, το οποίο ανά γενεά ήταν 7.31%. Η διαφοροποίηση μεταξύ των πληθυσμών C_0 και C_1L ήταν ιδιαίτερα αποτελεσματική (μείωση στην C_1L κατά 19.04g]. Ο συντελεστής γενετικής παραλλακτικότητας GCV κυμάνθηκε 31.29 έως 53.63% και ήταν πολύ ικανοποιητικός ώστε να έχουμε αποτελεσματική επιλογή, ο δε συντελεστής κληρονομικότητας H από 0.37 έως 0.68

- Ο Μέσος Πραγματικός Συντελεστής Κληρονομικότητας των γενεών επιλογής εκτιμήθηκε $h^2=0.34$, εκτίμηση πολύ ικανοποιητική για εφαρμοσμένα προγράμματα βελτίωσης. Η επιλογή για απόδοση σε ολικό άμυλο ήταν αναμενόμενο να επηρεαστεί από τα αγρονομικά χαρακτηριστικά, απόδοση σε καρπό και περιεκτικότητα (%) σε άμυλο, τα όποια αποτελούν και τα συστατικά του χαρακτηριστικού επιλογής.

- Η απόδοση σε άμυλο ταυτίζεται με αυτήν της απόδοσης σε καρπό, σημαντική είναι και η σχέση της με την απόδοση σε άξονες όχι όμως αξιοποιήσιμη για βελτιωτικούς σκοπούς, ενώ η συσχέτιση της με την απόδοση σε βιομάζα και την περιεκτικότητα (%) σε άμυλο πρακτικά δεν υφίσταται

- Οι ομόλογοι πληθυσμοί υψηλής απόδοσης διαφοροποιήθηκαν ως προς την απόδοση σε ολικό άμυλο από τους αντίστοιχους της χαμηλής. Η συμπεριφορά αυτή όταν αντίστοιχη με αυτήν η οποία παρατηρήθηκε στην αξιολόγηση της έμμεσης αποτελεσματικότητας, με βάση τα δεδομένα του γενεαλογικού αγρού

- Τα δεδομένα της συνδυασμένης ανάλυσης έδειξαν σημαντικές διαφορές ως προς την απόδοση σε ολικό άμυλο. Κατά μέσο όρο οι πληθυσμοί υψηλής απόδοσης υπερέχαν 13.51% ήτοι 65.0kg/στρ από τους αντίστοιχους χαμηλής με την διαφορά να είναι σημαντική.

- Για το χαρακτηριστικό απόδοση σε ολικό άμυλο το οποίο ήταν και το κριτήριο επιλογής, η διακύμανση του περιβάλλοντος όπως αναμενόταν ήταν σημαντική. Σημαντική ήταν επίσης και η διακύμανση μεταξύ των γονοτύπων, ενώ μη σημαντική ήταν η αλληλεπίδραση (GxE) και επομένως η αξιολόγηση ήταν έγκυρη με βάση τον

μέσο όρο των τριών περιβαλλόντων. Το ίδιο ισχύει και για τα συστατικά του χαρακτηριστικού, δηλαδή απόδοση σε καρπό και περιεκτικότητα (%) σε άμυλο.

- Η αποτελεσματικότητα όμως της αμφίπλευρης επιλογής κρίνεται από την δυνατότητα διαφοροποίησης μεταξύ της υψηλής και χαμηλής απόδοσης σε άμυλο. Κατά μέσο όρο (C₁, C₂, C₃)Hvs (C₁, C₂, C₃)L η υπεροχή της πρώτης ήταν στατιστικά σημαντική κατά 64.84kg/στρ.

- Αξίζει να σημειωθεί η γενικότερη συμπεριφορά της C₃H, η οποία δυνητικά μπορεί να αξιοποιηθεί σε προγράμματα εφαρμοσμένης βελτίωσης, όπως επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι ο βασικός πληθυσμός C₀ ήταν αξιόλογος όχι μόνο με βάση τα δεδομένα των τριών κύκλων επιλογής, αλλά και με την ετερωτική συμπεριφορά και τον αντίστοιχο ομομεικτικό εκφυλισμό. Συγκεκριμένα για την απόδοση σε ολικό άμυλο, ο ομομεικτικός εκφυλισμός ήταν αντίστοιχος με εκείνον του σύγχρονου γενετικού υλικού (εμπορικό υβρίδιο).

- Η γενετική συσχέτιση της απόδοσης σε ολικό άμυλο με την απόδοση σε καρπό είναι θετική και στατιστικά σημαντική. Το αποτέλεσμα αυτό είναι κατάλληλο για το σχεδιασμό σχετικών βελτιωτικών προγραμμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΩΝ ΔΕΥΤΕΡΗΣ ΓΕΝΙΑΣ

4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

4.1.1. Παράγωγή βιοαιθανόλης από άξονες καλαμποκιού

Τα πλεονεκτήματα του άξονα σαν πρώτη ύλη παραγωγής αιθανόλης βασίζονται στην συμπαγή αρχιτεκτονική του και το υψηλό κλάσμα περιεκτικότητας κυτταρίνης και ημικυτταρίνης (Jansen C., 2012). Ο άξονας περιέχει πολύ μικρή ποσότητα τέφρας, θρεπτικών και στερεών και η συγκομιδή του δεν μειώνει τη γονιμότητα του εδάφους. Μπορεί να αποθηκευτεί και να μεταφερθεί πολύ πιο αποτελεσματικά από ότι το στέλεχος και τα φύλλα. Ο άξονας του Καλαμποκιού χρησιμοποιείται σήμερα για την παραγωγή θερμότητας σε ορισμένα μέρη της Ευρώπης και των Ηνωμένων Πολιτειών. Είναι ραγδαία αναπτυσσόμενη πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαιθανόλης, και την συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού. Ως άμεση πηγή θερμότητας έχει θερμαντική αξία περίπου 18.4 έως 18.7 MJ/kg η κατά προσέγγιση 8,000 Btu/lb (Roth G. and C. Gustafson, 2014). Επιπλέον υπάρχει ένα μεγάλο φάσμα διαφορετικότητας ως προς το σχήμα και τα χαρακτηριστικά καθώς και ευρεία γενετική παραλλακτικότητα ως προς τη διάμετρο και την κατανομή των ιστών μεταξύ των φυλών του *Zea mays* L. (Jansen C., 2012). Η καλλίτερη περαιτέρω αξιοποίηση των παραπάνω, περικλείει τεχνολογίες συγκομιδής, καλλιεργητικές πρακτικές και προφανώς γενετική βελτίωση. Εάν οι παραγωγοί συγκομίζουν και τον άξονα τότε υβρίδια διπλής χρήσης με υψηλή και σταθερή παραγωγή σε καρπό και υψηλή και σταθερή παραγωγή σε άξονες θα μπορούσαν να υπερισχύσουν των παραδοσιακών.

Προοπτικές χρήσης και περιορισμοί.

Ανησυχία προκαλείται για την γονιμότητα του εδάφους εάν αφαιρούνται μεγάλα ποσοστά οργανικής ύλης από το χωράφι. Η βιομάζα η οποία αφαιρείται μέσω των αξόνων κυμαίνεται μεταξύ 10 και 20% του βάρους του καρπού. Η περιορισμένη βιομάζας των αξόνων, συγκρινόμενη με αυτή του στελέχους και η περιορισμένη περιεκτικότητα αυτής σε Άζωτο (N) (μικρότερη του 1%), είναι απίθανο να επηρεάζει την γονιμότητα του εδάφους με την απομάκρυνση της.

α) Σύσταση των Αζόνων

Επί πλέον της απόδοσης, η σύσταση των αζόνων είναι καθοριστικής σημασίας για την επιλογή της τεχνολογία μετατροπής. Η συνολική περιεκτικότητα σε άζωτο (N), φώσφορο (P), ασβέστιο (Ca), μαγνήσιο (Mg) και θείο (S) δεν υπερβαίνει το 1%, ενώ αυτή του καλίου (K) είναι περίπου στο 1%. Η συγκέντρωση του άνθρακα (C) είναι με μικρές διακυμάνσεις περίπου 45%, όπως επίσης και οι τιμές του οξυγόνου (O) οι οποίες κυμαίνονται μεταξύ 38-53%. Η μικρή συγκέντρωση αζώτου (N) και θείου (S) περιορίζει την εν δυνάμει παραγωγή επιβλαβών οξειδίων (NO_x), (S_xO_y) κατά την διάρκεια της καύσης. Ωστόσο πολύ λίγες πληροφορίες είναι γνωστές για την γενετική διακύμανση των στοιχείων αυτών μεταξύ των γονότυπων. Η περιεκτικότητα της των αζόνων σε τέφρα είναι μικρή και κυμαίνεται μεταξύ 1.3 και 3.6%.

Η βελτίωση της παραγωγής αιθανόλης μπορεί να πραγματοποιηθεί με την εν δυνάμει μετατροπή της σύστασης των κυτταρικών τοιχωμάτων. Η συγκέντρωση της κυτταρίνης των αζόνων κυμαίνεται από 34-45%. Ο Donnelly (Donnelly B. J. et al., 1973) αναφέρει διάφορες συγκεντρώσεις ημικυτταρίνης σε 10 συνθετικές ποικιλίες της ζώνης καλαμποκιού των ΗΠΑ, δείχνοντας έτσι την διακύμανση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των αζόνων, η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί σε βελτιωτικά προγράμματα. Η συνολική περιεκτικότητα της ημικυτταρίνης εκτιμήθηκε σε 18-20%. Διάφορες πηγές (Saha B. C., 2003) εκτιμούν τις συγκεντρώσεις ημικυτταρίνης, κυτταρίνης και λιγνίνης σε 35%, 45% και 15% αντιστοίχως. Ο Kirkpatrick (Kirkpatrick K. M. et al., 2006) αναφέρει μέσες τιμές 41, 42 και 4% της ξ.ο. αντιστοίχως. Η περιεκτικότητα γενικότερα σε μέσες τιμές κυμαίνεται αντίστοιχα σε 25-30%, 40-50% και 10-20% (Wyman C. E., 2001). Η σημαντική διαφοροποίηση των γονοτύπων ως προς την σύσταση των αζόνων, μας παρέχει την δυνατότητα για βελτίωση μέσω της διαφοροποίησης των τοιχωμάτων.

Για τον καθορισμό των κατάλληλων γενετικών πηγών σε βελτιωτικό πρόγραμμα καλαμποκιού διπλής χρήσης (καρπός και άξονας), θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί περισσότερο το θεωρητικό παραγωγικό δυναμικό αιθανόλης, σε σχέση τις τιμές των χαρακτηριστικών των κυτταρικών τοιχωμάτων.

➤ NDF (Neutral Detergent Fiber): Η NDF διαδικασία προσδιορισμού των συστατικών των κυτταρικών τοιχωμάτων, είναι μια γρήγορη μέθοδος για την ανάλυση του συνόλου των ινών των φυτικών ζωοτροφών. Η διαδικασία αυτή φαίνεται να διαχωρίζει την ξηρά ουσία των ζωοτροφών ώστε να είναι διακριτά τα θρεπτικά διαθέσιμα και τα διαλυτά συστατικά από εκείνα τα οποία είναι μερικώς διαθέσιμα και εξαρτώνται από την μικροβιακή ζύμωση σε βαθμό (98%). Αντιπροσωπεύει τα συστατικά της δομής των κυτταρικών τοιχωμάτων, (κυτταρίνη, ημικυτταρίνη) τα οποία είναι μόνο εν μέρει πεπτά καθώς επίσης λιγνίνη και τέφρα.

➤ ADF (Acid Detergent Fiber): Η ADF διαδικασία είναι μια γρήγορη μέθοδος για τον καθορισμό της κυτταρίνης και της λιγνίνης των φυτικών ζωοτροφών. Η διαφορά από το NDF είναι στην εκτίμησης της ημικυτταρίνης, ωστόσο στην διαφορά αυτή δεν περιλαμβάνεται η πρωτεΐνη η οποία είναι προσκολλημένη στα κυτταρικά τοιχώματα. Αντιπροσωπεύει τα συστατικά της κυτταρίνης και της λιγνίνης. Στα υπολείμματα βρίσκονται υδρόφοβοι πολυμερισμένοι εστέρες των λιπαρών οξέων και Πυρίτιο (Si).

➤ ADL (Acid Detergent Lignin): Η ADL διαδικασία είναι μια γρήγορη μέθοδος για τον καθορισμό της λιγνίνης των φυτικών ζωοτροφών Η διαδικασία ADF αποτελεί βήμα προετοιμασίας για τον προσδιορισμό της λιγνίνης.

Η ADL αντιπροσωπεύει τα συστατικά της λιγνίνης τα οποία είναι καθ ολοκληρίαν άπεπτα (U. S. Department of Agriculture, 1970; Donnelly B. J. et al., 1973).
Διάγραμμα 4.1.

Σημαντική γενετική διακύμανση ως προς την θεωρητική παραγωγή αιθανόλης, για τα χαρακτηριστικά NDF (Neutral Detergent Fiber), ADF (Acid Detergent Fiber), ADL (Acid Detergent lignin), βρέθηκαν σε μελέτη η οποία συνέκρινε 50 διαφορετικούς γονότυπους στους οποίους περιλαμβάνονταν F₁ υβρίδια, πληθυσμοί, πληθυσμοί x πληθυσμιακά υβρίδια, καθώς και Ομόμεικτες σειρές x πληθυσμιακά υβρίδια (Kirkpatrick K. M. et al., 2006). Η περιεκτικότητα σε κυτταρίνη, ημικυτταρίνη και ADL του άξονα ήταν μεγαλύτερη από την αντίστοιχη του στελέχους δηλαδή, η συγκέντρωση της ημικυτταρίνης ήταν μεγαλύτερη της κυτταρίνης για τους άξονες ενώ το αντίστροφο παρατηρήθηκε για τα στελέχη. Η ημικυτταρίνη των αξόνων αποτελείται κυρίως από Ξυλάνη (Saha B. C., 2003) και (Κεφάλαιο 2 §2.1 Πίν. 2.5).

Τα αποτελέσματα για θεωρητική παραγωγή αιθανόλης, βασισμένα στην σύσταση των αξόνων προβλέπουν μεγαλύτερο παραγωγικό δυναμικό σε αιθανόλη από το στέλεχος, άλλα ταυτόχρονα και μεγαλύτερη συγκέντρωση ADL, γεγονός το οποίο έχει σαν συνέπεια η διαδικασία παραγωγής να γίνεται περισσότερο δύσκολη και να κοστίζει οικονομικά. Ωστόσο το εύρος συγκέντρωσης του ADL στους άξονες ήταν μικρότερο του 1.4% και είναι άγνωστο ποιες θα είναι οι επιπτώσεις αυτού του ποσοστού στην μετατρεψιμότητα (Kirkpatrick K. M. et al., 2006). Πρέπει να σημειωθεί ότι η προετοιμασία των αξόνων για στοιχειακή ανάλυση ήταν δύσκολη απατούσε πολύ

χρόνο, το δε σχετικά μικρό ποσοστό της παρατηρούμενης διακύμανσης ίσως δεν έχει αξία για βελτιωτικές προσπάθειες (Lorenz A. et al., 2009).

β) Αγρονομικά Χαρακτηριστικά.

Για την δημιουργία καλαμποκιού διπλής χρήσης, όπου η απόδοση των αξόνων βελτιώνεται ταυτόχρονα με την απόδοση σε καρπό, η γνώση της σχέσης μεταξύ των χαρακτηριστικών του άξονα και του καρπού είναι αποφασιστική. Το βάρος της ξηράς ουσίας των αξόνων κυμαίνεται από 6 έως 24% του βάρους του καρπού με υγρασία αναφοράς 15.5%. Σε αγρούς με πλούσια αζωτούχο λίπανση η βιομάζα των αξόνων είναι περίπου 20% του βάρους του καρπού, ενώ σε φτωχή λίπανση η απόδοση της μειώνεται σε απόλυτη σχέση και ο λόγος του κλάσματος άξονας προς καρπό αυξάνει. Η διάμετρος του άξονα στα σύγχρονα υβρίδια κυμαίνεται μεταξύ 2.6 και 2.7 cm και το μήκος από 16.7 έως 19.7cm. Ο συνδυασμός των ευνοϊκών αγρονομικών χαρακτηριστικών για γονότυπους διπλής χρήσης, μπορεί να παρεμποδίζεται από την αρνητική συσχέτιση των συστατικών τους. Η διάμετρος καθώς και το μήκος συσχετίζονται τις περισσότερες φορές θετικά με την απόδοση σε καρπό (Beavis W. D. et al., 1994; Jansen C., 2012). Επιλογή πολλών κύκλων για το μήκος του άξονα δεν αυξάνει την απόδοση του.

Η ταυτόχρονη βελτίωση για απόδοση σε καρπό και σε άξονες είναι επιθυμητή, όμως ο άριστος τύπος άξονα δεν είναι ξεκάθαρος από τα μέχρι τώρα δεδομένα. Η αύξηση της απόδοσης σε άξονες θα πρέπει να επικεντρωθεί σε διαφορετικά συστατικά. Η πλέον υποσχόμενη προσέγγιση για την αύξηση της απόδοσης σε άξονες ίσως πραγματοποιηθεί με την αύξηση της πυκνότητας αυτών. Η διακύμανση της σύνθεσης των ιστών του άξονα σε σκληρέγχυμα επηρεάζει την πυκνότητα, όπως βρέθηκε μεταξύ αρκετών πληθυσμών της Νότιας Αμερικής. Η πυκνότητα των αξόνων δεν συσχετίζεται με την απόδοση σε καρπό, το μήκος, την διάμετρο και το βάρος του άξονα. Η πυκνότητα των αξόνων εμφανίζεται να επηρεάζει θετικά την απόδοση τους ενώ δεν συγκρούεται με την απόδοση σε καρπό.

Αγρονομικά χαρακτηριστικά τα οποία επηρεάζουν τον σχηματισμό των αξόνων είναι η προσαρμοστικότητα του καλαμποκιού σε υψηλή πυκνότητα σποράς και ο χρόνος φυσιολογικής ωρίμανσης. Μικρές πυκνότητες σποράς αυξάνουν το βάρος των αξόνων, το μήκος, την διάμετρο, την διάμετρο της εντεριώνης, και την πυκνότητα τους.

Η απόδοση σε καρπό και σε άξονες συσχετίζονται απολύτως θετικά, ούτως ώστε γονότυπος με υψηλή απόδοση σε καρπό έχει και υψηλή απόδοση σε άξονες. Η γνώση της κληρονομικότητας των χαρακτηριστικών του άξονα, η γενετική τους βάση, η παραλλακτικότητα τους, καθώς επίσης και η σχέση αυτών με χαρακτηριστικά όπως η απόδοση σε καρπό και η πυκνότητα σποράς είναι περιορισμένη. Τα χαρακτηριστικά του άξονα όπως η διάμετρος και το βάρος έχουν τύχει λίγων μελετών QTL στο

παρελθόν σε αντίθεση με άλλα όπως το μήκος, ο αριθμός των σειρών ανά σπάδικα και ο αριθμός των σπόρων ανά σειρά. Πιο πειστικά στοιχεία παρέχουν ο όγκος και η πυκνότητα του άξονα, όμως αυτά είναι δύσκολο να μετρηθούν και δεν έχουν ενδιαφέρον όταν η βελτίωση γίνεται για καρπό. Η πλέον ελπιδοφόρος προσέγγιση για αύξηση της απόδοσης τους, ίσως επιτευχθεί δια μέσου της αύξησης της πυκνότητας αυτών (Jansen C., 2012). Οι Halvorson and Jonson δημιούργησαν από εμπειρικά δεδομένα ένα μαθηματικό μοντέλο παλινδρόμησης για τον υπολογισμό της απόδοσης των αξόνων για ένα εύρος από 4 έως 17 t/ha απόδοσης σε καρπό (Απόδοση Αξόνων (CY)/ha=0,096 t/ha Απόδοση Καρπού (GY)+0,436 t/ha). Αυτό το μοντέλο προβλέπει επιτυχώς την απόδοση στην βάση δεδομένων του Lorenz et al. (Lorenz A. et al., 2009) όπου σε γονοτύπους με χαμηλή απόδοση σε καρπό η σχέση αξόνων/καρπού φθάνει το 22%, ενώ για γονοτύπους με υψηλή απόδοση καρπού ο ίδιος λόγος φθάνει το 6%.

γ) Γενετικά Χαρακτηριστικά των Αξόνων.

Αρκετά γονίδια και οι μεταλλάξεις τους έχουν ταυτοποιηθεί για τα χαρακτηριστικά του άξονα και τα οποία μπορούν να είναι υποψήφια για τον χειρισμό των χαρακτηριστικών. Οι Vollbrecht and Schmidt (2009) έχουν (Hand book of Maize p. 17) συνοψίζουν και παραθέτουν μια ευρεία συλλογή από γονίδια και τις μεταλλάξεις τους, τα οποία επηρεάζουν τον σχηματισμό και την ανάπτυξη της αρσενικής και θηλυκής ταξιανθίας. Οι μεταλλάξεις *Pith abscission (Ph1)*, *Rind abscission (Rh1)* έχουν σαν αποτέλεσμα στην αποσύνθεση των αξόνων, και είναι πιθανόν υπεύθυνες για την αποσκλήρυνση τους, στο εξημερωμένο καλαμπόκι. Άλλες μεταλλάξεις επιδρούν έμμεσα. Στις περισσότερες περιπτώσεις για την μη ύπαρξη σπάδικα ευθύνονται τα *barren stalk1* και 2 (*ba1* and *ba2*). Ο ραβδόμορφος άξονας οφείλεται στο *fascinated ear2 (fea2)* το οποίο επιδρά δραματικά την αρχιτεκτονική του, επίσης η μετάλλαξη *thick tassel dwarf (td1)* επιδρά στην επιμήκυνση του κορυφαίου μεριστώματος. Η μετάλλαξη *compact plant2 (ct2)* επιδρά αρνητικά στο μήκος των μεριστώματων και ίσως να είναι αυτό που ευθύνεται για τις δραματικές διαφορές στο βάρος και τον όγκο. Οι μεταλλάξεις των *ramose* παρουσιάζουν μεγάλη παραλλακτικότητα ως προς στην ανθοφορία και την ανάπτυξη της ταξιανθίας. Η μετάλλαξη *terminal ear1 (te1)* ευθύνεται για τα μικρά μεσογονάτια του κεντρικού άξονα του στελέχους με αποτέλεσμα η ταξιανθία να καλύπτεται από φύλλα.

Τα τρία κύρια συστατικά των κυτταρικών τοιχωμάτων κυτταρίνη, ημικυτταρίνη και λιγνίνη έχουν την μεγαλύτερη επίπτωση στην παραγωγή βιομάζας. Η μικρή περιεκτικότητα σε λιγνίνη μας δίνει την δυνατότητα για πιο εύκολο χειρισμό της κυτταρίνης και της ημικυτταρίνης, ενώ επιδρά δραστικά στη απόδοση της βιομάζας, αυξάνει το πλάγιασμα του στελέχους και εν δυνάμει μειώνει την περιεκτικότητα της κυτταρίνης. Γονότυποι οι οποίοι περιέχουν τα αλληλόμορφα *bm* παρουσιάζουν τα πάρα πάνω χαρακτηριστικά καθώς επίσης και υψηλότερη *in vitro* πεπτικότητα, εν

τούτοις εμφανίζουν μικρότερο θεωρητικό δυναμικό παραγωγής αιθανόλης σε σχέση με τις ισογονιδιακές σειρές (Jansen C., 2012).

δ) Διαχείριση, Συγκομιδή και Αποθήκευση Αζόνων

Τρεις διακριτοί μέθοδοι συγκομιδής είναι οι συνήθειες

- ✓ Συγκομιδή ολοκλήρου του άξονα (Whole cob collection),
- ✓ Συγκομιδή καρπού και άξονα (Corn cob mix)
- ✓ Dual stream harvest η οποία αναμένεται να είναι η γρηγορότερη και καλλίτερη, όμως είναι αργά αναπτυσσομένη.

Οι άξονες συγκομίζονται μια φορά το έτος, χρειάζεται ως εκ τούτου να αποθηκευτούν για την μετατροπή τους σε βιοκαύσιμα. Οι μικρές απώλειες κατά την αποθήκευση και η υψηλή πυκνότητα μειώνουν το κόστος. Χαμηλή υγρασία και υψηλή σταθερότητα των κυτταρικών τοιχωμάτων αυξάνουν την ποιότητα μειώνοντας τις σήψεις και την αποικοδόμηση των ιστών. Η πυκνότητα των αξόνων κυμαίνεται μεταξύ 110 και 250 kg/m³ και επηρεάζεται κυρίως από το σχήμα και την υγρασία. Η δυνατότητα της συγκομιδής, το κόστος εξοπλισμού, η ποιότητα και η πυκνότητα των αξόνων, καθώς και η απόσταση των σημείων επεξεργασίας και συγκομιδής είναι πολύ σημαντικοί παράγοντες. Εφόσον τεχνικό και γενετικό δυναμικό δεν είναι πλήρως κατανοητό, ούτε σε επίπεδο διαδικασιών ούτε σε επίπεδο παραγωγής, ο πλέον ρεαλιστικός στόχος είναι η οικονομική βιωσιμότητα του εγχειρήματος υβριδίων διπλού σκοπού (Jansen C., 2012).

ε) Επεξεργασία των αξόνων

Η ιδέα της αξιοποίησης των υπολειμμάτων του καλαμποκιού και ιδιαίτερος των αξόνων δεν είναι καινούργια, 60 χρόνια πριν ο Lenz (1948) τόνιζε τον σημαντικό ρόλο των αξόνων στην διατροφή των ζώων, την χημική βιομηχανία και την παραγωγή καυσίμων. Σήμερα νέες προοπτικές για την χρήση τους προκύπτουν από αποτελέσματα σε συμβατικά εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρισμού, όπου μπορούν εν μέρει να αντικαταστήσουν τον άνθρακα και δια μέσου πυρόλυσης, να παραχθούν λιπαρά και ενεργός άνθρακας (Mullen C. A. et al., 2010). Μετά την συγκομιδή και την μεταφορά της πρώτης ύλης στα σημεία μεταποίησης, η παραγωγή αιθανόλης επιτυγχάνεται με υδρόλυση, με θερμοχημικές μεθόδους, με ενζυματική υδρόλυση η με συνδυασμό αυτών μεταξύ τους. Οι μέθοδοι διαφέρουν ως προς την ικανότητα τους για ανάκτηση των σακχάρων, την ταχύτητα πραγματοποίησης αυτού, καθώς και το επιπλέον κόστος της προστιθέμενης ενέργειας. Γενικά η λιγνοκυταρινούχος πρώτη ύλη στα σημεία επεξεργασίας πρέπει να σπάει με θέρμανση, χημική κατεργασία, πίεση η άλλες διαδικασίες προεπεξεργασίας (Yang B. and Wyaman C. E., 2008) ώστε να απελευθερωθούν κυτταρίνη και ημικυτταρίνη. Βακτήρια και ζύμες (*Saccharomyces cerevisiae*) αποδομούν τα κυτταρικά τοιχώματα σε απλά σάκχαρα και η ζύμωση αυτών σε αιθανόλη, είτε μετά την υδρόλυση, είτε ταυτόχρονα

ακολουθεί τα βήματα της διήθησης (Yang B. and Wyaman C. E., 2008). Η ικανότητα για την παραγωγή αιθανόλης από κυτταρίνη, θα αποκτήσει ακόμη περισσότερα κέρδη με την δημιουργία

- Βελτιωμένων ζυμών οι οποίες θα ζυμώνουν τις πεντόζες της ημικυταρρίνης
- Βελτιωμένων βακτηρίων και ενζύμων,
- Βελτιωμένο εφοδιασμό της βιομάζας καθώς και
- Βελτίωση των τεχνολογιών συγκομιδής (Jansen C., 2012).

στ) Προοπτική στην παραγωγή βιοαιθανόλης από την χρήση των αξόνων.

Η εν δυνάμει διπλή χρήση του καλαμποκιού πρέπει να εξετάζεται όχι μόνο από οικονομικής άποψης αλλά και γενετικής. Η αύξηση του περιεχομένου της κυτταρίνης στους άξονες μέσω της γενετικής μηχανικής ίσως αυξήσει την απόδοση σε αιθανόλη. Επιπλέον η μετατροπή των σακχάρων της βιομάζας, σε σχέση με αυτή του καρπού σε αιθανόλη, μπορεί να βελτιωθεί πολύ περισσότερο. Ο τρόπος με τον οποίο η πυκνότητα, το βάρος και η ποιότητα των αξόνων μπορεί να βελτιωθεί και να μεγιστοποιηθεί εξαρτάται από τον συντελεστή κληρονομικότητας τους, και εάν νέα γονίδια και αλληλόμορφα αυτών είναι διαθέσιμα για χειρισμό. Ο συντελεστής κληρονομικότητας των αρχιτεκτονικών χαρακτηριστικών του άξονα είναι μέτριος έως μικρός και σε κάθε περίπτωση μικρότερος από αυτόν της απόδοσης σε καρπό (Beavis W. D., 1994; Li Y. L. et al., 2009). Υπάρχει ουσιαστική γενετική διακύμανση ως προς την πυκνότητα του άξονα με εν μέρει άγνωστες επιδράσεις στην απόδοση σε καρπό, στο υπάρχον διαθέσιμο γενετικό υλικό. Μολονότι η απόδοση σε καρπό και η απόδοση σε άξονες δείχνουν μια στενή θετική συσχέτιση, οι γενετικές αιτίες παραμένουν υπό διερεύνηση. Υβρίδια με φτωχή ανάπτυξη άξονα δείχνουν μικρή απόδοση σε άξονες και καρπό και ως εκ τούτου παρουσιάζουν θετική συσχέτιση. Η αύξηση της πυκνότητας των αξόνων ταυτόχρονα με την επιλογή για αύξηση σε καρπό εμφανίζεται ως ο πλέον σημαντικός στόχος των βελτιωτικών προγραμμάτων. Επιπρόσθετα η συνολική ποσότητα της παραγόμενης βιομάζας πρέπει να αυξηθεί χωρίς επί πλέον εισροή αζώτου (N), ως εκ τούτου δεν πρέπει να υπάρχουν αρνητικές συσχετίσεις μεταξύ της πυκνότητας των αξόνων και των άλλων χαρακτηριστικών έτσι ώστε η βελτίωση του καλαμποκιού για διπλή χρήση να είναι εφικτή (Jansen C., 2012).

4.1.2. Παραγωγή Βιοαιθανόλης από Βιομάζα Καλαμποκιού

Η βιομάζα του καλαμποκιού είναι ένας ευρύς όρος ο οποίος περιγράφει το μέρος του φυτού το οποίο βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια του εδάφους. Τα δομικά στοιχεία της βιομάζας είναι το στέλεχος, τα φύλλα, η αρσενική ταξιανθία, τα βράκτια και ο σπάδικας. Η βιομάζα του καλαμποκιού χαρακτηρίζεται σαν λιγνοκυταρινούχος. Ο όρος γενικά αναφέρεται στα κυτταρικά τοιχώματα των ινών και στο ξυλώδες μέρος

του φυτού. Η υλη αυτή αποτελείται κυρίως από κυτταρίνη, ημικυτταρίνη και λιγνίνη. Τα συστατικά αυτά μαζί με άλλα συστατικά των κυτταρικών τοιχωμάτων συνθέτουν μια ομάδα με υψηλή αντοχή στην υδρόλυση (Zaldivar J. et al., 2001).

Η βιομάζα του καλαμποκιού έχει την δυνατότητα πολλών χρήσεων, όμως τρεις περιπτώσεις συγκεντρώνουν το μεγαλύτερο ποσοστό,

- ✓ Η Διατροφή των ζώων
- ✓ Η παραγωγή βιοαιθανόλης
- ✓ Η συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού.

Η βιομάζα αποτελεί μέρος της διατροφής των μηρυκαστικών για πολλές δεκαετίες. Κατά αρχήν μπορεί να συγκομισθεί ξηρή και να αποθηκευτεί και κατά δεύτερον μπορεί να συγκομισθεί υγρή και επεξεργαστεί για Ενσίρωμα. Στην απλούστερη περίπτωση μπορεί να καεί ή να μετατραπεί σε μορφή υψηλής ενέργειας δια μέσου της πυρόλυσης.

Πιο πρόσφατα η βιομάζα του καλαμποκιού στοχοθετείται σαν πρώτη ύλη για την παραγωγή αιθανόλης. Έρευνα του 2002 από το National Renewable Energy Laboratory αναφέρεται σε δυνατότητα παραγωγής 330 lt ανά Tn ξηράς ουσίας (Zaldivar J. et al., 2001; Barten J., 2013).

Σύσταση της Βιομάζας

Η βιομάζα του καλαμποκιού αποτελείται από διάφορα βοτανικά τμήματα κάθε ένα από τα οποία έχει τα δικά του μορφολογικά χαρακτηριστικά. Το στέλεχος υπολογίζεται ότι αποτελεί περισσότερο από το μισό του συνόλου της βιομάζας. Οι Shinnars and Binversie (2007) συμπεραίνουν ότι κατά την διάρκεια της μηχανικής συγκομιδής του καρπού, η συνολική βιομάζα αποτελείται κατά 56% από το στέλεχος, 15% από άξονες, 8% από βράκτια, και 21 % από φύλλα. Επίσης οι Pordesimo et al (2004) εκτιμούν παρομοίως ότι στον ίδιο χρόνο, το υπέργειο μέρος του καλαμποκιού αποτελείται κατά 45.9% από καρπό, 27.5% στέλεχος, 11.4% φύλλα, 8.2% άξονες και 7.0% βράκτια.

Η λιγνοκυταρινούχος υλη αποτελείται κυρίως από κυτταρίνη, ημικυτταρίνη και λιγνίνη. Τα κλάσματα αυτά επί ξηράς ουσίας βρίσκονται σε αναλογία 45%, 30% και 25% (Zaldivar J., 2001). Τα δομικά στοιχεία μετρούνται εύκολα και απλά με την μέθοδο της Forage Fiber Analyses. Με την διαδικασία αυτή καθορίζεται σε ποσοστιαία βάση η περιεκτικότητα σε NDF, ADF και ADL (U. S. Department of Africulture, 1970). Η κυτταρίνη είναι η βασική δεξαμενή υδατανθράκων για την παραγωγή βιοκαυσίμων (Demura and Ye., 2010).

Η σύνθεση της βιομάζας, μπορεί να επηρεάσει δραματικά την παραγόμενη βιοενέργεια. Οι κυριότεροι παράμετροι της οποίας είναι

- Η Διακύμανση της υγρασίας,
- Συγκέντρωση απλών σακχάρων ή πολυσακχαριτών,
- Ποσοστό περιεκτικότητας σε πεντόζες (C₅) και εξόζες (C₆),
- Συγκέντρωση των στερεών,
- Συγκέντρωση και σύνθεση της λιγνίνης και οι τύποι των λιγνοκυταρινούχων δεσμών μεταξύ των συστατικών των κυτταρικών τοιχωμάτων όπως η κυτταρίνη και η ημικυτταρίνη
- Συγκέντρωση των χημικών ενώσεων οι οποίες λειτουργούν σαν αναστολείς.

Η Διακύμανση της υγρασίας και η συγκέντρωση των θρεπτικών συστατικών στην βιομάζα περιορίζει την ευρύτητα της χρήσης. Η υγρασία είναι μια σημαντική παράμετρος καθώς πρέπει να κυμαίνεται μέσα σε καθορισμένα όρια ώστε να δύναται να γίνει η κατάλληλη αποθήκευση. Επιπλέον η φυσική ετερογένεια της στα διάφορα τμήματα του φυτού, είναι σημαντική καθώς παίζει καθοριστικό ρόλο στο ποιο τμήμα του φυτού θα μπορούσε εν δυνάμει να συλλεχθεί, ώστε να χρησιμοποιηθεί σαν κατάλληλη πρώτη υλη ανάλογα με την προοριζόμενη χρήση.

Το κάτω μισό μέρος του φυτού περιέχει πολύ μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας, από το υπόλοιπο μισό στην διάρκεια της περιόδου συγκομιδής του καρπού. Μελέτες έδειξαν ότι η συνολική υγρασία της βιομάζας (στελέχος, φύλλα, βράκτια και άξονας) κυμαίνεται μεταξύ 56-69%, ενώ η υγρασία στο κάτω ¼ του φυτού μεταξύ 45-63%, στο μισό του φυτού μεταξύ 32-52% και στο πάνω ¼ μεταξύ 27-63%. Όταν συγκομίζεται το στέλεχος πολύ χαμηλά στο έδαφος, η υγρασία είναι υψηλότερη με αποτέλεσμα να οξύνεται το κόστος μεταφοράς. Η σχέση υγρασίας καρπού και μέσης υγρασίας βιομάζας είναι ελαφρώς μεγαλύτερη από το 1:2.15 όταν η υγρασία του καρπού είναι μικρότερη από το 30% (Shinners K. J. and B. N. Binversie, 2007).

Στην διάρκεια της ανάπτυξης των φυτών τα θρεπτικά συστατικά ενσωματώνονται στους αναπτυσσόμενους ιστούς. Αυτά συγκεντρώνονται στο κλάσμα της τέφρας του αφομοιωμένου στελέχους και επιστρέφουν στο έδαφος όταν ενσωματώνεται σε αυτό (Barten J., 2013). Η συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων δεν είναι επαρκώς γνωστή και διαφέρει ανάλογα με το βοτανικό κλάσμα και το τμήμα του φυτού (Pordesimo L. et al., 2004).

Η σημαντικότητα αυτών των παραμέτρων είναι υψηλά εξαρτώμενη από την διαδικασία μέσω της οποίας, παράγεται βιοενέργεια από τη βιομάζα.

Η διαδικασία η οποία περιλαμβάνει χημική, φυσική και/η ενζυματική προεπεξεργασία, ακολουθούμενη από ζύμωση με στελέχη μυκήτων και η οποία αξιοποιεί μόνο εξόζες (C₆), είναι πρωτίστως επηρεασμένη από την συγκέντρωση και την διαθεσιμότητα αυτού του τύπου των υδατανθράκων. Διαφορετικά εάν η βιομάζα καίγεται για την παραγωγή ηλεκτρισμού, ένα σύνολο διαφορετικών παραμέτρων, όπως η συγκέντρωση πυριτίου (Si) ίσως είναι ο κυριότερος παράγοντας της ποιότητας. Οι διάφορες τεχνολογίες μετατροπής οι οποίες περιλαμβάνουν όξινη υδρόλυση, ενζυματική υδρόλυση, θερμοχημικές μεθόδους καθώς επίσης και απευθείας καύση επιζητούν διαφορετικούς τύπους πρώτης ύλης (Hamelink C. N. et al., 2005).

Η αύξηση της απόδοσης σε βιομάζα είναι το ζητούμενο χαρακτηριστικό πέρα από όλα τα συστήματα μετατροπής, ωστόσο αναμένεται να είναι εξαρτώμενη από την δομή και σύνθεση της βιομάζας.

Τα βελτιωτικά προγράμματα εστιάζονται στην αυξημένη πεπτικότητα της συνολικής ξηράς ουσίας. Αυτή ωστόσο, έχει σαν αποτέλεσμα μια μικρή μεταβολή στην λιγνιτοποίηση των κυτταρικών τοιχωμάτων. Μεγάλη μείωση της συγκέντρωσης λιγνίνης καθιστά τα φυτά φτωχά σε αγρονομικές επιδόσεις, ενώ ταυτόχρονα δεν επιτυγχάνεται υψηλότερη ικανότητα μετατροπής σε αιθανόλη. Πρόσφατες πρόοδοι στην κατανόηση της σύνθεσης των κυτταρικών τοιχωμάτων, την σύνθεση της λιγνίνης και τα ειδικά χαρακτηριστικά της σύνδεσης της λιγνίνης με τα άλλα συστατικά στους ειδικούς τύπους ιστών των κυτταρικών τοιχωμάτων μας εφοδιάζουν με εν δυνάμει νέους στόχους για επιλογή και βελτίωση (Grieder C. et al., 2012; Jung H-J. et al., 2012; N. de Leon et al., 2013).

Η χρησιμότητα της βιομάζας σαν πρώτη ύλη θα εξαρτηθεί τελικά όχι μόνον από το παραγωγικό δυναμικό της, αλλά από την σύνθεση και από την δομή των υδατανθράκων οι οποίοι ευρίσκονται στα κυτταρικά της τοιχώματα. Στο στέλεχος, η κυτταρίνη αντιπροσωπεύει κατά προσέγγιση το 37% της συνολικής ξηράς ουσίας. Η ημικυτταρίνη η οποία περιλαμβάνει τις Ξυλάνη, Αραβινάνη, Μανάνη και Γαλακτάνη το 28% ενώ η λιγνίνη περίπου το 18% (Κεφάλαιο 2 §2.1.Πίνακας 2.5).

Υπάρχει πολύ μικρή πληροφορία σχετικά με τον βαθμό της γενετικής παραλλακτικότητας για τους παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την καταλληλότητα της βιομάζας για πρώτη ύλη. Κάποιες πληροφορίες μπορούν να περισυλλεχθούν από τις πρόσφατες εργασίες σχετικές με το ενσίρωμα (Barriere Y. et al., 2003; Coors J. C. and Lauer J. G. 2000).

Ο κυριότερος παράγοντας διαφοροποίησης της βιομάζας του καλαμποκιού από τις άλλες πηγές πρώτης ύλης είναι ο σπάδικας, στον οποίο σταθερά μεταφέρεται άνθρακας και αφομοιούμενο άζωτο κατά την διάρκεια του γεμίσματος των σπόρων και ως εκ τούτου αλλάζει η σύσταση του στελέχους. Κατά προσέγγιση το 70% του

αφαιρούμενου αζώτου στην διάρκεια του αλωνισμού των φυτών του καλαμποκιού για Ενσίρωμα βρίσκεται στο καρπό με διάφορες μορφές. Η παραγωγή του καρπού ως εκ τούτου απαιτεί σημαντικά περισσότερη ενέργεια σε σχέση με την παραγωγή του στελέχους. Πρέπει να πραγματοποιηθεί μια οικονομική αξιολόγηση ώστε να βρεθεί η σχέση κόστους παραγωγής καρπού με το κόστος παραγωγής του στελέχους. Εάν η παραγωγή καρπού κοστίζει λιγότερο, τότε περισσότερη βιομάζα θα μπορούσε να παραχθεί με μειωμένες εισφορές αζώτου (N).

Η αξιολόγηση της παραγωγής και της ποιότητας του καλαμποκιού σε διάφορες περιόδους από το 1930, έχει δείξει ότι η συνολική απόδοση του φυτού ανά μονάδα επιφάνειας αυξάνεται με ρυθμό 2.4% ανά έτος, ενώ του στελέχους με ρυθμό 0.75% (Lauer J. G. et al., 2001). Για περισσότερο από 70 χρόνια η προσοχή δόθηκε κυρίως στην αύξηση της απόδοσης σε καρπό και η ποιότητα της κτηνοτροφικής παραγωγής βελτιώθηκε σαν συνέπεια της αύξησης της απόδοσης, παρά από την βελτίωση του στελέχους *per se*. Καθώς η πυκνότητα σποράς ανά μονάδα επιφάνειας έχει αυξηθεί, η κτηνοτροφική παραγωγή και η συγκέντρωση των συστατικών των κυτταρικών τοιχωμάτων όπως η κυτταρίνη, η ημικυτταρίνη και η λιγνίνη αυξάνεται, συνεπώς η ποιότητα ολόκληρου του φυτού μετρούμενη σαν πεπτικότητα μειώνεται (Graybill J. S. et al., 1991; Cuomo G. J. et al., 1998). Μελέτες Lauer et al. (2001) έδειξαν ότι το NDF και η *in vitro* πεπτικότητα του στελέχους δεν έχουν αλλάξει, όταν η αξιολόγηση γίνεται για το στέλεχος *per se* σε ίδια πυκνότητα σποράς. Τα τέσσερα γνωστά *brown midrib* γονίδια στο καλαμποκι έχουν επιδράσει δραστικά στην σύνθεση και την συγκέντρωση της λιγνίνης, καθώς το παραγόμενο ενσίρωμα έχει σημαντικά αυξημένη ξηρά ουσία και πεπτικότητα του NDF συγκρινόμενο με τις κανονικές ισογονιδιακές σειρές (N. de Leon and J. G. Coors, 2008).

Αγρονομικά Χαρακτηριστικά

Αρκετές αλλαγές στη μορφολογία και την ανάπτυξη του φυτού θα μπορούσαν να συνοδεύουν την απόδοση σε καρπό και να συνεισφέρουν στην συσχέτιση του με την απόδοση σε βιομάζα. Τέτοια χαρακτηριστικά είναι

- ✓ Το ύψος του φυτού,
- ✓ Η πυκνότητα σποράς,
- ✓ Το μέγεθος και η πυκνότητα του στελέχους,
- ✓ Η φυλλική επιφάνεια (LAI) και
- ✓ Η καθυστέρηση της γήρανσης του φυτού (Stay Green).

Το ύψος του φυτού δεν αποδεικνύεται από καμία εργασία ότι έχει αλλάξει με το πέρασμα του χρόνου (Meghji M. R. et al., 1984; Russel W. A., 1985; Dunvik D. N. et al., 2004; Dunvik D. N. and K. G. Cassman 1999).

Η φυλλική επιφάνεια (LAI) είναι ένα στοιχείο, το οποίο σχετίζεται απ ευθείας με την σύλληψη της ηλιακής ακτινοβολίας και θα μπορούσε λογικά να συνδέεται στενά με την αύξηση της απόδοσης σε καρπό και σε βιομάζα, τα αποτελέσματα όμως για τις αλλαγές στην φυλλική επιφάνεια είναι αμφιλεγόμενα.

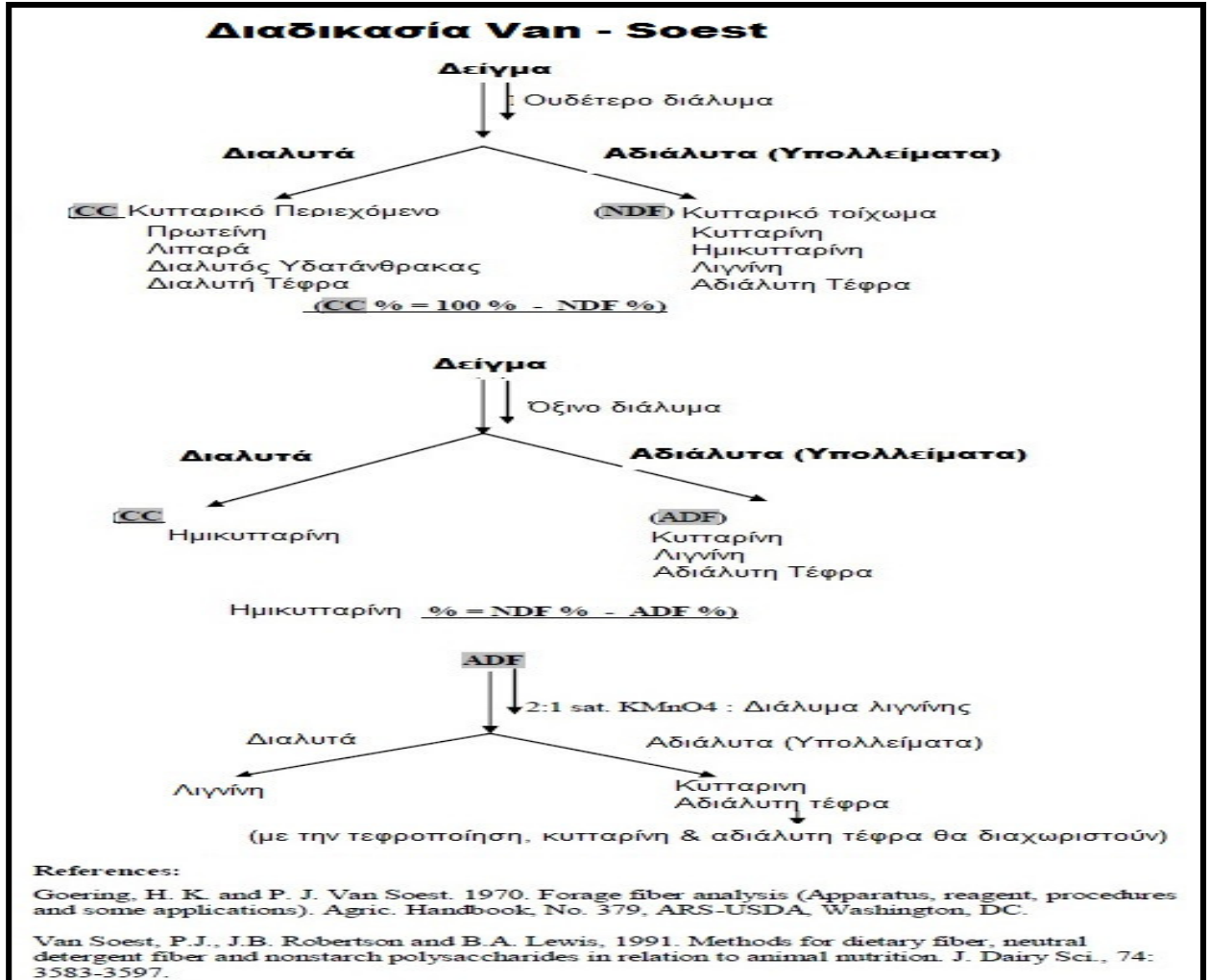
Η Μείωση του σπασίματος του στελέχους (Stalk Lodging), επιτρέπει αφ ενός την εκμηχάνιση της συγκομιδής και αφ ετέρου την αύξηση της πυκνότητα σποράς (Dunvik D. N. and K. G. Cassman 1999; Russel W. A., 1991). Η αντοχή του στελέχους συσχετίζεται με την διάμετρο και την πυκνότητα του (Thompson D. L., 1964; Zuber M. S. et al., 1980). Η αυξημένη ξηρά ουσία στο στέλεχος, ιδιαίτερα κάτω από τον σπάδικα πιθανώς να συνεισφέρει στην αύξηση της απόδοσης του καρπού και την αύξηση της απόδοσης σε βιομάζα ανά μονάδα επιφανείας. Η Μείωση του σπασίματος του στελέχους στα νεωτέρα υβρίδια συνδέεται είτε με την κατανομή περισσότερης ξηράς ουσίας στο στέλεχος κατά την διάρκεια της περιόδου γεμίματος του καρπού η με τη μετακίνηση λιγότερης ξηράς ουσίας από το στέλεχος στον καρπό (Tollenaar M. et al., 1994). Ουσιαστικά η αύξηση της αντοχής του στελέχους, του ριζικού συστήματος και του μίσχου του σπάδικα, έχουν μειώσει δραματικά την ποσότητα του μη συγκομισμένου καρπού (Crosbie T. M. 1982).

Το χαρακτηριστικό όμως το οποίο με συνεπεία και σταθερότητα συνδέεται με την αύξηση της απόδοσης σε καρπό είναι η καθυστέρηση της γήρανσης του φυτού (Stay Green) (Evans L. T., 1993; Dunvik D., 2005). Το Stay Green είναι ο ευκολότερος δρόμος για να αυξήσουμε την εποχιακή φωτοσύνθεση της καλλιέργειας και μέσω αυτής την παραγωγή βιομάζας (Richards R. A., 2000). Οι Διαφορές στην συγκέντρωση της ξηράς ουσίας μεταξύ παλαιών και νέων υβριδίων βρέθηκε ότι είναι μεγαλύτερες στην διάρκεια γεμίματος του καρπού (Tollenaar M. and E. A. Lee, 2006; Tollenaar M., 1991). Η καθυστέρηση της γήρανσης του φυτού είναι επίσης μια εκδήλωση υγιεινών φυτών, περισσότερο ικανών να αντέξουν την καταπόνηση η οποία προκαλείται από την γήρανση των φύλλων και την μείωση της απόδοσης σε καρπό (Tollenaar M. et al., 1994). Ο Tollenaar (1991) έδειξε ότι τα φύλλα των παλαιότερων υβριδίων γηράσκουν συντομότερα από αυτά των νεοτέρων. Το γεγονός αυτό έχει σαν αποτέλεσμα μεγαλύτερη απώλεια σε βιομάζα για τα παλιότερα υβρίδια στην διάρκεια τριών εβδομάδων μεταξύ άνθισης και φυσιολογικής ωρίμανσης. Ωστόσο δεν είναι ξεκάθαρο εάν οι απώλειες προκαλούνται από την αυξημένη μετακίνηση ξηράς ουσίας στον σπάδικα η είναι ένας φυσικός παράγοντας της βιομάζας. Μεταγενέστερα αποτελέσματα αποδεικνύουν την σημαντικότητα του προηγούμενου μηχανισμού (Valentinuz O. R. and Tollenaar M., 2004; Tollenaar M. and E. A. Lee 2006) καθώς τα νεοτέρα υβρίδια είναι ικανά σαν συλλαμβάνουν περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία και για περισσότερο χρόνο στην διάρκεια του γεμίματος του καρπού, αποφεύγοντας με αυτόν τον τρόπο την ανάγκη μετακίνησης της ξηράς ουσίας για τη μεγιστοποίηση της απόδοσης του καρπού. Τα υβρίδια του καλαμποκιού με υψηλή απόδοση σε καρπό και βιομάζα θα μπορούσαν να είναι ιδανικά για ταυτόχρονη παραγωγή τροφίμων και ενέργειας.

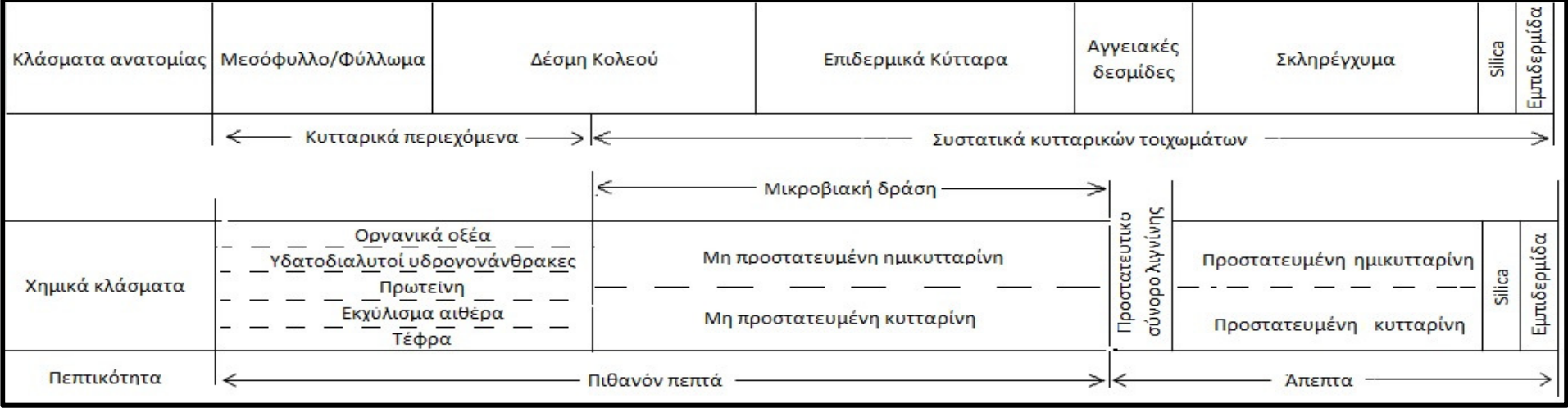
Το Παραγωγικό Δυναμικό της Βιομάζας

Ο καρπός αντιπροσωπεύει περίπου το 50% (Coors J. G., 1996; Frey T. et al., 2004) της απόδοσης ολόκληρου του φυτού στην παραγωγή ενσίρωματος. Επειδή η πεπτικότητα του είναι ιδιαίτερα υψηλή, τα βελτιωτικά προγράμματα του καλαμποκιού στις ΗΠΑ για το ενσίρωμα μέχρι το 1990 έδιναν έμφαση στην αύξηση της απόδοσης του καρπού ως μέσου για την συνολική αύξηση του ενεργειακού περιεχομένου. Σημαντικές διεργασίες έγιναν από τότε για την βελτίωση της απόδοσης σε βιομάζα και των χαρακτηριστικών των κυτταρικών τοιχωμάτων του στελέχους καθώς αυτά σχετίζονται άμεσα με την διατροφή των μηρυκαστικών (Frey T. et al., 2004). Οι πληροφορίες σχετικά με αυτήν την έρευνα μόλις τώρα είναι διαθέσιμες. Μια από τις πρώτες μελέτες αξιολόγησης των ομόμεικτων σειρών που δημιουργήθηκαν για ενσίρωμα μας δείχνει, ότι αυτές είναι κατάλληλες για τον σκοπό αυτό, όταν εκτός της υψηλής απόδοσης, υπάρχει καλύτερη ζύμωση και σύνθεση των υδατανθράκων. Η θεωρητική απόδοση σε αιθανόλη στο παραπάνω γενετικό υλικό εκτιμήθηκε από την συγκέντρωση C₅ και C₆ σακχάρων μέσω της χρήσης του NIR. Το θεωρητικό δυναμικό της απόδοσης σε αιθανόλη συσχετιζόταν ελάχιστα με την ζύμωση όπως αυτή μετρήθηκε in vitro στα μηρυκαστικά (Lorenz A. and Coors J. G., 2006). Οι Weimer et al. (2005), και Lorenz and Coors (2006), πρότειναν ότι η ικανότητα μετατροπής είναι τόσο σημαντική, εάν δεν είναι περισσότερο, όσο η συγκέντρωση των υδατανθράκων στον καθορισμό της ποιότητας της πρώτης ύλης. Η αύξηση της απόδοσης σε καρπό είναι περίπου 10 kg/στρ/ έτος από την εισαγωγή των απλών υβριδίων την δεκαετία του 1960. Είναι ενδιαφέρον το γεγονός ότι η συσχέτιση μεταξύ καρπού και βιομάζας τείνει να είναι θετική, και γενικά μικρή (Wolf H. G. et al., 1993; Pedersen J. F., 1996; N. de Leon and J. G. Coors, 2008) (Κεφάλαιο 2 § 2.8.1 Πίν. 2.12).

Διάγραμμα 4.1.: Διαδικασία Van Soest Προδιορισμον Τεχνολογικων Χαρακτηριστικων Βιομαζας



Διάγραμμα 4.2 : Μορφολογική και Χημική Ανάλυση των Συστατικών της Βιομάζας κατά Van Soest



Γενετικά Χαρακτηριστικά της Βιομάζας

α) Μέθοδοι Βελτίωσης.

Το καλαμπόκι καλλιεργείται σαν γραμμική καλλιέργεια, πρωτίστως σαν υβρίδιο προερχόμενο από την διασταύρωση δυο καθαρών σειρών από διαφορετικά ετερωτικά σχήματα. Η δομή των ετερωτικών σχημάτων έχει ουσιαστική επίδραση στο πως το γενετικό υλικό χρησιμοποιείται στα περισσότερα βελτιωτικά προγράμματα του καλαμποκιού. Ο ρόλος αυτών των ετερωτικών σχημάτων ιστορικά βασίζεται στην γεωλογική πληροφορία και/η την συνδυαστική ικανότητα, κυρίως σε ότι σχετίζεται με την απόδοση σε καρπό. Τα ίδια ετερωτικά σχήματα χρησιμοποιούνται και στην βελτίωση για την παραγωγή ενσίρωματος (Κεφάλαιο 1 §1.3 Σχήμα 2).

Η παραγωγή ενσίρωματος είναι η δεύτερη μεγαλύτερη χρήση του καλαμποκιού. Το καλαμπόκι για ενσίρωμα συγκομίζεται με περίπου 65% υγρασία και περιλαμβάνει αφ ενός το στέλεχος, τα φύλλα, τα βράκτια, την ταξιανθία και τον άξονα και αφετέρου τον καρπό. Ο καρπός αποτελεί μια πηγή, της οποίας τα σάκχαρα πέπτονται εύκολα και ως εκ τούτου παίζει σημαντικό ρόλο στην συνολική ποιότητα του καλαμποκιού ως κτηνοτροφικό φυτό. Τα βελτιωτικά προγράμματα για το ενσίρωμα στις ΗΠΑ, μέχρι το 1990 έδιναν έμφαση στην αύξηση της απόδοσης του καρπού ως μέσου για την συνολική αύξηση του ενεργειακού περιεχομένου (Allen M. S. et al., 2003).

Σήμερα είναι ευρέως αποδεκτό ότι η παραλλακτικότητα του Neutral Detergent Fiber (το NDFD αντιπροσωπεύει την πεπτικότητα του συνόλου των κυτταρικών τοιχωμάτων όπως αυτά καθορίζονται από την Forage Fiber Analyses (1970) είναι ένας σημαντικά καθοριστικός παράγοντας στην εν δυνάμει παραγωγή ενέργειας προερχόμενη από το κλάσμα των ινών. Ο αλωνισμός του καλαμποκιού ως πηγή βιομάζας για την παραγωγή βιοκαυσίμων, πραγματοποιείται στο στάδιο της φυσιολογικής ωρίμανσης του καρπού. Ο χρόνος αλωνισμού συγκρινόμενος με αυτόν του ενσίρωματος επιτρέπει την μείωση της υγρασίας της βιομάζας, καθώς επίσης και την δυνατότητα χρήσης του καρπού ως ξεχωριστού προϊόντος. Εφόσον λοιπόν επικεντρώναστε στην απόδοση της βιομάζας και στην σύνθεση αυτής και όχι στην απόδοση για καρπό, η καταλληλότητα των υπάρχοντων ετερωτικών σχημάτων για την παραγωγή βιοκαυσίμων αποτελεί μια ανοικτή ερώτηση.

Μεγαλύτερη παραλλακτικότητα έχει βρεθεί στην απόδοση των κτηνοτροφικών φυτών από ότι, στην συγκέντρωση και την αποικοδόμηση των πολυσακχαριτών, ως εκ τούτου οι βελτιωτικές προσπάθειες για να την αύξηση της απόδοσης σε βιομάζα αποτελούν μια περισσότερο αποτελεσματική στρατηγική για την αύξηση της απόδοσης σε υγρά καύσιμα ανά μονάδα επιφανείας (Grieder C. et al., 2012; Kirkpatrick K. M. et al., 2006; Lorenz A. et al., 2009).

Μέθοδοι για την βελτίωση καλλιεργειών με διπλή χρήση, όπως το καλαμπόκι όπου ο καρπός και η βιομάζα είναι αποτελούν τους στόχους, είναι αρκετά πολύπλοκες, πολύ περισσότερο από άλλες καλλιέργειες, προσανατολισμένες αποκλειστικά για βιοενέργεια, διότι η επίδραση της βιομάζας του φυτού, στην απόδοση και την ποιότητα του καρπού χρειάζεται να αναλυθεί και από την οικονομική της πλευρά. Είναι σημαντικό ωστόσο να δοθεί έμφαση στο γεγονός ότι η παραλλακτικότητα και για τα δυο αυτά χαρακτηριστικά είναι μεγάλη (Lorenz A. et al., 2009) και υπάρχουν αποδείξεις ότι η απόδοση σε καρπό και σε βιομάζα αφ ενός και σε ποιότητα αφ έτερου είναι δυνατόν να βελτιωθούν ταυτόχρονα. Η ταυτόχρονη βελτίωση της απόδοσης σε καρπό, σε βιομάζα και σε ποιότητα, συνεπάγεται την εκλογή μιας ανεξάρτητης στρατηγικής, όπου για την απόδοση σε καρπό θα τίθεται ένα ελάχιστο αποδεκτό όριο, και ο συνδυασμός της απόδοσης σε βιομάζα και χαρακτηριστικών αυτής θα αποτελέσουν ένα δείκτη για το δεύτερο βήμα στην διαδικασία επιλογής. Η επιλογή της σύνθεσης των χαρακτηριστικών της βιομάζας θα προκύπτει από μια πιθανή συσχέτιση των ειδικά μετρούμενων αυτών χαρακτηριστικών με το τελικό παραγόμενο προϊόν (It υγρού προϊόντος). Από την άλλη πλευρά, η σχέση της απόδοσης σε βιομάζα έναντι της απόδοσης σε καρπό θα καθορίζεται από την σχετική οικονομική αξία αυτών των δυο προϊόντων στην αγορά. Σε πρόσφατες έρευνες τονίζεται η σημασία της εν δυνάμει χρήσης των ποικιλιών του ενσιρώματος ως πηγή γενετικού υλικού για την παραγωγή πρώτης ύλης βιοκαυσίμων (Grieder C. et al., 2012; Lorenz A. et al., 2009; Barriere Y. et al., 2003). Παράγοντες διαφοροποίησης των υψηλά αποδοτικών ποικιλιών για ενσίρωμα από τις υψηλα αποδοτικές ποικιλίες για βιοκαύσιμα είναι πιθανόν να περικλείουν φυσιολογικές διαδικασίες οι οποίες επηρεάζουν την επανακινητοποίηση των σακχάρων κατά την διάρκεια των δυο τελευταίων εβδομάδων γεμίσματος του καρπού (de Leon N. et al., 2013).

β) Η χρήση της Γενετικής Παραλλακτικότητας

Η απόδοση και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των κτηνοτροφικών φυτών, έχουν βελτιωθεί σημαντικά δια μέσου της γενετικής βελτίωσης. Υπάρχει επίσης σημαντική πρόοδος ως προς την καλλίτερη κατανόηση της μοριακής βάσης της ποιότητας του καλαμποκιού για την διατροφή των ζώων (Barriere Y. et al., 2003). Οι συμβατικές τεχνικές βελτίωσης, η καλή γνώση των γονιδίων τα οποία εμπλέκονται στην βιοσύνθεση της λιγνίνης και ο χειρισμός όσων εμπλέκονται στην βιοσύνθεση της κυτταρίνης και της ημικυτταρίνης, σήμερα χρησιμοποιούνται για την διαφοροποίηση της σύνθεσης των κυτταρικών τοιχωμάτων της βιομάζας (Frey T. et al., 2004; N. de Leon and J. G. Coors, 2008). Υπάρχουν υποτελή αλληλόμορφα τα οποία διαφοροποιούν την συγκέντρωση και /η την σύνθεση της λιγνίνης στα φυτά.

Τέσσερα γονίδια *brown midrib* (*bm1*, *bm2*, *bm3*, *bm4* το 2010 ανακαλύφθηκε και πέμπτο *bm*) (de Leon Natalia et al., 2013) έχουν ταυτοποιηθεί και χαρακτηρίζουν το καλαμπόκι. Η ύπαρξη των *bm* στα φυτά τυπικά ταυτοποιείται από την παρουσία κόκκινου-καφέ χρωματισμού στο στέλεχος και τα φύλλα (Marita J. M. et al., 2003).

Αρκετά από τα *bm* έχουν χρησιμοποιηθεί στην βελτίωση της διατροφικής αξίας του καλαμποκιού. Το *bm3* αλληλόμορφο είναι το πιο αποτελεσματικό για την βελτίωση των κυτταρικών τοιχωμάτων ως προς την πεπτικότητα (Barriere Y. et al., 2003). Δυστυχώς η αγρονομική επίδοση του *bm3* έχει απογοητεύσει εξ αιτίας του μικρού ρυθμού ανάπτυξης, της μικρής απόδοσης σε καρπό και βιομάζα καθώς επίσης και από το αυξημένο σπάσιμο του στελέχους (Coors J. C. and Lauer J. G., 2000; Allen M. S. et al., 2003). Παρόλα αυτά εξ αιτίας των άριστων θρεπτικών του ιδιοτήτων, πρωτίστως της πεπτικότητας του NDF σήμερα υπάρχει σε εμπορικά υβρίδια για την αγορά του ενσιρώματος.

Η αυξημένη παραγωγή βιομάζας μπορεί να αποτελέσει μια πρόκληση. Μια αποτελεσματική μέθοδος για την βελτίωση της συνολικής παραγωγής βιομάζας θα μπορούσε να περικλείει αυξημένη φωτοσυνθετική αποτελεσματικότητα ανά μονάδα επιφανείας με την αύξηση της ανοχής στον ανταγωνισμό μεταξύ των φυτών, της αντοχής στην έλλειψη νερού και την υιοθέτηση μιας διαφορετικής μορφολογίας των φυτών. Χαρακτηριστικά όπως ο αριθμός των φύλλων, ο αυξημένος αριθμός πλευρικών διακλαδώσεων (περιλαμβανόμενης και της αύξησης των αδελφιών), η ικανότητα και η μορφολογία του φυτού για επαναβλάστηση, ύστερα από πρόωμη κοπή θα μπορούσαν να αποτελέσουν μια προοπτική για τους βελτιωτές και τους γενετιστές.

Τα φυτά του καλαμποκιού τα οποία φέρουν το κυρίαρχο χαρακτηριστικό *Leafy1* (*Lfy1*) παράγουν επιπλέον μεσογονάτια διαστήματα και φύλλα, στο κεντρικό στέλεχος, επάνω από τον σπάδικα. Έχουν ταυτόχρονα χαμηλότερη τοποθέτηση του σπάδικα και υψηλή περιεκτικότητα λιγνίνης στο στέλεχος. Τα φυτά τα οποία φέρουν το χαρακτηριστικό *Lfy1* τείνουν να ωριμάζουν γρηγορότερα από τα άγρια ομόλογα τους σύμφωνα με τον Dijak M. et al. (1999). Το κυρίαρχο *Lfy1* βρίσκεται στον μακρύ βραχίονα του χρωμοσώματος 3 του καλαμποκιού. Η έκφραση του γονιδίου αυτού εξαρτάται ως ένα βαθμό από το γενετικό υπόβαθρο της καθαρής σειράς. Μια εκτεταμένη αξιολόγηση των υβριδίων ενσιρώματος τα οποία φέρουν το *Lfy1* η οποία πραγματοποιήθηκε από τους (Dwyer L. M. et al., 1988) σε διάφορα περιβάλλοντα και σε διάφορα έτη, απέδειξε ότι κατά μέσο όρο ξεπερνούσαν τα κανονικά υβρίδια σε παραγωγή ενσιρώματος. Τα υβρίδια τα οποία έφεραν το αλληλόμορφο *Lfy1* είχαν δυο φορές υψηλότερη συγκέντρωση υδατανθράκων, συγκρινόμενα με τα κανονικά, κατά την διάρκεια της ανθοφορίας και της περιόδου γεμίσματος του καρπού, για το μέρος του φυτού επάνω από τον σπάδικα.

Είναι πιθανόν να αυξηθεί η βιομάζα του φυτού με τον σχηματισμό πλευρικών διακλαδώσεων. Γονίδια όπως το *grassy tiller1* (*gt1*) και *teosinte branched1* (*tb1*) είναι συνδεδεμένα με την δραστηριοποίηση των πλευρικών μεριστωμάτων και μειώνουν στην κυριαρχία του κορυφαίου μεριστώματος. Γονίδια όπως το *Corn grass1* (*Cg1*) το οποίο τροποποιεί την σύνθεση των κυτταρικών τοιχωμάτων υποθέτουμε ότι μπορεί

να βοηθήσει στην αύξηση της απόδοσης της αιθανόλης ανά μονάδα επιφάνειας (Hansey C. N. and de Leon N. 2011; N. de Leon and J. G. Coors, 2008).

Πολλαπλασιασμός των αδελφιών και αύξηση της βιομάζας πάνω από την επιφάνεια του εδάφους παρατηρήθηκε σε φυτά ομοζύγωτα ως προς τα (*gt1*) και (*tb1*). Η ανακάλυψη του *gt1* στο φυτό του καλαμποκιού καταγράφηκε από τον G. Anderson (1948). Φυτά ομοζύγωτα στο *gt1* παρουσιάζουν αυξημένο αριθμό σε πλευρικούς βραχίονες οι οποίοι μπορεί να διαφέρουν σε μέγεθος και αριθμό, γεγονός το οποίο εξαρτάται από το γενετικό υπόβαθρο. Το *tb1* αλληλόμορφο βελτιώνει επίσης το δυναμικό της επαναβλάστησης των φυτών μετά από το πρώιμο αλωνισμό οδηγώντας στην παραγωγή πολλαπλών στελεχών και συνεπώς επιπλέον βιομάζας (N. de Leon and J. G. Coors, 2008). Το *Corn grass1* (*Cg1*) χαρακτηρίζεται από αυξημένο αριθμό αδελφιών (*tillers*) (επιμηκύνεται το μασχαλιαίο μερίστωμα προερχόμενο από τα μεσογονάτια τα οποία είναι κάτω από το έδαφος). Τα νεαρά φύλλα μεταβάλλουν την δευτερογενή σύνθεση των κυτταρικών τοιχωμάτων μειώνοντας το περιεχόμενο της λιγνίνης, χαρακτηριστικό το οποίο θεωρείται επιθυμητό για την μετατροπή της βιομάζας σε αιθανόλη. Στο ίδιο στάδιο ανάπτυξης των φύλλων, μεταξύ των *Cg1* και των άγριων ομολόγων τους παρατηρείται ότι σε αυτά με το (*Cg1*) τα κυτταρικά τους τοιχώματα βρίσκονται σε νεαρότερα στάδια και επί πλέον η σύνθεση των κυτταρικών τοιχωμάτων των ανώτερων φύλλων των (*Cg1*) παρατηρήθηκε ότι είναι ίδια με αυτή των κατωτέρων φύλλων των άγριων ομολόγων τους. Τα νεαρά φύλλα ωστόσο είναι πολύ ευαίσθητα σε εχθρούς και ασθένειες όπως το European corn borer (*Ostrinia nubilalis*) και της σκωρίασης (*Puccinia sorghi*) (Hansey C. N. and de Leon N., 2011). Πολύ πρόσφατα, η ταυτοποίηση του *seedling ferulate ester* (*sfe*) στο καλαμπόκι παρουσιάζει ακόμη μια δυναμική πηγή για την βελτίωση της πεπτικότητας καθώς το συγκεκριμένο αλληλόμορφο μειώνει τους δεσμούς της ημικυτταρινής με τους προδρόμους της λύγινης και ως εκ τούτου αυξάνεται η προσβασιμότητα στους μικροοργανισμούς των κυτταρικών τοιχωμάτων. Ενδιαφέρον παρουσιάζεται διότι σε αντίθεση με τα *bm* φυτά και κυρίως το *bm3*, τα *sfe* δεν φαίνεται να παρουσιάζουν δυσμενείς επιπτώσεις στην απόδοση και στα αγρονομικά χαρακτηριστικά συγκρινόμενα με τους ομόλογους άγριους τύπους (Jung H. J. and Phillips R. L., 2010; de Leon N., 2013).

γ) Διαχείριση, Συγκομιδή και Αποθήκευση Βιομάζας

Εφ' όσον το στέλεχος θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή βιοκαυσίμων, η καθυστέρηση του αλωνισμού επιτρέπει την μείωση του ποσοστού της υγρασίας του, και την πλήρη ωρίμανση του καρπού ώστε να υπάρχει πλήρης και ταυτόχρονη εκμετάλλευση. Ένα από τα πρωταρχικά εμπόδια στην υιοθέτηση της λιγνοκυτταρινούχου μάζας σαν πρώτη ύλη για την βιομηχανία των βιοκαυσίμων, είναι το σχετικά υψηλό κόστος το οποίο συνδέεται με τον αλωνισμό, την διαχείριση και την αποθήκευση της ύλης αυτής. Το υψηλό ποσοστό υγρασίας που υπάρχει στο στέλεχος του καλαμποκιού ακόμη και μετά την φυσιολογική ωρίμανση του καρπού

είναι ακόμη ένα μειονέκτημα της βιομάζας γενικότερα, και ιδιαίτερα του στελέχους του καλαμποκιού. Η μικρή πυκνότητα (Bulk Density) της συγκομιζόμενης ύλης (Valentinuz O. R. and Tollennar M., 2004), βάζει όρια για την οικονομικότητα της μεταφοράς από το χωράφι στο χώρο επεξεργασίας. Εναλλακτικές λύσεις όπως η συμπύκνωση, η χημική επεξεργασία, η μείωση του μεγέθους των τεμαχίων, είναι πρακτικές υπό αξιολόγηση για την βελτίωση της ικανότητας μεταφοράς. Αρκετές πρωτότυπες προτάσεις έχουν υποβληθεί για την συλλογή της βιομάζας μετά την συγκομιδή του καρπού. Συμβατικά μηχανήματα για την συγκομιδή των κτηνοτροφικών φυτών και του άχυρου των διαφόρων καλλιεργειών δείχνουν ότι είναι ικανά να συλλέξουν μόνο το 35-40% της ολικής διαθέσιμης βιομάζας στις περισσότερες περιπτώσεις, κυρίως εξ αίτιας της δυσκολίας στην συγκέντρωση του τεμαχισμένου στελέχους. Οι απώλειες σε ξερή ουσία ήταν 18.1% ανά μπάλα που αποθηκεύτηκε σε ανοικτό χώρο για 6 μήνες, ενώ η αντίστοιχη απώλεια για αποθήκευση σε κλειστό χώρο ήταν 3.1% (B. S. Dien and R. J. Bothast, 2009). Ο απλός αλωνισμός του καρπού με τροποποιημένη αλωνιστική μηχανή ώστε να γίνεται ταυτόχρονα συλλογή και της βιομάζας, δείχνει να είναι μια υποσχόμενη τεχνολογία συγκομιδής καθώς αυτή μπορεί να συλλέξει ένα μεγάλο ποσό βιομάζας ταυτόχρονα με τον καρπό. Η έρευνα δείχνει ότι το επιθυμητό ύψος κοπής του στελέχους είναι 40 cm από το έδαφος δίδοντας άριστη ποιότητα πρώτης ύλης, καθώς κοπή σε χαμηλότερο ύψος αυξάνει την περιεκτικότητα σε νερό και συγκεντρώνει ανεπιθύμητη υλη (χώμα, ξένες ύλες) γεγονός το οποίο αυξάνει το κόστος μεταφοράς και υποβαθμίζει την ποιότητα του προϊόντος. Οι περιβαλλοντικές ανησυχίες για την χρήση της βιομάζας του καλαμποκιού στην παραγωγή υγρών καυσίμων περιλαμβάνουν την διάβρωση, την απώλεια οργανικής ουσίας του εδάφους καθώς και την απαίτηση για αυξημένες εισροές νερού και αζωτούχων λιπασμάτων. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να επιβεβαιώνεται ότι η κατάλληλη ποσότητα βιομάζας έχει μείνει στο έδαφος για τον έλεγχο της διάβρωσης και την διατήρηση της οργανικής ουσίας του, με σκοπό την συντήρηση της γονιμότητας επί μακρόν.

δ) Επεξεργασία της Βιομάζας

Σημαντική γενετική διακύμανση σχετικά με την αποικοδόμηση των κυτταρικών τοιχωμάτων, την σύνθεση και την ανατομική δομή τους έχει παρατηρηθεί τόσο μεταξύ των κτηνοτροφικών φυτών, όσο και μέσα στο ίδιο είδος. Μεγάλος αριθμός ερευνών για την γενετική και την γονιδιοματική δομή των κυτταρικών τοιχωμάτων έχει πραγματοποιηθεί στο καλαμπόκι. Η μετατροπή της λιγνοκυταρινούχου πρώτης ύλης σε υγρό καύσιμο είναι μια διαδικασία πολλών σταδίων που περιλαμβάνει προεπεξεργασία, ενζυματική υδρόλυση και ζύμωση. Η προεπεξεργασία είναι το πρώτο κρίσιμο βήμα κατά το οποίο ανοίγει η σφικτή δομή των κυτταρικών τοιχωμάτων ώστε να πραγματοποιηθεί η ενζυματική υδρόλυση της κυτταρίνης και της ημικυτταρίνης. Μεγάλος αριθμός μεθόδων προεπεξεργασίας και ενζυματικής

υδρόλυσης αναφέρεται στην βιβλιογραφία. Παρόλα αυτά καμία τεχνολογία μετατροπής δεν είναι ακόμη εγκατεστημένη ώστε να παράγονται υγρά καύσιμα σε εμπορική κλίμακα. (Τον Οκτώβριο του 2015 η DuPont/Pioneer ξεκίνησε την λειτουργία στην Nevada της Iowa, του μεγαλύτερου εργοστάσιου στον κόσμο για την παραγωγή αιθανόλης με πρώτη υλη προερχόμενη από την βιομάζα του καλαμποκιού (στέλεχος, φύλλα και άξονες). Η ικανότητα παραγωγής είναι 30 εκ gallons ανά έτος. Για την λειτουργία του απαιτούνται 375,000 tons ξηράς ουσίας βιομάζας, η οποία θα προέρχεται από μια ακτίνα 50 Km από την μονάδα παραγωγής. Η παραγωγική αυτή μονάδα δημιουργεί στην Iowa 85 μόνιμες θέσεις εργασίας και περισσότερες από 150 έκτακτες).

Είναι ευρέως αποδεκτό ότι η συγκέντρωση της κυτταρίνης και της λιγνίνης είναι οι σημαντικότεροι παράγοντες για τους γενετιστές, όσο αφορά την ικανότητα μετατροπής της βιομάζας, ωστόσο η σχέση μεταξύ λιγνίνης και πεπτικότητας των κυτταρικών τοιχωμάτων έχει δηχθεί ότι είναι αρκετά μεταβλητή και σύνθετη. Οι ιδιότητες των κυτταρικών τοιχωμάτων όπως η υδροφοβία και η ειδική σύνθεση της λιγνίνης έχουν μια σημαντική επίδραση στην ικανότητα κατεργασίας αυτής της ύλης. Η φαινοτυπική επιλογή για μικρότερη συγκέντρωση ινών και λιγνίνης καθώς και αυξημένη πεπτικότητα των ινών χρησιμοποιούνται επιτυχώς για την βελτίωση της ποιότητας των κτηνοτροφικών φυτών. Οι κατάλληλες τεχνολογίες για την αξιολόγηση της μετατροπής της βιομάζας σε υγρά καύσιμα γενικά είναι ακριβές και απαιτούν πολύ χρόνο. Η πρόβλεψη μέσω του NIR για χαρακτηριστικά όπως το Neutral Detergent Fiber (NDF), *in vitro* true digestibility (INTD), άμυλο και πρωτεΐνη χρησιμοποιούνται για την ανάλυση των δειγμάτων του ενσιρώματος και είναι ευρέως διαδεδομένα για βελτιωτικούς σκοπούς (N. de Leon and J. G. Coors, 2008).

ε) Προοπτική στην παραγωγή βιοαιθανόλης από την χρήση της Βιομάζας

Η βιομάζα του καλαμποκιού είναι ένα άφθονο ευρισκόμενο γεωργικό υπόλειμμα και αποτελεί εν δυνάμει σημαντική πηγή πρώτης ύλης για την παράγωγή βιοκαυσίμων και άλλων πηγών ενέργειας. Μεταξύ των περισσότερο υποσχόμενων προοπτικών για την χρήση της βιομάζας σαν πρώτη υλη, είναι η δυνατότητα εμπορευματοποίησης της επιπλέον του καρπού, ο οποίος είναι ήδη προϊόν με υψηλή αξία. Δεδομένου της οικονομικής σημασίας του καρπού σε παγκόσμιο επίπεδο, πρέπει να λαμβάνει χώρα η ικανότητα του φυτού να παράγει μεγάλη ποσότητα βιομάζας με υψηλή ικανότητα μετατροπής, ενώ ταυτόχρονα θα συντηρείται η επιθυμητή παραγωγικότητα σε καρπό. Διαφορετικοί γενότυποι καλαμποκιού, όπως ποικιλίες οι οποίες δεν ανθίζουν η ποικιλίες ειδικών τύπων βιομάζας είναι πιθανόν να έχουν θέση στην αγορά χωρών όπου η χρήση του καρπού είναι περιορισμένη. Ο περισσότερο εφικτός και άμεσος

στόχος ως προς την βελτίωση του καλαμποκιού για την παραγωγή βιομάζας, συνδυάζει αύξηση της απόδοσης με τροποποίηση της αρχιτεκτονικής του φυτού, την ανεκτικότητα σε υψηλή πυκνότητα σποράς, την αντοχή σε αβιοτικές καταπονήσεις, και την λήψη των θρεπτικών ουσιών. Επί πλέον η οικονομική σημασία και η εν δυνάμει ικανότητα για άμεση παραγωγή βιομάζας με σκοπό την παραγωγή βιοκαυσίμων καθιστούν το καλαμπόκι ένα φυτό πρότυπο και για τα άλλα φυτά κατάλληλα για την παραγωγή βιοενέργειας, όπως το switch grass και το Miscanthus (de Leon Natalia et al., 2013).

4.2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

4.2.1. Πειραματισμός, Αξιολόγηση, Δημιουργία και Επιλογή Βασικού Γενετικού Υλικού (2008-2010).

Ο πειραματισμός αξιολόγησης των πηγών του γενετικού υλικού (Πληθυσμοί Εμπορικά Υβρίδια κλπ) προκειμένου να δημιουργηθεί ο κατάλληλος πληθυσμός C₀ (2008-2009), αναφέρονται στο Κεφάλαιο 3 §3.1 έως 3.3, ο δε πειραματισμός και η αξιολόγηση του γενετικού υλικού (2010) στο Κεφάλαιο 3 §3.4.

4.2.2. Γενεαλογικός Αγρός 2010-2013.

Οι διαδικασίες της επιλογής του γενετικού υλικού ανά γενεά εμφανίζονται στο Κεφάλαιο 3 §3.5.

4.2.3. Πειραματισμός και Αξιολόγηση 2014

Αξιολόγηση της Αποτελεσματικότητας της Άμεσης Επιλογής.

- Για τον προσδιορισμό των τεχνολογικών χαρακτηριστικών της βιομάζας (στέλεχος, φύλλα, ταξιανθία, βράκτια, σπάδικες και καρπός) πριν την φυσιολογική ωρίμανση του καρπού, στο στάδιο κοπής του ενσιρώματος στους πειραματικούς αγρούς Θέρμης και Νέας Ζωής στις 12/08 και 08/08 αντίστοιχα συγκομίστηκαν τεσσάρα στελέχη από τις ίδιες σταθερές θέσεις για όλα τα τεμάχια (plots). Τα φυτά κόπηκαν σε ύψος περίπου 0,15 m από την επιφάνεια του εδάφους και στην συνέχεια τεμαχίστηκαν με ειδική μηχανή σε μήκος 0,05-0,2 cm. Προσδιορίστηκαν με αναλυτή υπέρυθρων (NIR) τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά ήτοι η περιεκτικότητα (%) της ξηράς ουσίας, η περιεκτικότητα (%) της ξηράς ουσίας, σε άμυλο, λιπαρά, πρωτεΐνη NDF, ADF. Το γενετικό υλικό το οποίο αξιολογήθηκε αναφέρεται στον Πίνακα 4.1.

- Κατά την εκκόκκιση του καρπού τέσσερις τυχαίοι σπάδικες από κάθε πειραματικό τεμάχιο ανά περιβάλλον κρατήθηκαν σαν δείγμα (Σύνολο δειγμάτων 48). Ο κάθε άξονας ζυγίστηκε ξεχωριστά. Οι άξονες τοποθετήθηκαν για εικοσιμία (21) ημέρες στο θερμοκήπιο του Ινστιτούτου Σιτηρών (ΕΘΙΑΓΕ) στην Θέρμη, ζυγίστηκαν εκ νέου για να υπολογιστεί η ξηρά ουσία σαν την διαφορά των

μετρήσεων. Η απόδοση των αξόνων υπολογίστηκε επί ξηράς ουσίας με αναγωγή στον αριθμό φυτών του πειραματικού αγρού.

Μετρήθηκαν το μήκος, η περίμετρος και το βάρος ενός εκάστου άξονα ώστε από την προκύπτουσα μέση τιμή ενός εκάστου των χαρακτηριστικών αυτών να υπολογιστεί ο όγκος και στην συνέχεια η πυκνότητα τους. Για τον προσδιορισμό του όγκου του άξονα χρησιμοποιήθηκε ο τύπος του όγκου του κυλίνδρου ήτοι

$V = \left(\frac{d}{2}\right)^2 * L * \pi$, όμως $\Pi = \pi * d$ $V = \left(\frac{\Pi^2}{4\pi}\right) * L$ όπου $\pi = 3.14$, $\Pi =$ περίμετρος του άξονα, $d =$ διάμετρος του άξονα, $L =$ μήκος του άξονα.

Η πυκνότητα (D) του άξονα προσδιορίστηκε από την σχέση $D = m/V$ (g/cm^3), όπου m το βάρος του άξονα (g) και V ο όγκος (cm^3), όπως προσδιορίστηκε παραπάνω.

Το γενετικό υλικό το οποίο αξιολογήθηκε αναφέρεται στο Κεφάλαιο 3 §3.6 Πίν.3.6.

Πίνακας 4.1.: Αξιολόγηση Γενετικού Υλικού Βιομάζας 2014

a/a	Γενετικό Υλικό	Κατηγορία	Έτος Απελευθέρωσης	Θέρμη	Νέα Ζωή
1	PRH3.12	Υβρίδιο	2006	✓	✓
		Ελληνικός			
2	GROP179	Αβελτίωτος Πληθυσμός	1972	✓	✓
3	C ₀	Γενεά Επιλογής C ₀	2010	✓	✓
	C ₁ H				
4	C ₁ L	Γενεά Επιλογής C ₁	2011	✓	✓
	C ₂ H				
5	C ₂ L	Γενεά Επιλογής C ₂	2012	✓	✓
	C ₃ H				
6	C ₃ L	Γενεά Επιλογής C ₃	2013	✓	✓

4.3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ, ΣΥΖΗΤΗΣΗ.

4.3.1. Πειραματισμός, Αξιολόγηση, Δημιουργία και Επιλογή Βασικού Γενετικού Υλικού (2008-2010)

Τα δεδομένα από την διαδικασία αξιολόγησης των πηγών του γενετικού υλικού (Πληθυσμοί, Εμπορικά Υβρίδια κλπ) προκειμένου να δημιουργηθεί ο κατάλληλος πληθυσμός C₀ (2008-2009), το Γενετικό Υλικό το οποίον έλαβε μέρος στην Αξιολόγηση του 2010 φαίνονται στον Πίνακα 3.4 (Κεφάλαιο 3 §3.3.2, 3.3.3) και σχολιάστηκαν στο Κεφάλαιο 3 §3.11-3.13, τα δε αποτελέσματα της συνδυασμένης ανάλυσης (ANOVA) του 2010 παρουσιάζονται στους Πίν. 3.12, 3.13, 3.14.

Η ετέρωση την οποία εμφάνισε ο επιλεγείς πληθυσμός (PRH3.12xGROP319), για την δημιουργία του βασικού πληθυσμού εκκίνησης (C₀) ως προς την μεσογονική του τιμή παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.15.

Γενεαλογικός Αγρός 2010-2013

Οι διαδικασίες της επιλογής ανά γενεά εμφανίζονται στο Κεφάλαιο 3 Πίν. 3.16, ενώ η συγκριτική παρουσίαση των δεδομένων ως προς τα χαρακτηριστικά απόδοση σε άξονες και βιομάζα εμφανίζονται στον Πίνακα 4.2.

α) Αποτελέσματα Γενεαλογικών Αγρών Αμφίπλευρης Μαζικής Επιλογής για Χαμηλή Απόδοση σε Άμυλο (ολικό άμυλο).

Η Συμπεριφορά ως προς το χαρακτηριστικό απόδοση σε άξονες παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 3 §3.13.1 Πίν. 3.18

β) Αποτελέσματα Γενεαλογικών Αγρών Αμφίπλευρης Μαζικής Επιλογής για Υψηλή Απόδοση σε Άμυλο (ολικό άμυλο).

Η Συμπεριφορά ως προς τα χαρακτηριστικά απόδοση σε άξονες και απόδοση σε βιομάζα παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 3 §3.13.2 Πίν. 3.19

4.3.2. Έμμεση Επίδραση της Αμφίπλευρης Επιλογής για Ολικό Άμυλο στα Χαρακτηριστικά της Βιομάζας

Η έμμεση επίδραση της αμφίπλευρης επιλογής με κριτήριο το ολικό άμυλο στα χαρακτηριστικά απόδοση σε άξονες και απόδοση σε βιομάζα (Correlated Response) αξιολογήθηκε στον γενεαλογικό αγρό 2010-2013 καθώς και στην τελική αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της άμεσης επιλογής το 2014.

Τα δεδομένα απόδοση σε άξονες και απόδοση σε βιομάζα ανά γενεά επιλογής εμφανίζονται στον Πίνακα 4.2.

Σύμφωνα με τα δεδομένα (Πίν. 4.2 και 3.20 (Κεφάλαιο 3)), η επιλογή για υψηλή απόδοση σε άμυλο (Ολικό άμυλο) φαίνεται να επηρεάζει ευνοϊκά την απόδοση σε άξονες.

Η μέση αύξηση (C_1H vs $C_2H+C_3H/2$) ήταν 2.24g/φυτό ήτοι 13.00%. Η συγκεκριμένη αύξηση ήταν ανάλογη με την προαναφερθείσα αύξηση για το ολικό άμυλο ήτοι 18.72 % στην έμμεση (Κεφάλαιο 3 Πίν. 3.20).

Ο συντελεστής γενετικής παραλλακτικότητας GCV κυμάνθηκε από σε υψηλά επίπεδα από 42.62 έως 62.18% και ήταν πολύ ικανοποιητικός ώστε να έχουμε αποτελεσματική επιλογή, ο δε συντελεστής κληρονομικότητας H^2 είχε επίσης υψηλές τιμές μέσα στο εύρος του χαρακτηριστικού, κυμαινόμενες από 0.56 έως 0.76 (Κεφάλαιο 3, Πίν. 3.19).

Σχετικά με την απόδοσης σε βιομάζα η αντίστοιχη αύξηση ήταν 15.06g/φυτό ήτοι 7.00% και είναι μικρότερη αλλά σύμφωνη με την αυξητική τάση η οποία αναφέρθηκε για τους άξονες.

Ο συντελεστής γενετικής παραλλακτικότητας GCV κυμάνθηκε από 0 στην C_3H γενεά έως από 45.59% και ήταν ικανοποιητικός για τις δυο πρώτες γενεές, ώστε να έχουμε αποτελεσματική επιλογή. Ο συντελεστής κληρονομικότητας H^2 είχε υψηλές τιμές, κυμαινόμενες από 0.75 έως 0.90 για τις δυο πρώτες γενεές ενώ ήταν 0 στην C_3H γενεά (Πίν. 3.19)

Τα δεδομένα αν και περιορισμένα και μόνο για τους δυο κύκλους και χωρίς τις αντίστοιχες τιμές της C_0 , παρέχουν μια ένδειξη ότι η επιλογή για ολικό άμυλο φαίνεται να έχει θετική επίδραση στους άξονες και την βιομάζα, χαρακτηριστικά τα οποία μας ενδιαφέρουν για παραγωγή βιοαιθανόλης δευτέρης γενιάς.

Η επιλογή για χαμηλή απόδοση σε άμυλο είχε μέση μείωση της απόδοσης σε άξονες (C_1H vs $C_2H+C_3H/2$) 3.00g/φυτό δηλαδή 14.18%. Πρακτικά ήταν ισοδύναμη με την παρατηρηθείσα αύξηση στην επιλογή για υψηλό άμυλο (13.00%). Ο συντελεστής γενετικής παραλλακτικότητας GCV κυμάνθηκε από 31.42 έως 47.94% και ήταν πολύ ικανοποιητικός ώστε να έχουμε αποτελεσματική επιλογή. Ο συντελεστής κληρονομικότητας H^2 είχε τιμές μέσα στο εύρος του χαρακτηριστικού, κυμαινόμενες από 0.38 έως 0.77 (Πίν. 3.18).

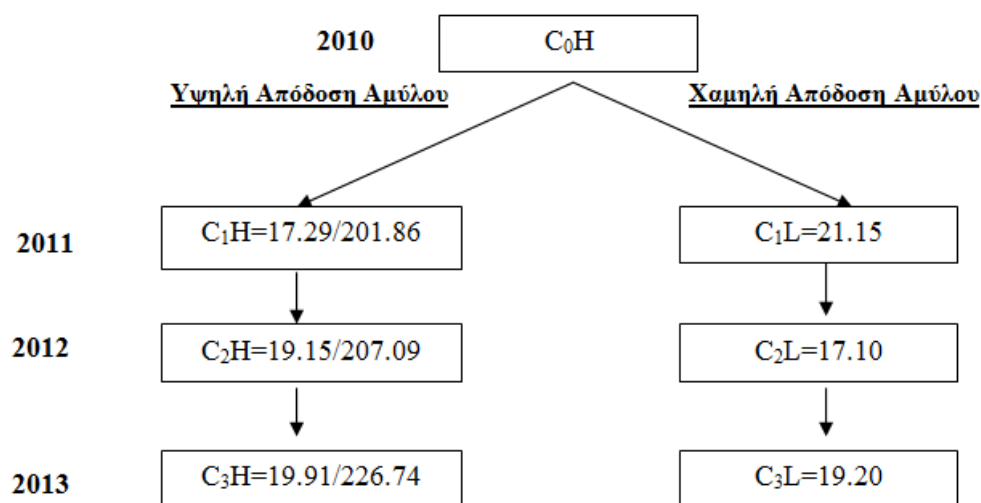
Η παρατηρηθείσα έμμεση επίδραση της επιλογής για ολικό άμυλο ήταν αναμενόμενη αφού η επιλογή για απόδοση σε άξονες είναι στενότατα συσχετισμένη με την απόδοση σε ολικό άμυλο (Κεφάλαιο 3 Πίν. 3.21) και επηρεάζει τα υπ όσιν χαρακτηριστικά.

Θα μπορούσε κανείς να υποθέσει ότι τα δεδομένα ότι αυτά αν και περιορισμένα αποτελούν μια ένδειξη ότι τα χαρακτηριστικά απόδοση σε άξονες και απόδοση σε βιομάζα θα μπορούσαν να αποτελέσουν κριτήρια αποτελεσματικής επιλογής. Όμως το ενδιαφέρον παραμένει η απόδοση σε καρπό.

4.3.3. Φαινοτυπική συσχέτιση του Χαρακτηριστικού Επιλογής (ολικό άμυλο) και των χαρακτηριστικών για την παραγωγή βιοαιθανόλης-Απόδοση σε άξονες και Απόδοση σε βιομάζα-των πληθυσμών υψηλής και χαμηλής απόδοσης σε άμυλο ανά γενεά επιλογής

Η Φαινοτυπική συσχέτιση μεταξύ του χαρακτηριστικού επιλογής και των χαρακτηριστικών απόδοση σε άξονες και σε βιομάζα τα οποία μελετήθηκαν για τους πληθυσμούς C₁, C₂ και C₃ παρουσιάζονται και σχολιάζονται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 3 §3.15, Πίν. 3.21.

Πίνακας 4.2: Δεδομένα Αγρών Επιλογής 2010-2013 ως προς τα Χαρακτηριστικά Απόδοση σε Άξονες/Απόδοση σε Βιομάζα (g/φυτό).



Στον Πίνακα 4.2 παρουσιάζονται συνοπτικά τα χαρακτηριστικά απόδοση σε άξονες και απόδοση σε βιομάζα (στέλεχος, φύλλα, βράκτια, ταξιανθία, άξονες) όπως διαμορφώθηκαν από την επίδραση της έμμεση αμφίπλευρης επιλογής σε ολικό άμυλο. Σύμφωνα με τα δεδομένα η επιλογή για υψηλή απόδοση σε ολικό άμυλο φαίνεται να επηρεάζει ευνοϊκά τη απόδοση σε άξονες (C₁H, C₂H, C₃H 17.29, 19.15, 19.91 g/φυτό, αντίστοιχα). Ανάλογη ήταν και η απόδοση σε βιομάζα (C₁H, C₂H, C₃H 201.86, 207.09 226.74 g/φυτό, αντίστοιχα). Οι τιμές και για τα δυο χαρακτηριστικά είναι επί ξηράς ουσίας.

4.3.4. Πειραματισμός 2014

Αξιολόγηση της Έμμεσης επίδρασης της Αμφίπλευρης Επιλογής με κριτήριο το Ολικό άμυλο στα Χαρακτηριστικά των Αξόνων.

Οι διαδικασίες, τα τρία αγρονομικά περιβάλλοντα και το γενετικό υλικό το οποίο συμμετείχε στην Αξιολόγηση της έμμεσης επίδρασης της Άμεσης Επιλογής ως προς τα Αγρονομικά και Αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά των Αξόνων περιγράφονται στο Κεφάλαιο 3 §3.6.1, Πίν. 3.5, 3.6 και Κεφάλαιο 4 §4.3.1.

Σύμφωνα με τα δεδομένα στη C_1 , C_2 και C_3 γενιά των πληθυσμών υψηλής και χαμηλής απόδοσης οι ομόλογοι πληθυσμοί υψηλής απόδοσης δεν διαφοροποιήθηκαν ως προς την απόδοση σε άξονες από τους αντίστοιχους της χαμηλής (υστέρησαν σε σχετική τιμή 0.04% και σε απόλυτη κατά 0.6g). Οι πληθυσμοί επίσης υψηλής και χαμηλής απόδοσης δεν διαφοροποιήθηκαν από τον αρχικό πληθυσμό C_0 παρά την υπεροχή και των δυο πληθυσμών κατά 2.17% (2.90g) και 6.52% (8.90g) αντίστοιχα. Διαφοροποιήσεις επίσης δεν υπήρχαν μεταξύ των πληθυσμών (C_3 , C_2)H vs (C_3 , C_2)L και (C_2 , C_1)H vs (C_2 , C_1)L (Πίν. 4.5 και 4.7).

Τα δεδομένα της συνδυασμένης ανάλυσης έδειξαν σημαντικές διαφορές μόνο ως προς την πυκνότητα των αξόνων. Κατά μέσο όρο οι πληθυσμοί υψηλής απόδοσης διαφοροποιήθηκαν (υστέρησαν) κατά 7.62% ήτοι 0.017 g/cm^3 από τους αντίστοιχους χαμηλής, και ίδιο ποσοστό με τον αρχικό πληθυσμό C_0 , ενώ οι πληθυσμοί της χαμηλής απόδοσης δεν παρουσίασαν καμιά απολύτως μεταβολή ως προς αυτόν. Διαφοροποιήσεις δεν υπήρχαν μεταξύ των πληθυσμών (C_3 , C_2)H vs (C_3 , C_2)L, ενώ υπήρχαν σημαντικές μεταξύ (C_2 , C_1)H vs (C_2 , C_1)L, όπου οι πληθυσμοί (C_2 , C_1)H υστέρησαν κατά 6.38% ήτοι 0.015 g/cm^3 (Πίν. 4.5 και 4.7).

Σε κανένα άλλο εξεταζόμενο χαρακτηριστικό η διαφορά μέσης τιμής των πληθυσμών υψηλής και χαμηλής απόδοσης (C_3 , C_2 , C_1)H vs (C_3 , C_2 , C_1)L δεν ήταν σημαντική. Σε όλα τα χαρακτηριστικά, η μέση τιμή των πληθυσμών (C_3 , C_2 , C_1)H υπερτερούσε αυτής των (C_3 , C_2 , C_1)L κυμαινόμενη από ως 1.0% προς στην διάμετρο έως 7.72% ως προς τον όγκο των αξόνων.

Οι πληθυσμοί της υψηλής απόδοσης σε άμυλο (C_3 , C_2)H vs (C_3 , C_2)L διαφοροποιήθηκαν με υπεροχή κατά 8.1% ως προς το μήκος και 11.73% ως προς τον όγκο των αντιστοιχών της χαμηλής.

Οι πληθυσμοί επίσης δεν μπόρεσαν σε κανένα χαρακτηριστικό να διαφοροποιηθούν ως προς τον αρχικό πληθυσμό C_0 (Πίν. 4.5 και 4.7). Ανάλογα ήταν και τα αποτελέσματα σε κάθε ένα από τα περιβάλλοντα χωριστά ένδειξη απουσίας αλληλεπίδρασης (Π.Π. 4.1, Π.Π.4.2, Π.Π.4.3).

Συνοψίζοντας τα προηγούμενα, ενώ η αμφίπλευρη επιλογή για Υψηλή και Χαμηλή απόδοση σε άμυλο ήταν αποτελεσματική (Κεφάλαιο 3 §3.16.1), η επίδραση της επιλογής εκτός από την πυκνότητα των αξόνων, στα υπόλοιπα αγρονομικά χαρακτηριστικά των αξόνων ήτοι απόδοση, διάμετρος, βάρος, μήκος και όγκος δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές και τα χαρακτηριστικά αυτά δεν ήταν ικανά να διαφοροποιήσουν τους πληθυσμούς.

Έμμεσες Επίδρασεις της Επιλογής στα Αγρονομικά Χαρακτηριστικά.

Η Επιλογή για απόδοση σε άμυλο (ολικό άμυλο) ήταν αναμενόμενο να επηρεάσει έμμεσα τα αγρονομικά και τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά των αξόνων.

Η γενεά C₃H υπερίσχυσε της C₀ ως προς την απόδοση των αξόνων κατά 19.1 kg/στρ με συνολικό κέρδος 13.88% και ανά κύκλο επιλογής 4.63%. Η διαφοροποίηση δεν ήταν σημαντική (Πίν. 4.5 και 4.6). Η συμπεριφορά είναι αναμενόμενη αφού η απόδοση σε άμυλο (ολικό άμυλο), παρουσιάζει γενετική $r_G=0.98$ και Φαινοτυπική $r_p=0.72$ συσχέτιση ως προς την απόδοση σε άξονες (Κεφάλαιο 3 Πίν. 3.28). Το μήκος αυξήθηκε κατά 10.26%, ο όγκος κατά 4.62% και το βάρος των αξόνων κατά 0.39%. Υστέρησε σε κάθε περίπτωση, μη σημαντικά ως προς την πυκνότητα (-4.17%) και την διάμετρο των αξόνων (-2.65%) (Πίν. 4.6).

Από την άλλη πλευρά η γενεά C₃L υπερίσχυσε επίσης της C₀ ως προς την απόδοση των αξόνων κατά 8.9 kg/στρ με συνολικό κέρδος 6.47% και ανά γενεά 2.16%. Η διαφοροποίηση δεν ήταν σημαντική. Αρνητικό κέρδος είχαν το μήκος κατά 0.34%, ο όγκος κατά 2.26%, και η διάμετρο των αξόνων κατά 0.99%. Το βάρος των αξόνων αυξήθηκε συνολικά κατά 0.39%. όπως και η πυκνότητα κατά -4.17% (Πίν. 4.6).

Η διακύμανση της παραλλακτικότητας κυμάνθηκε για τα εξεταζόμενα χαρακτηριστικά από ΣΠ%=3.86 για την διάμετρο (μικρότερη) έως ΣΠ%=19.49 για την απόδοση (μεγαλύτερη).

Για όλα τα χαρακτηριστικά, η διακύμανση του Γονοτύπου (G) ήταν ισχυρά σημαντική, όπως και του Περιβάλλοντος (E) (εκτός της Πυκνότητας όπου ήταν σημαντική). Η Αλληλεπίδραση (GxE) Γονοτύπου (G) και Περιβάλλοντος (E) δεν ήταν σημαντική εκτός της Διαμέτρου (όπου συμμετέχει στον επιμερισμό της φαινοτυπικής διακύμανσης κατά 12.70%, κατά πολύ μικρότερη από το 20-22% και επομένως η αξιολόγηση με βάση τον μέσο όρο είναι έγκυρη).

Στοιχεία για την εκτίμηση των συστατικών της διακύμανσης καθώς και τον επιμερισμό της φαινοτυπικής διακύμανσης μεταξύ των γονοτύπων παρουσιάζονται στον Πίν. 4.4. Ο συντελεστής κληρονομικότητας ήταν πολύ υψηλός για όλα τα χαρακτηριστικά κυμαινόμενος από H=0.627 για την Διάμετρος έως H=0.954 για το μήκος των Αξόνων (Πίν. 4.4). Οι εκτιμήσεις των συντελεστών κληρονομικότητας για

την Διάμετρο και το Μήκος των αξόνων δεν συμφωνούν με εκείνες που έχουν αναφερθεί σε παλαιότερες εργασίες (Hallauer A. R. and J. B. Miranda F., 1988), αντιθέτως οι εκτιμήσεις συμφωνούν για όλα τα χαρακτηριστικά των αξόνων με πιο πρόσφατες εργασίες (Jansen C., 2012).

Τα συστατικά της διακύμανσης και οι συντελεστές κληρονομικότητας δεν διαφέρουν ουσιαστικά μεταξύ τους, επομένως η αξιολόγηση με βάση τον μέσο όρο είναι έγκυρη, κατά συνέπεια τις απόλυτες διαφορές μεταξύ των χαρακτηριστικών μπορούμε να τις δούμε στον Πίνακα 4.5.

Ετερωτική Συμπεριφορά.

Το πληθυσμιακό υβρίδιο PRH3.12xGROP179, παρά το πολύ χαμηλότερο παραγωγικό δυναμικό του γονέα GROP179 (Ελληνικός Αβελτίωτος Πληθυσμός) σε σχέση με το υβρίδιο PRH3.12 ως προς την απόδοση σε άξονες (Κεφάλαιο 3 §3.12 Πίν. 3.12 και Κεφάλαιο 4 Πίν. 4.5 εμφάνισε F_1 PRH3.12xGROP179 στο 89.58% της μεσογονικής τιμής (MP), ίδια με αυτήν της απόδοσης σε καρπό (87.60%, §3.16.4 Πίν. 3.27) και ίδια (86.29%) με αυτήν την οποία εμφάνισε κατά τον Πειραματισμό και Αξιολόγηση του Γενετικού Υλικού (Κεφάλαιο 3 §3.12 Πίν. 3.15). Ανάλογη ήταν και η συμπεριφορά του ως προς την πυκνότητα (93.49%), την διάμετρο (100.73%), το βάρος (84.59%), το μήκος (90.36%) και τον όγκο των αξόνων (92.13%). Σύμφωνα με τα δεδομένα η ετερωτική συμπεριφορά της F_1 του PRH3.12xGROP179 ως προς τα αγρονομικά χαρακτηριστικά ήταν πρακτικά ισοδύναμα με την μεσογονική τιμή (MP) (Πίν. 4.8).

Η ομομεικτική εξασθένηση του πληθυσμιακού υβριδίου PRH3.12xGROP179, ήταν αντίστοιχη με αυτή του βελτιωμένου γενετικού υλικού PRH3.12 ως προς την απόδοση, το μήκος και τον όγκο των αξόνων. Παρατηρήθηκε να είναι μεγαλύτερη από αυτή του υβριδίου ως προς την απόδοση σε άξονες (20.95 έναντι 15.78%), και μικρότερη ως προς το μήκος (5.29 έναντι 11.09%) και τον όγκο των αξόνων (1.57 έναντι 13.98%). Δεν παρατηρήθηκε ομομεικτική εξασθένηση, σε αντίθεση με το υβρίδιο ως προς τα χαρακτηριστικά πυκνότητα, (-1.27 έναντι 10.60%), διάμετρος (-1.96 έναντι 1.86%), και βάρος αξόνων (-0.30 έναντι 23.89%) κατά την άμεση αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της επιλογής το 2014 (Πίν. 4.8).

Η ισχυρή ομομεικτική εξασθένηση είναι αποτέλεσμα υψηλής ετερωτικής έκφρασης (Coors J. C. and Lauer J. G., 2000). Η συνολική συμπεριφορά λόγω της μεγάλης διαφοράς απόδοσης των δυο γονέων του PRH3.12xGROP179 δηλώνει αθροιστική δράση ως προς την απόδοση σε άξονες ενώ θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι υφίστανται και μη αθροιστικές (επιστατικές) δράσεις η το λιγότερο πολύ ενδιαφέροντες γονιδιακοί συνδυασμοί μεταξύ του βελτιωμένου γενετικού υλικού και Ελληνικού

αβελτίωτου πληθυσμού. Η απουσία εξασθένησης στο χαρακτηριστικό πυκνότητα των αξόνων είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρονσα. Οι παραπάνω αναφορές μας οδηγούν στον συμπέρασμα ότι ο πληθυσμός χρήζει περαιτέρω διερεύνησης για Ειδική Συνδυαστική Ικανότητα ως προς τα χαρακτηριστικά αυτά.

Γενετική και Φαινοτυπική συσχέτιση χαρακτηριστικών.

Οι Φαινοτυπικές και Γενετικές συσχετίσεις μεταξύ Απόδοσης σε Καρπό και Απόδοσης σε Άξονες και τα Αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά τους εμφανίζονται στον Πίνακα 4.9. Ενδιαφέρον έχουν οι απόλυτες αλλά αναμενόμενες Γενετικές συσχετίσεις μεταξύ Απόδοσης σε Καρπό με την Απόδοση σε Άξονες και το Μήκος Αξόνων. Ενδιαφέρουσες είναι επίσης και οι Γενετικές συσχετίσεις μεταξύ Απόδοσης σε Καρπό και Όγκου και Βάρους Αξόνων. Τα δεδομένα είναι ενδεικτικά της δυνατότητας αξιοποίησης του χαρακτηριστικού Μήκος Αξόνων για την αύξηση της Απόδοσης σε Καρπό αλλά και την δυνατότητα συνδυασμού της Υψηλής Απόδοσης σε καρπό με βελτίωση του Όγκου και του Βάρους των Αξόνων. Αντίθετα η Αρνητική συσχέτιση της Απόδοσης σε Καρπό με την Διάμετρο και την Πυκνότητα φαίνεται να αποκλείει την προηγούμενη δυνατότητα.

Η Γενετική συσχέτιση μεταξύ απόδοσης σε καρπό και απόδοσης σε άξονες είναι $r_G=1.0$ υπάρχει δηλαδή ταύτιση ως προς τα δυο αυτά χαρακτηριστικά (Πίν. 4.9). Φυσιολογικά, η ταύτιση μεταξύ απόδοσης σε άξονες και απόδοσης σε καρπό είναι πιθανόν να οφείλεται στην πολύ ισχυρή συσχέτιση μεταξύ απόδοσης σε καρπό και όγκο αξόνων ($r_G=0.76$). Πολλές εργασίες αναφέρονται στην θετική συσχέτιση μεταξύ μήκους άξονα και απόδοσης σε καρπό ($r_G=1.00$), ωστόσο η βελτίωση για μεγαλύτερο μήκος δείχνει μη θετικές επιπτώσεις ως προς την απόδοση σε βάθος χρόνου (Hallauer A et al., 2004). Τύποι αξόνων με ακραία μεγάλο μήκος όπως οι *ripe corn* και οι *cholero*, επιτυγχάνουν τα μήκη αυτά σε πολύ χαμηλές πυκνότητες σποράς γεγονός που δεν συνάδει με την παραγωγή καρπού. Το βάρος των αξόνων παρουσιάζει μεγάλο δυναμικό για επιπλέον αύξηση της απόδοσης των αξόνων ($r_G=0.82$) και αυτό θα μπορούσε να διαδραματίσει έναν ρόλο κλειδί, εφόσον το κόστος της μεταφοράς και της αποθήκευσης της βιομάζας των αξόνων αποτελούν βασικές παραμέτρους για το κόστος των καυσίμων. Είναι επιθυμητή, η εκμετάλλευση των πλεονεκτημάτων της υψηλής πυκνότητας, δηλαδή η θετική (μέτρια) συσχέτιση της με την απόδοση σε άξονες ($r_G=0.12$) και η έλλειψη αρνητικών επιπτώσεων εξ αίτιας της αρνητικής (ασθενούς) συσχέτιση της ($r_G=-0.26$) με την απόδοση σε καρπό. Το γεγονός αυτό ενισχύει την προοπτική για επιλογή και ως προς την πυκνότητα των αξόνων, όταν επιλεγούμε γονοτύπους για διπλή χρήση βασισμένους στην απόδοση σε καρπό και σε άξονες

Η στενή βάση του *elite* γενετικού υλικού το οποίο χρησιμοποιείται για την αύξηση της απόδοσης σε καρπό, έδειξε μικρή διακύμανση ως προς την πυκνότητα και τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά των αξόνων, περιορίζοντας με αυτόν τον τρόπο το δυνητικό δυναμικό ενός βελτιωτικού προγράμματος καλαμποκιού για διπλή χρήση.

Έχει καταγραφεί, ανεπιτυχής χρήση των γενετικών πόρων ως προς την άμεση βελτίωση των ποσοτικών χαρακτηριστικών όπως η απόδοση σε καρπό η σε άξονες στο *elite* βελτιωτικό υλικό του καλαμποκιού. Ως εκ τούτου οι εν δυνάμει γενετικοί πόροι είναι πιθανόν να περιορίζονται σε νέα αλληλόμορφα η γονίδια τα οποία μέλλει να ταυτοποιηθούν. Η διεύρυνση του γενετικού υλικού με την προσθήκη ακραίων αρχιτεκτονικών χαρακτηριστικών των αξόνων όπως μεγάλη διάμετρος και αντοχή στην θραύση (ripe corn) η με την προσθήκη πληθυσμών οι οποίοι δημιουργήθηκαν από μακράς διάρκειας προγράμματα επιλογής (Hallauer A. R. et al., A. J. Ross, and M. Lee, 2004), είναι πιθανόν να μεταφέρουν νέα αλληλόμορφα η γονίδια για το μέγεθος του άξονα, την πυκνότητα και την βιομάζα του. Εάν οι επιδράσεις τους είναι μεγάλες ταυτοποιούνται με την χρήση QTL χαρτών και θα μπορούσαν έτσι να χρησιμοποιηθούν σε προγράμματα επαναδιασταύρωσης. Αρχικές πειραματικές διασταυρώσεις ήταν εν μέρη επιτυχείς ως προς την αύξηση της απόδοσης σε άξονες, ωστόσο παρατηρήθηκε ισχυρή αλληλεπίδραση, μεταξύ βάρους αξόνων, απόδοση σε καρπό και πυκνότητας σποράς στο υποψήφιο γενετικό υλικό στις αρχικές διασταυρώσεις των προγραμμάτων. Η Γονιδιοματική επιλογή για ποικιλίες καλαμποκιού διπλής χρήσης πιθανόν θα είναι περισσότερο επιτυχής όταν γίνεται με ταυτόχρονη επιλογή για απόδοση σε καρπό και βάρος άξονα. Η πυκνότητα των αξόνων αναμένεται να παίζει σημαντικό ρόλο για μεγαλύτερο βάρος σε άξονες στους γονότυπους εκείνους οι οποίοι έχουν υψηλό δυναμικό για απόδοση σε καρπό. Η διπλή χρήση επιπλέον υποστηρίζεται από την θετική συσχέτιση μεταξύ απόδοσης σε καρπό και βάρους αξόνων εξ αιτίας του όγκου του άξονα και της επιφάνεια, όπου βρίσκεται ο καρπός και λαμβάνει τα θρεπτικά συστατικά και νερό από το φυτό.

Για την ικανοποίηση της μελλοντικής ζήτησης για την παραγωγή ενέργειας από λιγνοκυτταρινούχο πρώτη υλη, τα επιθυμητά χαρακτηριστικά είναι μεγάλοι άξονες, μεγαλύτερη πυκνότητα, περισσότερη βιομάζα έτσι ώστε εύκολα να μπορούν να μεταφέρονται και να αποθηκεύονται. Πορώδεις άξονες μεγάλου όγκου ίσως είναι χρήσιμοι μόνο για νέες εφαρμογές όπως στρωμή για τα ζώα και μονωτικά υλικά. Η απόδοση σε άξονες μπορεί να μεγιστοποιηθεί με την αύξηση του όγκου η της πυκνότητας των αξόνων η τον συνδυασμό και των δυο (Jansen C., 2012).

Οι Φαινοτυπικές και Γενετικές συσχετίσεις των χαρακτηριστικών Μήκος, Διάμετρος, Όγκος και Βάρος Αξόνων μεταξύ τους είναι θετικές (εκτός της συσχέτισης Μήκους, Διαμέτρου όπου η γενετική είναι ασήμαντη αρνητική). (Πίν. 4.9).

Οι Φαινοτυπικές και Γενετικές συσχετίσεις του χαρακτηριστικού Όγκος Αξόνων είναι θετικές (Πίν. 4.5).

Οι εκτιμήσεις για όλα τα χαρακτηριστικά συμπίπτουν με πιο πρόσφατες εργασίες για τα χαρακτηριστικά των αξόνων (Jansen C., 2012).

Πίνακας 4.3.: Μέσα Τετράγωνα και Επιμερισμός του Συνολικού Αθροίσματος Τετραγώνων της Συνδυασμένης Ανάλυσης Παραλλακτικότητας του Γενετικού Υλικού σε τρία Αγρονομικά Περιβάλλοντα το 2014.

Πηγή Παραλλακτικότητας	Απόδοση Αξόνων Kg/στρ	Πυκνότητα Αξόνων g/cm ³	Διάμετρος Αξόνων cm	Βάρος Αξόνων gr	Μήκος Αξόνων cm	Όγκος Αξόνων cm ³
Μέσα Τετράγωνα						
Περιβάλλον (E)	13462.3**	0.003*	1.02**	909.0**	35.5**	12981.5**
Επαναλήψεις [Περιβάλλον]	3227.0*	0.0005 ^{ns}	0.02 ^{ns}	4.8 ^{ns}	1.1 ^{ns}	162.1 ^{ns}
Γονότυπος (G)	11411.1**	0.003**	0.05**	151.1**	23.6**	1384.5**
Γονότυπος x Περιβάλλον (GxE)	1315.9 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.02*	17.1 ^{ns}	1.1 ^{ns}	156.6 ^{ns}
Σφάλμα	982.4	0.001	0.01	12.8	1.0	144.9
ΣΠ%	19.49	10.28	3.86	13.37	6.35	4.63
Επιμερισμός Συνολικού Αθροίσματος Τετραγώνων						
Περιβάλλον (E)	5.5	2.4	32.4	24.0	9.6	30.7
Επαναλήψεις [Περιβάλλον]	5.9	3.0	2.7	0.6	1.3	1.7
Γονότυπος (G)	44.2	25.2	16.4	37.9	60.4	31.2
Γονότυπος x Περιβάλλον (GxE)	10.2	14.5	12.2	8.6	5.5	7.0
Σφάλμα	34.2	54.9	36.3	28.9	23.2	29.3

ns= Μη Στατιστικά Σημαντικό, * Σημαντικότητα σε Επίπεδο P=.005, **Σημαντικότητα σε Επίπεδο P=.001

Πίνακας 4.4.: Εκτίμηση των Συστατικών της Διακύμανσης και Επιμερισμός της Φαινοτυπικής Διακύμανσης των Γονοτύπων

Συστατικά Διακύμανσης	Απόδοση Αξόνων Kg/στρ	Πυκνότητα Αξόνων g/cm³	Διάμετρος Αξόνων cm	Βάρος Αξόνων gr	Μήκος Αξόνων cm	Όγκος Αξόνων cm³
$\sigma^2_{(E)}$	115.66	0.0000	0.012	11.15	0.42	156.43
σ^2_G	841.26	0.0002	0.003	11.16	1.88	102.33
$\sigma^2_{(GxE)}$	83.37	0.0000	0.002	1.08	0.02	2.92
σ^2_e	982.43	0.0006	0.013	12.79	1.01	144.9
Επιμερισμός Φαινοτυπικής Διακύμανσης	Απόδοση Αξόνων Kg/στρ	Πυκνότητα Αξόνων g/cm³	Διάμετρος Αξόνων cm	Βάρος Αξόνων gr	Μήκος Αξόνων cm	Όγκος Αξόνων cm³
$\sigma^2_{p(=100)}$	943.97	0.0002	0.0045	12.59	1.97	115.38
% σ^2_G	89.12	71.23	62.73	88.67	95.44	88.69
% $\sigma^2_{(GxE)}$	8.70	4.60	12.70	2.90	0.30	0.80
% σ^2_e	2.20	2.41	24.60	8.50	4.30	10.50

σ^2_p = Φαινοτυπική Διακύμανση, σ^2_E = Διακύμανση Περιβάλλοντος, σ^2_G = Διακύμανση Γονότυπων, $\sigma^2_{(GxE)}$ =Διακύμανση Αλληλεπίδρασης, σ^2_e = Διακύμανση Σφάλματος

Πίνακας 4.5: Αξιολόγηση της Έμμεσης Επίδρασης της Αμφίπλευρης Επιλογής, για Απόδοση σε Αμυλο στα Χαρακτηριστικά του Άξονα, σε τρία Αγρονομικά Περιβάλλοντα (2014).

Ποικιλίες Γενεές Επιλογής	Απόδοση Άξόνων kg/στρ	Πυκνότητα Άξόνων g/cm ³	Διάμετρος Άξόνων cm	Βάρος Άξόνων gr	Μήκος Άξόνων cm	Όγκος Άξόνων cm ³
C ₀	137.6	0.24	3.02	25.4	14.72	106.1
C _{1syn0H}	137.1	0.24	3.02	26.2	15.23	109.3
C _{1syn0L}	135.8	0.25	3.02	27.1	15.31	109.8
C _{1H}	121.9	0.22	2.94	21.8	14.81	101.2
C _{1L}	153.0	0.23	2.97	23.8	15.09	104.6
C _{2syn0H}	164.2	0.23	3.05	26.6	15.73	115.2
C _{2syn0L}	136.7	0.24	3.08	25.2	14.25	106.8
C _{2H}	142.9	0.22	3.12	26.7	15.95	121.8
C _{2L}	140.2	0.24	2.94	24.6	14.91	101.8
C _{3syn0H}	165.1	0.24	3.04	27.6	15.80	115.5
C _{3syn0L}	156.8	0.24	2.93	25.0	15.40	104.3
C _{3H}	156.7	0.23	2.94	25.5	16.23	111.0
C _{3L}	146.5	0.25	2.99	25.5	14.67	103.7
C _{4syn0H}	171.2	0.25	2.96	29.1	16.97	118.3
C _{4syn0L}	148.6	0.26	2.92	25.5	14.85	99.9
MO	160.79	0.24	2.98	26.73	15.83	111.25
ΕΣΔ	25.26	0.02	0.11	3.53	1.03	11.88
PRH3.12	223.82	0.283	2.900	35.452	18.858	124.798
PRH3.12_{F2}	188.51	0.253	2.846	26.983	16.766	107.353
PRH3.12xGROP179	174.07	0.237	2.962	25.325	15.542	107.791
GROP179	164.83	0.224	2.981	24.425	15.543	109.191
H3.13	250.21	0.250	3.061	36.738	19.881	146.762

Πίνακας 4.6.: Παραγωγική Συμπεριφορά των Κύκλων Επιλογής για Υψηλή και Χαμηλή Απόδοση σε Άμυλο (Ολικό άμυλο) ως προς τα αγρονομικά και αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά των αξόνων σε τρία Αγρονομικά Περιβάλλοντα (2104)

1. Υψηλή Απόδοση σε Άμυλο (Ολικό άμυλο)

Ποικιλίες Γενεές Επιλογής	Απόδοση Αξόνων kg/στρ	Πυκνότητα Αξόνων g/cm ³	Διάμετρος Αξόνων cm	Βάρος Αξόνων gr	Μήκος Αξόνων cm	Όγκος Αξόνων cm ³
C ₀	137.6	0.24	3.02	25.4	14.72	106.1
C ₁ H	121.9	0.22	2.94	21.8	14.81	101.2
C ₂ H	142.9	0.22	3.12	26.7	15.95	121.8
C ₃ H	156.7	0.23	2.94	25.5	16.23	111.0
Συνολικό Κέρδος (%)	13.88	-4.17	-2.65	0.39	10.26	4.62
Κέρδος/ Γενεά (%)	4.63	-1.39	-0.88	0.13	3.42	1.54

2. Χαμηλή Απόδοση σε Άμυλο (Ολικό άμυλο)

C ₀	137.6	0.24	3.02	25.4	14.72	106.1
C ₁ L	153.0	0.23	2.97	23.8	15.09	104.6
C ₂ L	140.2	0.24	2.94	24.6	14.91	101.8
C ₃ L	146.5	0.25	2.99	25.5	14.67	103.7
Συνολικό Κέρδος (%)	6.47	4.17	-0.99	0.39	-0.34	-2.26
Κέρδος/ Γενεά (%)	2.16	1.39	-0.33	0.13	-0.11	-0.75

Πίνακας 4.7.: Επιλεγμένες Συγκρίσεις ενός βαθμού Ελευθερίας για τους Κύκλους Επιλογής με βάση την Παραγωγική Συμπεριφορά του Γενετικού Υλικού σε τρία Αγρονομικά Περιβάλλοντα (2014).

Κύκλοι Επιλογής	Απόδοση Αξόνων Kg/στρ	Πυκνότητα Αξόνων g/cm ³	Διάμετρος Αξόνων cm	Βάρος Αξόνων gr	Μήκος Αξόνων cm	Όγκος Αξόνων cm ³
(C ₃ C ₂ C ₁)H vs C ₀	140.50vs137.6 ^{ns}	0.22vs0.24*	3.0vs3.02 ^{ns}	24.67vs25.40 ^{ns}	15.14vs14.72 ^{ns}	111.33vs106.1 ^{ns}
(C ₃ C ₂ C ₁)L vs C ₀	146.57vs137.6 ^{ns}	0.24vs0.24 ^{ns}	2.97vs3.02 ^{ns}	24.63vs25.40 ^{ns}	14.89vs14.72 ^{ns}	103.37vs106.1 ^{ns}
(C ₃ C ₂ C ₁)H vs (C ₃ C ₂ C ₁)L	140.50vs146.57 ^{ns}	0.22vs0.24*	3.0vs2.97 ^{ns}	24.67vs24.63 ^{ns}	15.14vs14.89 ^{ns}	111.33vs.103.37 ^{ns}
(C ₂ C ₁)H vs (C ₂ C ₁)L	132.4vs146.6 ^{ns}	0.22vs0.235*	3.03vs2.96 ^{ns}	24.25vs24.20 ^{ns}	15.38vs15.0 ^{ns}	111.5vs103.2*
(C ₃ C ₂)H vs (C ₃ C ₂)L	149.8vs143.4 ^{ns}	0.235vs0.245 ^{ns}	3.03vs2.97 ^{ns}	26.1vs25.05 ^{ns}	16.09vs14.79 ^{**}	116.4vs102.7*
C _{1syn0} H vs C _{1syn0} L	137.1vs135.8 ^{ns}	0.24vs0.25 ^{ns}	3.02vs3.02 ^{ns}	26.2vs27.1 ^{ns}	15.23vs15.31 ^{ns}	109.3vs109.8*
C _{2syn0} H vs C _{2syn0} L	164.2vs136.7*	0.23vs0.24 ^{ns}	3.05vs3.08 ^{ns}	26.6vs25.2 ^{ns}	15.73vs14.25*	115.2vs106.8 ^{ns}
C _{3syn0} H vs C _{3syn0} L	165.1vs158.6 ^{ns}	0.24vs0.24 ^{ns}	3.04vs2.93*	27.6vs25.0 ^{ns}	15.80vs15.40 ^{ns}	115.5vs104.3 ^{ns}
C _{4syn0} H vs C _{4syn0} L	171.2vs148.6*	0.25vs0.26 ^{ns}	2.96vs2.92 ^{ns}	29.1vs25.5*	16.97vs14.85 ^{**}	118.3vs99.9 ^{**}

Πίνακας 4.8.: Ετερωτική Συμπεριφορά και Ομομεικτική Εξασθένηση Βασικού Γενετικού Υλικού. (2010, 2014)

Έτος	Ομομεικτική Εξασθένηση (%)						
Γενετικό Υλικό	Απόδοση Αξόνων kg/στρ	Πυκνότητα Αξόνων g/cm ³	Διάμετρος Αξόνων cm	Βάρος Αξόνων g	Μήκος Αξόνων cm	Όγκος Αξόνων cm ³	
	PRH3.12	223.82	0.28	2.90	35.45	18.86	124.80
2014	PRH3.12 _{F2}	188.51	0.25	2.85	26.98	16.77	107.35
		15.78	10.60	1.86	23.89	11.09	13.98
	PRH3.12xGROP179 _{F1}	174.07	0.24	2.96	25.33	15.54	107.79
2014	PRH3.12xGROP179 _{F2}	137.60	0.24	3.02	25.40	14.72	106.10
		20.95	-1.27	-1.96	-0.30	5.29	1.57
Ετερωτική Συμπεριφορά (%)							
	P ₁ = PRH3.12	223.82	0.28	2.90	35.45	18.86	124.80
	P ₂ =GROP179	164.83	0.22	2.98	24.43	15.54	109.19
2014	H ₁ (MP)	194.33	0.25	2.94	29.94	17.20	116.99
	PRH3.12xGROP179	174.07	0.24	2.96	25.33	15.54	107.79
	H ₁ (MP)%	89.58	93.49	100.73	84.59	90.36	92.13
2010	H ₁ (MP)%	86.29					

Πίνακας 4.9.: Γενετικές και Φαινοτυπικές Συσχετίσεις Αγρονομικών Χαρακτηριστικών

Χαρακτηριστικά Αξόνων	Απόδοση Καρπού	Απόδοση Αξόνων	Πυκνότητα Αξόνων g/cm ³	Μήκος Αξόνων cm	Διάμετρος Αξόνων cm	Όγκος Αξόνων cm ³	Βάρος Αξόνων gr	
Γενετική Συσχέτιση (r _G)								
Φαινοτυπική Συσχέτιση (r _p)	Απόδοση Καρπού		1.00	-0.26	1.00	-0.15	0.76	0.65
	Απόδοση Αξόνων	0.74		0.12	0.98	-0.23	0.70	0.82
	Πυκνότητα Αξόνων g/cm ³	-0.09	0.23		-0.21	-0.48	-0.43	0.19
	Μήκος Αξόνων cm	0.09	0.71	-0.10		-0.01	0.85	0.79
	Διάμετρος Αξόνων cm	0.05	-0.07	-0.31	0.01		0.53	0.26
	Όγκος Αξόνων cm ³	0.73	0.50	-0.27	0.77	0.64		0.81
	Βάρος Αξόνων gr	0.61	0.63	0.42	0.66	0.38	0.76	

Αξιολόγηση της Αποτελεσματικότητας της Άμεσης Επιλογής ως προς τα Χαρακτηριστικά της Βιομάζας του Καλαμποκιού.

Ο Όρος βιομάζα του καλαμποκιού στην παρούσα εργασία αναφέρεται στα τμήματα στέλεχος, φύλλα, ταξιανθία, βράκτια, σπάδικες και καρπός του φυτού.

Η Αξιολόγηση έγινε σε δυο αγρονομικά περιβάλλοντα και οι διαδικασίες υλοποίησης τους περιγράφονται στο Κεφάλαιο 3 §3.6.1, Πίν. 3.5, 3.6 ενώ και το γενετικό υλικό το οποίο συμμετείχε περιγράφεται στο Κεφάλαιο 4§4.3.1 και στον Πιν 4.1

Τα δεδομένα από την Ανάλυση Παραλλακτικότητας εμφανίζονται στον Πίν 4.10. Με βάση αυτόν, οι Κύκλοι Επιλογής (Γονότυποι) δεν διαφοροποιήθηκαν (Διακύμανση μη Σημαντική), ενώ δεν παρατηρήθηκε και σημαντική αλληλεπίδραση Γονοτύπου και Περιβάλλοντος.

Σύμφωνα με τα δεδομένα της εκτίμησης των συστατικών και του επιμερισμού της Φαινοτυπικής διακύμανσης των γονοτύπων Πίν 4.11, από τα στοιχεία ποιότητας της Βιομάζας, η Ξηρά Ουσία και η περιεκτικότητα σε Πρωτεΐνη φαίνεται να είναι τα μόνα στα οποία οι γενετικές επιδράσεις συμβάλλουν στην Φαινοτυπική διακύμανση περίπου 50%.

Η μέση παραγωγική συμπεριφορά των τεχνολογικών χαρακτηριστικών της Βιομάζας δίνονται αναλυτικά στον Πίν 4.12 και συνοπτικά στον Πίν 4.14. Τα δεδομένα αυτά δεν μας δείχνουν σημαντικές διαφορές όπως προκύπτει από τις συγκρίσεις του Πίνακα 4.12. Αναλυτικά ανά περιβάλλον στο Παράρτημα (Π.Π.4.4, Π.Π.4.5.).

Έμμεσες Επιδράσεις της Επιλογής στα Αγρονομικά Χαρακτηριστικά.

Υπάρχουν πάρα πολλές ομοιότητες μεταξύ της βελτίωσης του καλαμποκιού ως προς την τελική επίδοση του ενσιρώματος, με σκοπό την παραγωγή γάλακτος και την βελτίωση της ποιότητας της πρώτης ύλης για την παραγωγή αιθανόλης. Όπως η πεπτικότητα των κυτταρικών τοιχωμάτων λαμβάνεται υπόψη στην ποιότητα του ενσιρώματος, κατά τον ίδιο τρόπο λαμβάνεται υπόψη, η ικανότητα μετατροπής των υδατανθράκων των κυτταρικών τοιχωμάτων σε αιθανόλη, με σκοπό την μεγιστοποίηση οικονομικά της διαθέσιμης ενέργειας από κυτταρινούχα ύλη.

Η επαναληψιμότητα της απόδοσης της αιθανόλης είναι υψηλή και το γεγονός αυτό σημαίνει ότι το χαρακτηριστικό επιδέχεται εύκολα γενετική βελτίωση (Συντελεστής κληρονομικότητας υπό ευρεία έννοια για την θεωρητική παραγωγή αιθανόλης από Βιομάζα Κεφάλαιο 2§2.7.6 Πίν. 2.10, (A. J. Lorenz and J. G. Coors, 2008).

Οι υδατάνθρακες της βιομάζας αποτελούν την βασική πηγή ενέργειας των μηρυκαστικών. Η κυριότερη πηγή υδατανθράκων του ενσιρώματος είναι το κλάσμα του αμύλου των κυτταρικών τοιχωμάτων το οποίο γίνεται διαθέσιμο στα ζώα από μια σύνθετη κοινωνία αναερόβιων μικροοργανισμών τα οποία εδρεύουν στο

γαστρεντερικό σωλήνα. Οι υψηλά αποδομούμενες ενώσεις (άμυλο και άπλα σάκχαρα) καθώς και οι λιγότερο διασπώμενοι υδατάνθρακες μετατρέπονται σε πτητικά λιπαρά οξέα και προσροφώνται δια μέσου των τοιχωμάτων του στομάχου. Η ενέργεια η οποία υπερβαίνει την απαιτούμενη για την υγεία του ζώου, χρησιμοποιείται από αυτό για την παραγωγή γάλακτος.

Η σχέση μεταξύ ποικιλιών κατάλληλων για ενσίρωμα και για παραγωγή αιθανόλης είναι προφανής διότι και στις δυο περιπτώσεις χρειάζεται να μεγιστοποιήσουμε την συνολική διαθέσιμη ενέργεια της βιομάζας η οποία θα μετατραπεί στο ζητούμενο προϊόν δια μέσου της δράσης των μικροοργανισμών (A. J. Lorenz and J. G. Coors, 2008).

Η Αύξηση της απόδοσης και η αύξηση της πεπτικότητας των κυτταρικών τοιχωμάτων, είναι τα σημεία στα οποία δίνεται έμφασης στα βελτιωτικά προγράμματα του ενσιρώματος, αυτά θα μεταφραστούν σαν άμεση βελτίωση της πρώτης ύλης για την παραγωγή αιθανόλης (Lorenz and Coors 2008) (Gustafson T. J. et al., 2010).

Για να καταστεί η βιομάζα του καλαμποκιού περισσότερο αποτελεσματική για την παραγωγή αιθανόλης, οι βελτιωτές του καλαμποκιού πρέπει να επικεντρωθούν στην

- ✓ Αύξησης της απόδοσης
- ✓ Αύξηση της συνεισφοράς των υδατανθράκων των κυτταρικών τοιχωμάτων οι οποίοι μετατρέπονται σε αιθανόλη και

Αύξηση της προσβασιμότητας σε αυτούς τους υδατάνθρακες (Gustafson T. J. et al., 2010).

- ✓ Στο παρόν κεφάλαιο παρά το γεγονός ότι η απόδοση είναι το σημαντικότερο χαρακτηριστικό θα εστιάσουμε στην ποιότητα της πρώτης ύλης και θα αναφερθούμε στους γενετικούς δείκτες των χαρακτηριστικών τα οποία αποτελούν την δομή της βιομάζας και σχετίζονται με την παραγωγή αιθανόλης.

Ο καρπός στο ενσίρωμα αποτελεί το 40-45% της συνολικής ξηράς ουσίας, το άμυλο, το οποίο είναι η σημαντικότερη συνιστώσα του καρπού αποτελεί δε πηγή υψηλής ενεργείας και παλαιότερα εθεωρείτο ότι οι παραγωγικότερες ποικιλίες καρπού είναι επίσης άριστες για το ενσίρωμα. Ωστόσο τώρα γνωρίζουμε ότι αυτό δεν είναι αλήθεια εξ αιτίας της παραλλακτικότητας στην πεπτικότητα του NDF και συνεπώς στο ποσό της ενεργείας το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί από αυτό το σημαντικό κλάσμα.

Η υψηλή ποιότητα είναι επιθυμητή στις ποικιλίες ενσιρώματος για την μεγιστοποίηση της ποσότητας του γάλακτος το οποίο μπορεί να παραχθεί ανά 1tn ενσιρώματος. Αυτό επηρεάζεται από το συνολικό ποσό τη διαθέσιμης ενεργείας και το δυναμικό της προσλαμβανόμενης ξηράς ουσίας του ενσιρώματος.

Η προσλαμβανόμενη ξηρά ουσίας ορίζεται ως το ποσόν το ενσιρώματος το όποιον ένα ζώο μπορεί να καταναλώσει σε ορισμένη μονάδα χρόνου. Η τιμή της ενέργειας του ενσιρώματος των κτηνοτροφικών φυτών στα οποία περιλαμβάνεται και το καλαμπόκι προσδιορίζεται με την μέτρηση του ADF. Η αρνητική συσχέτιση του ADF (κυτταρίνη, λιγνίνη και στερεά) με την πεπτικότητα είναι μεγάλη και αυτό οφείλεται στους περιορισμούς τους οποίους δημιουργεί η παρουσία της λιγνίνης, στην αποδόμηση των κυτταρικών τοιχωμάτων (A. J. Lorenz and J. G. Coors, 2008).

Η παραγωγή της αιθανόλης βρίσκεται υπό ανάπτυξη και είναι πιθανόν να μην υπάρχει μόνο μια καθορισμένη τεχνολογία για την οικονομικότητα της παραγόμενης ενέργειας, η οποία τεχνολογία θα συνδυάζει την σύνθεση και την ικανότητα αποικοδόμηση των υδατανθράκων των κυτταρικών τοιχωμάτων και η οποία θα επιτρέψει στους βελτιωτές να ακολουθήσουν μια διαδικασία για την συνολική βελτίωση της βιομάζας ανάλογη με αυτήν του ενσιρώματος. Όπως αναφέρθηκε ο ρυθμός της πέψης επηρεάζει την διαθέσιμη ενέργεια στο ενσίρωμα, κατά τον ίδιο τρόπο ο ρυθμός της αποικοδόμησης των υδατανθράκων των κυτταρικών τοιχωμάτων και η μετατροπή τους σε αιθανόλη, επιδρά στο κόστος της πρώτης ύλης και συνεπώς στην οικονομικότητα των μονάδων παραγωγής.

Η εκτίμηση της τιμής των θρεπτικών συστατικών (NDF, ADF, άμυλο, πρωτεΐνη) γίνεται εύκολα μέσω του NIR, οι τιμές του οποίου χρησιμοποιούνται σε βελτιωτικά προγράμματα. Η ταυτοποίηση και η γενετική βελτίωση των ποικιλιών εκείνων των οποίων η βιομάζα διακρίνεται για μεγαλύτερη χημική και ενζυμική ικανότητα μετατροπής, θα μπορούσαν να έχουν καλλίτερη τιμή από εκείνες οι οποίες περιέχουν μεγαλύτερη συγκέντρωση υδατανθράκων αλλά είναι δύσκολο να τους μεταχειριστούμε.

Η γενετική βελτίωση της συγκέντρωσης των υδατανθράκων και του κόστους μετατροπής θα συνεισφέρει καθοριστικά στην συνολική ικανότητα παραγωγής αιθανόλης στο μέλλον. Αυτήν την περίοδο η ανάπτυξη και βελτίωση της πρώτης ύλης για την παραγωγή αιθανόλης είναι ευθέως ανάλογη με αυτήν του ενσιρώματος.

Στους πληθυσμούς υψηλής και χαμηλής απόδοσης σε άμυλο, η ποσοστιαία μεταβολή της ξηράς ουσίας ήταν μεγαλύτερη από τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά της βιομάζας (Πίν. 4.14). Το γεγονός αυτό ερμηνεύεται ότι στην ταυτόχρονη βελτίωση για απόδοση και ποιοτικά χαρακτηριστικά της βιομάζας πρέπει να δοθεί μεγαλύτερη βαρύτητα στην απόδοση από ότι στη ποιότητα.

Στους πληθυσμούς υψηλής απόδοσης σε άμυλο, η γενεά C₃H υπερίσχυσε της C₀ ως προς την περιεκτικότητα σε άμυλο και ως προς την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη. Η γενεά C₃H υστέρησε ως προς τις παραμέτρους NDF, ADF και NDF-ADF παρουσιάζοντας συνολικό αρνητικό κέρδος.

Καμία από τις παραπάνω διαφοροποιήσεις δεν ήταν σημαντική (Πίν. 4.14, 4.13). Οι εκτιμήσεις και συμφωνούν με εκείνες που έχουν αναφερθεί σε άλλες εργασίες (Frey T. et al., 2004; Gustafson T. J. et al., 2010).

Στην γενεά C₃H παρατηρήθηκε αύξηση στην ποιότητα (αύξηση ξηράς ουσίας και περιεκτικότητας αμύλου) της συνολικής βιομάζας, η οποία προέρχεται κυρίως από την αύξηση της συνεισφοράς του καρπού σε σχέση με τον αρχικό πληθυσμό C₀ κατά 21.46% (Κεφάλαιο 3 §3.16.2 Πίν. 3.25).

Παρά το γεγονός ότι δεν έχουμε στοιχεία για την απόδοση της βιομάζας κατά την άμεση αξιολόγηση, ανατρέχοντας στην έμμεση αξιολόγηση (κύκλοι επιλογής) βλέπουμε (Κεφάλαιο 3 §3.13.2.4 Πίν. 3.19) ότι έχουμε αύξηση στην απόδοση της βιομάζας (χωρίς τον καρπό) κατά την συγκομιδή στην φυσιολογική ωρίμανση του καρπού από την C₁H στην C₃H κατά 10.97%, ενώ η αντίστοιχη του καρπού είναι 16.83% (Κεφάλαιο 3 §3.14 Πίν. 3.20). Στους κύκλους επιλογής του γενετικού υλικού (2011-2013), από τους πληθυσμούς υψηλής απόδοσης σε άμυλο προκειμένου να προσδιοριστεί η βιομάζα, επιλέγει το 10% των φυτών ανά τεμάχιο με τους βαρύτερους σπάδικες (καρπός και άξονας) και καταγράφηκε το βάρος (kg) της βιομάζας (στελέχους, φύλλων, βρακτίων και αξόνων) (Κεφάλαιο 3 §3.5.3.2-4).

Στον πληθυσμό C_{1syn0}H, το 71% των φυτών προέρχεται από κοινή επιλογή κριτήριων επιλογής (Κεφάλαιο 3 §3.5.2) και φυτών ανά τεμάχιο με τους βαρύτερους σπάδικες, ενώ για τους πληθυσμούς C_{2syn0}H και C_{3syn0}H τα ποσοστά ήταν 77% και 81% αντίστοιχα, έχουμε συνεπώς την δυνατότητα να εκτιμήσουμε ότι θα υπήρχε και ανάλογη αύξηση σε απόδοση της βιομάζας. Η αξιολόγηση της απόδοσης σε βιομάζα στους κύκλους επιλογής στο στάδιο της φυσιολογικής ωρίμανσης του καρπού, έγινε για να εξεταστεί εάν ο πληθυσμός αποτελεί εν δυνάμει πηγή γενετικού υλικού για την παραγωγή λιγνοκυταρινούχου αιθανόλης.

Η αύξηση του συνολικού αμύλου επέδρασε στην αύξηση της ποιότητας του ενσιρώματος. Η απόδοση σε καρπό και σε άξονες όπως μετρήθηκαν κατά την φυσιολογική ωρίμανση του καρπού (αύξηση καρπού από C₀ σε C₃H κατά 21.46%, και των αξόνων κατά 13.89% Κεφάλαιο 3 Πίν. 3.25) μας παρέχουν την ένδειξη ότι η αύξηση της περιεκτικότητας του συνολικού αμύλου οφείλεται κυρίως στην αύξηση της απόδοσης σε καρπό.

Η συνολική πρωτεΐνη παρουσίασε ελαφρά αύξηση 0.79% από την C₀ στην C₃H, εάν λάβουμε υπ όψιν ότι τα ζώα γαλακτοπαραγωγής απαιτούν στο διαιτολόγιο τους συνολική πρωτεΐνη 17% η οποία στο ενσίρωμα του καλαμποκιού πρέπει να συμπληρώνεται, είναι προφανές ότι η σταθερότητα της περιεκτικότητας είναι θετικό στοιχείο για τον εξεταζόμενο πληθυσμό ως προς την χρήση του για ενσίρωμα.

Η συνολική ενέργεια των κτηνοτροφικών φυτών στα οποία περιλαμβάνεται και το καλαμπόκι προσδιορίζεται από την τιμή του ADF (Κυτταρίνη, Λιγνίνη). Η αρνητική συσχέτιση του με την πεπτικότητα είναι μεγάλη και αυτό οφείλεται στους περιορισμούς τους οποίους δημιουργεί η παρουσία της λιγνίνης. Από την C₀ στην C₃H επιτύχαμε μείωση του χαρακτηριστικού αυτού κατά 0.57% (A. J. Lorenz and J. G. Coors, 2008).

Συνδυάζοντας τα αποτελέσματα Κεφάλαιο 3 §3.14 Πίν. 3.20 με τα αντίστοιχα του Πίνακα 4.14 (Κεφάλαιο 4) συμπεραίνουμε ότι έχουμε αλλαγή/αύξηση και βελτίωση της πεπτικότητας και της μετατρεψιμότητας των υδατανθράκων των κυτταρικών τοιχωμάτων της βιομάζας τόσο για την παραγωγή γάλακτος όσο και για την παραγωγή λιγνοκυταρινούχου βιοαιθανόλης (Αύξηση ξηράς ουσίας, αύξηση περιεκτικότητας ολικού αμύλου, μείωση NDF, και ADF) στο στάδιο του ενσιρώματος. Η Αλλαγή αυτή οφείλεται στην αύξηση της περιεκτικότητας του

καρπού όπως προκύπτει από την μεταβολή της αναλογίας $C0 = \left(\frac{\text{Αποδοση αξόνων}}{\text{Αποδοση Καρπου}} \right) = 17,68\%$ ενώ στην $C3H = \left(\frac{\text{Αποδοση αξόνων}}{\text{Αποδοση Καρπου}} \right) = 16,58\%$ (Κεφάλαιο 3 §3.16 Πίν. 3.25)

και όχι από την αύξηση των αξόνων (Ανάλογες μεταβολές στην παραπάνω αναλογία παρατηρήθηκαν και στους κύκλους επιλογής C₁H=15.61% και C₃H=11.99% Πίν. 3.20).

Ο πληθυσμός της C₃H σε σχέση με το υβρίδιο μάρτυρα PRH3.12, υστερεί ως προς την απόδοση σε καρπό κατά 33%, την περιεκτικότητα σε άμυλο κατά 0.02%, την απόδοση σε βιομάζα κατά 8% (έμμεση αξιολόγηση) και υπερτερεί ως προς την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη κατά 0.04% (στάδιο φυσιολογικής ωρίμανσης του καρπού Πίν. 3.24).

Η επίδοση του τελευταίου κύκλου επιλογής ως προς τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά μας παρέχει την ένδειξη (λόγο κυρίως της διατήρησης της περιεκτικότητας της πρωτεΐνης) ότι ο πληθυσμός αποτελεί μια εν δυνάμει πηγή για την ανάπτυξη σειρών ενσιρώματος με καλή στοιχειομετρική ποιότητα, λαμβάνοντας υπόψη ότι η αύξηση της πεπτικότητας της βιομάζας παραμένει το κλειδί για την βελτίωση του ενσιρώματος εξ αιτίας της θετικής επίδρασης στην λήψης της ξηράς ουσίας (στάδιο κοπής ενσιρώματος Πίν. 4.12).

Είναι ενδιαφέρον το γεγονός ότι η συσχέτιση μεταξύ καρπού και βιομάζας τείνει να είναι θετική, και γενικά μικρή (Wolf H. G. et al., 1993; Pedersen J. F., 1996; Grieder C. et al., 2012) (Κεφάλαιο 2 §2.8. Πίν. 2.8).

Από την άλλη πλευρά η επίδοση του πληθυσμού της C₃H ως προς το υβρίδιο μάρτυρα PRH3.12 για την παραγωγή λιγνοκυταρινούχου αιθανόλης υστερεί ως προς την απόδοση των αξόνων κατά 30%, ως προς την συνολική βιομάζα κατά 8% (έμμεση αξιολόγηση), στο στάδιο της φυσιολογικής ωρίμανσης του καρπού ενώ υπερτερεί κατά 0.01% σε συνολικό άμυλο και 0.02% σε συνολικές πρωτεΐνες στο στάδιο κοπής του ενσιρώματος (Πίν. 4.12).

Η Υστέρηση της απόδοσης σε βιομάζα (άξονες και στέλεχος) ακόμη και σε σχέση με υβρίδιο μάρτυρα με παραγωγική κατεύθυνση τον καρπό μας παρέχει την ένδειξη ότι ο πληθυσμός αυτός δεν αποτελεί μια εν δυνάμει πηγή για την ανάπτυξη σειρών για την παραγωγή λιγνοκυταρινούχου αιθανόλης.

Ένα διαφορετικό σχήμα επιλογής το οποίο να βασίζεται στην άμεση επιλογή για αύξηση σε απόδοση της βιομάζας και σε μετατρεψιμότητα των υδατανθράκων θα χρειαστεί για να πετύχουμε βελτίωση της παραγωγής.

Τα Stiff Stalk και Non Stiff Stalk βελτιωτικά σχήματα τα οποία χρησιμοποιούνται για την παραγωγή καρπού δεν είναι άριστα για την απόδοση σε βιομάζα (Κεφάλαιο 1 §1.3 Σχήμα 2).

Από την άλλη πλευρά η γενεά C₃L υστέρησε της C₀ παρουσιάζοντας συνολική μείωση ως προς την περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία ως προς την περιεκτικότητα σε άμυλο, και ως προς την περιεκτικότητα σε ADF. Η γενεά C₃L υπερίσχυσε της C₀ ως προς τις παραμέτρους NDF, NDF-ADF και περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη. Μόνο η διαφοροποίηση ως προς την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη ήταν σημαντική (Πίν. 4.13, 4.14). Η διακύμανση της παραλλακτικότητας κυμάνθηκε για τα εξεταζόμενα χαρακτηριστικά σε χαμηλά επίπεδα (Πίν. 4.10). Για όλα τα χαρακτηριστικά, η διακύμανση του Γονοτύπου (G) δεν ήταν σημαντική. Η διακύμανση του Περιβάλλοντος (E) ήταν σημαντική για τα χαρακτηριστικά, Περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία, NDF, ADF και περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη. Η Αλληλεπίδραση (GxE), (Γονοτύπου (G) και Περιβάλλοντος (E)) δεν ήταν σημαντική για κανένα χαρακτηριστικό (Πίν. 4.10).

Στοιχεία για την εκτίμηση των συστατικών της διακύμανσης καθώς και τον επιμερισμό της φαινοτυπικής διακύμανσης μεταξύ των γονοτύπων παρουσιάζονται στον Πίν. 4.11.

Ετερωτική Συμπεριφορά.

Το πληθυσμιακό υβρίδιο PRH3.12xGROP1791_{F1}, εμφάνισε F₁ στο 104.80% της μεσογονικής τιμής (MP), ως προς την περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία, στο 107.15% ως προς την περιεκτικότητα σε άμυλο και 97.16% ως προς την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη. Ταυτόχρονα η ετερωτική συμπεριφορά της F₁ ως προς την μεσογονικής τιμής (MP), ήταν 90.10% για το NDF, 99.58% για το ADF και 80.69% για την περιεκτικότητα της ημικυτταρίνης (NDF-ADF) Πίν. 4.15.

Πίνακας 4.10.: Μέσα Τετράγωνα και Επιμερισμός του Συνολικού Αθροίσματος Τετραγώνων της Συνδυασμένης Ανάλυσης Παραλλακτικότητας του Γενετικού Υλικού σε δυο Αγρονομικά Περιβάλλοντα το 2014.

Πηγή Παραλλακτικότητας	Ξηρα Ουσία %	NDF % ξ.ο.	ADF % ξ.ο.	NDF-ADF % ξ.ο.	Άμυλο % ξ.ο.	Πρωτεΐνη % ξ.ο.
Περιβάλλον (E)	63.28*	63.94*	59.52**	0.08	32.13	3.64*
Επαναλήψεις [Περιβάλλον]	18.48*	18.93	3.04	9.41	19.23	0.54
Γονότυπος (G)	9.69	15.11	0.84	11.06	7.49	0.30
Γονότυπος x Περιβάλλον (GxE)	3.04	10.84	0.80	9.24	4.14	0.09
Πειραματικό Σφάλμα	7.84	11.79	2.54	7.80	8.67	0.27
ΣΠ%	8.52	8.47	7.77	13.95	8.67	6.80
Επιμερισμός Συνολικού Αθροίσματος Τετραγώνων						
Περιβάλλον (E)	11.85	8.02	33.49	0.02	6.11	19.08
Επαναλήψεις [Περιβάλλον]	13.84	9.49	6.85	7.51	14.63	11.36
Γονότυπος (G)	16.33	17.05	4.25	19.86	12.82	14.08
Γονότυπος x Περιβάλλον (GxE)	5.11	12.23	4.04	16.59	7.09	4.33
Πειραματικό Σφάλμα	52.87	53.21	51.37	56.03	59.35	51.15
ns= Μη Στατιστικά Σημαντικό,* Σημαντικότητα σε Επίπεδο P=.05,**Σημαντικότητα σε Επίπεδο P=.01						

Πίνακας 4.11.: Εκτίμηση των Συστατικών της Διακύμανσης και Επιμερισμός της Φαινοτυπικής Διακύμανσης των Γονοτύπων

Συστατικά Διακύμανσης	Ξηρα Ουσία %	NDF %ξ.ο.	ADF % ξ.ο.	NDF-ADF % ξ.ο.	Άμυλο % ξ.ο.	Πρωτεΐνη % ξ.ο.
$\sigma^2_{(E)}$	6.16	5.54	8.99	0.00	0.71	0.47
σ^2_G	1.11	0.71	0.01	0.30	0.56	0.03
$\sigma^2_{(G \times E)}$	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00
σ^2_e	7.84	11.79	2.54	7.80	8.67	0.27
Επιμερισμός Φαινοτυπικής Διακύμανσης						
$\sigma^2_{p(=100)}$	2.42	2.68	0.43	1.76	2.00	0.08
% σ^2_G	0.46	0.27	0.02	0.17	0.28	0.43
% $\sigma^2_{(G \times E)}$	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00
% σ^2_e	0.54	0.73	0.98	0.74	0.72	0.57

σ^2_p = Φαινοτυπική Διακύμανση, σ^2_E = Διακύμανση Περιβάλλοντος, σ^2_G = Διακύμανση Γονότυπων, $\sigma^2_{(G \times E)}$ =Διακύμανση Αλληλεπίδρασης, σ^2_e = Διακύμανση Σφάλματος

Πίνακας 4.12.: Αξιολόγηση έμμεσης επίδρασης της αμφίπλευρης επιλογής για απόδοση σε ολικό άμυλο στα χαρακτηριστικά της βιομάζας. Συνδυασμένη ανάλυση σε δυο περιβάλλοντα (2014).

Ποικιλίες Γενεές Επιλογής	Ξηρα Ουσία %	NDF % ξ.ο.	ADF % ξ.ο.	NDF-ADF % ξ.ο.	Άμυλο % ξ.ο.	Πρωτεΐνη % ξ.ο.
C ₀	33.94	41.19	20.81	20.38	30.13	7.62
C ₁ H	31.72	41.02	20.49	20.52	30.06	7.35
C ₁ L	33.53	41.30	20.50	20.80	29.11	7.76
C ₂ H	32.17	41.77	20.86	20.91	29.06	7.60
C ₂ L	30.67	40.97	21.00	19.97	27.99	8.04
C ₃ H	34.57	40.96	20.69	20.27	30.59	7.68
C ₃ L	32.92	41.21	20.47	20.75	28.77	7.95
MO	32.86	40.50	20.48	20.01	29.72	7.65
ΕΣΔ	3.28	4.021	1.87	3.27	3.45	0.27
GROP179	31.58	40.43	20.10	20.33	30.36	7.60
PRH3.12	33.42	39.95	19.97	19.97	29.20	7.55
PRH3.12xGROP179 _{FI}	34.06	36.21	19.95	16.26	31.91	7.36

Πίνακας 4.13.: Επιλεγμένες Συγκρίσεις ενός βαθμού Ελευθερίας για τους Κύκλους Επιλογής με βάση την Παραγωγική Συμπεριφορά του Γενετικού Υλικού σε δυο Αγρονομικά Περιβάλλοντα (2014).

Κύκλοι Επιλογής	Ξηρα	NDF	ADF	NDF-ADF	Άμυλο	Πρωτεΐνη
	Ουσία %	% ξ.ο.	% ξ.ο.	% ξ.ο.	% ξ.ο.	% ξ.ο.
(C ₃ C ₂ C ₁)H vs C ₀	33.15vs33.94 ^{ns}	41.27vs41.19 ^{ns}	20.59vs20.81 ^{ns}	20.35vs20.38 ^{ns}	29.94vs30.13 ^{ns}	7.59vs7.62 ^{ns}
(C ₃ C ₂ C ₁)L vs C ₀	32.37vs33.94 ^{ns}	41.16vs41.19 ^{ns}	20.66vs20.81 ^{ns}	20.50vs20.38 ^{ns}	28.62vs30.13 ^{ns}	7.92vs7.62 [*]
(C ₃ C ₂ C ₁)H vs (C ₃ C ₂ C ₁)L	33.15vs32.37 ^{ns}	41.27vs41.16 ^{ns}	20.59vs20.66 ^{ns}	20.35vs20.50 ^{ns}	29.94vs28.62 ^{ns}	7.59vs7.92 [*]
(C ₂ C ₁)H vs (C ₂ C ₁)L	31.95vs32.10 ^{ns}	41.39vs41.16 ^{ns}	20.68vs20.75 ^{ns}	20.72vs20.38 ^{ns}	29.56vs28.55 ^{ns}	7.47vs7.90 [*]
(C ₂ C ₃)H vs (C ₂ C ₃)L	33.37vs31.79 ^{ns}	41.36vs41.09 ^{ns}	20.78vs20.74 ^{ns}	20.59vs20.36 ^{ns}	29.82vs28.38 ^{ns}	7.64vs7.99 [*]

Πίνακας 4.14.: Παραγωγική Συμπεριφορά του Κύκλου Επιλογής για Υψηλή Απόδοση σε Άμυλο ως προς τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά της βιομάζας σε δυο Αγρονομικά Περιβάλλοντα (2104).

1. Υψηλή Απόδοση σε Άμυλο

Ποικιλίες Γενεές Επιλογής	Ξηρα Ουσία %	NDF % ξ.ο.	ADF % ξ.ο.	NDF-ADF % ξ.ο.	Άμυλο % ξ.ο.	Πρωτεΐνη % ξ.ο.
C ₀	33.94	41.19	20.81	20.38	30.13	7.62
C _{1H}	31.72	41.02	20.49	20.52	30.06	7.35
C _{2H}	32.17	41.77	20.86	20.91	29.06	7.60
C _{3H}	34.57	40.96	20.69	20.27	30.59	7.68
Συνολικό Κέρδος (%)	1.86	-0.55	-0.57	-0.54	1.51	0.79
Κέρδος/ Γενεά (%)	0.62	-0.18	-0.19	-0.18	0.50	0.26

2. Χαμηλή Απόδοση σε Άμυλο

C ₀	33.94	41.19	20.81	20.38	30.13	7.62
C _{1L}	33.53	41.30	20.50	20.80	29.11	7.76
C _{2L}	30.67	40.97	21.00	19.97	27.99	8.04
C _{3L}	32.92	41.21	20.47	20.75	28.77	7.95
Συνολικό Κέρδος (%)	-3.01	0.06	-1.65	1.82	-4.54	4.33
Κέρδος/ Γενεά (%)	-1.00	0.02	-0.55	0.61	-1.51	1.44

Πίνακας 4.15.: Ετερωτική Συμπεριφορά του Βασικού Γενετικού Υλικού. Πειραματισμός 2014

Τεχνολογικά Χαρακτηριστικά						
Ετερωτική Συμπεριφορά (%)						
Γενετικό Υλικό	Ξηρα Ουσία %	NDF % ξ.ο.	ADF % ξ.ο.	NDF-ADF % ξ.ο.	Άμυλο % ξ.ο.	Πρωτεΐνη % ξ.ο.
P₁=PRH3.12	33.42	39.95	19.97	19.97	29.20	7.55
P₂=GROP179	31.58	40.43	20.10	20.33	30.36	7.60
2014 H₁ (MP)	32.50	40.19	20.04	20.15	29.78	7.58
PRH3.12xGROP179	34.06	36.21	19.95	16.26	31.91	7.36
H₁ (MP)%	104.80	90.10	99.58	80.69	107.15	97.16

4.4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Τα δεδομένα αν και περιορισμένα και μόνο για τους δυο κύκλους και χωρίς τις αντίστοιχες τιμές της C_0 , παρέχουν μια ένδειξη ότι η επιλογή για ολικό άμυλο φαίνεται να έχει θετική επίδραση στους άξονες και την βιομάζα, χαρακτηριστικά τα οποία μας ενδιαφέρουν για παραγωγή βιοαιθανόλης β γενεάς.

2. Σύμφωνα με τα δεδομένα στη C_1 , C_2 και C_3 γενιά των πληθυσμών υψηλής και χαμηλής απόδοσης οι ομόλογοι πληθυσμοί υψηλής απόδοσης δεν διαφοροποιήθηκαν ως προς την απόδοση σε άξονες από τους αντίστοιχους της χαμηλής. Οι πληθυσμοί επίσης υψηλής και χαμηλής απόδοσης δεν διαφοροποιήθηκαν από τον αρχικό πληθυσμό C_0 παρά την υπεροχή και των δυο πληθυσμών.

3. Τα δεδομένα της συνδυασμένης ανάλυσης έδειξαν σημαντικές διαφορές μόνο ως προς την πυκνότητα των αξόνων. Κατά μέσο όρο οι πληθυσμοί υψηλής απόδοσης διαφοροποιήθηκαν (υστέρησαν) κατά 7.62% από τους αντίστοιχους χαμηλής, και ίδιο ποσοστό με τον αρχικό πληθυσμό C_0 , ενώ οι πληθυσμοί της χαμηλής απόδοσης δεν παρουσίασαν καμιά απολύτως μεταβολή ως προς αυτόν.

4. Σε κανένα άλλο εξεταζόμενο χαρακτηριστικό η διαφορά μέσης τιμής των πληθυσμών υψηλής και χαμηλής απόδοσης (C_3 , C_2 , C_1)H vs (C_3 , C_2 , C_1)L δεν ήταν σημαντική.

5. Οι Απόλυτες Γενετικές συσχετίσεις μεταξύ Απόδοσης σε Καρπό με την Απόδοση σε Άξονες και το Μήκος Αξόνων. Επίσης και οι Γενετικές συσχετίσεις μεταξύ Απόδοσης σε Καρπό και Όγκου και Βάρους Αξόνων είναι ενδεικτικές της δυνατότητας αξιοποίησης του χαρακτηριστικού Μήκος Αξόνων για την αύξηση της Απόδοσης σε Καρπό αλλά και την δυνατότητα συνδυασμού της Υψηλής Απόδοσης σε καρπό με βελτίωση του Όγκου και του Βάρους των Αξόνων.

6. Υπάρχουν πάρα πολλές ομοιότητες μεταξύ της βελτίωσης του καλαμποκιού ως προς την τελική επίδοση του ενσιρώματος, με σκοπό την παραγωγή γάλακτος και την βελτίωση της ποιότητας της πρώτης ύλης για την παραγωγή αιθανόλης. Αυτές είναι η πεπτικότητα των κυτταρικών τοιχωμάτων (ποιότητα του ενσιρώματος), και η ικανότητα μετατροπής των υδατανθράκων των κυτταρικών τοιχωμάτων σε αιθανόλη, με σκοπό την μεγιστοποίηση οικονομικά της διαθέσιμης ενέργειας από κυταρινούχα ύλη.

7. Η σχέση μεταξύ ποικιλιών κατάλληλων για ενσίρωμα και για παραγωγή αιθανόλης είναι προφανής διότι και στις δυο περιπτώσεις χρειάζεται να μεγιστοποιήσουμε την συνολική διαθέσιμη ενέργεια της βιομάζας η οποία θα μετατραπεί στο ζητούμενο προϊόν δια μέσου της δράσης των μικροοργανισμών.

8. Στους πληθυσμούς υψηλής και χαμηλής απόδοσης σε άμυλο, η ποσοστιαία μεταβολή της ξηράς ουσίας ήταν μεγαλύτερη από τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά της βιομάζας. Το γεγονός αυτό ερμηνεύεται ότι στην ταυτόχρονη βελτίωση για απόδοση και ποιοτικά χαρακτηριστικά της βιομάζας πρέπει να δοθεί μεγαλύτερη βαρύτητα στην απόδοση από ότι στη ποιότητα.

9. Στους πληθυσμούς υψηλής απόδοσης σε άμυλο, η γενεά C₃H υπερίσχυσε της C₀ ως προς την περιεκτικότητα σε άμυλο και ως προς την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, ενώ υστέρησε ως προς τις παραμέτρους NDF, ADF και NDF-ADF παρουσιάζοντας συνολικό αρνητικό κέρδος. Καμία από τις παραπάνω διαφοροποιήσεις δεν ήταν σημαντική.

10. Η αύξηση του συνολικού αμύλου στην γενεά C₃H επέδρασε στην αύξηση της ποιότητας του ενσιρώματος. Η απόδοση σε καρπό και σε άξονες όπως μετρήθηκαν κατά την φυσιολογική ωρίμανση του καρπού μας παρέχουν την ένδειξη ότι η αύξηση της περιεκτικότητας του συνολικού αμύλου οφείλεται κυρίως στην αύξηση της απόδοσης σε καρπό.

11. Η συνολική πρωτεΐνη παρουσίασε ελαφρά αύξηση από την C₀ στην C₃H, ετσι είναι προφανές ότι η σταθερότητα της περιεκτικότητας είναι θετικό στοιχείο για τον εξεταζόμενο πληθυσμό ως προς την χρήση του για ενσίρωμα.

12. Η αλλαγή/αύξηση και βελτίωση της πεπτικότητας και της μετατρεψιμότητας των υδατανθράκων των κυτταρικών τοιχωμάτων της βιομάζας τόσο για την παραγωγή γάλακτος όσο και για την παραγωγή λιγνοκυταρινούχου βιοαιθανόλης (Αύξηση ξηράς ουσίας, αύξηση περιεκτικότητας ολικού αμύλου, μείωση NDF, και ADF) στο στάδιο του ενσιρώματος, οφείλεται στην αύξηση της περιεκτικότητας του καρπού και όχι από την αύξηση της απόδοσης των αξόνων.

13. Η επίδοση του τελευταίου κύκλου επιλογής ως προς τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά μας παρέχει την ένδειξη (λόγο κυρίως της διατήρησης της περιεκτικότητας της πρωτεΐνης) ότι ο πληθυσμός αποτελεί μια εν δυνάμει πηγή για την ανάπτυξη σειρών ενσιρώματος με καλή στοιχειομετρική ποιότητα.

14. Η επίδοση του πληθυσμού της C₃H ως προς το υβρίδιο μάρτυρα PRH3.12 για την παραγωγή λιγνοκυταρινούχου αιθανόλης υστερεί ως προς την απόδοση των αξόνων κατά 30%, ως προς την συνολική βιομάζα κατά 8% (έμμεση αξιολόγηση), στο στάδιο της φυσιολογικής ωρίμανσης του καρπού. Η Υστέρηση της απόδοσης σε βιομάζα (άξονες και στέλεχος) ακόμη και σε σχέση με υβρίδιο μάρτυρα με παραγωγική κατεύθυνση τον καρπό μας παρέχει την ένδειξη ότι ο πληθυσμός αυτός δεν αποτελεί μια εν δυνάμει πηγή για την ανάπτυξη σειρών για την παραγωγή λιγνοκυταρινούχου αιθανόλης.

15. Ένα διαφορετικό σχήμα επιλογής το οποίο να βασίζεται στην άμεση επιλογή για αύξηση σε απόδοση της βιομάζας και σε μετατρεψιμότητα των υδατανθράκων θα χρειαστεί για να πετύχουμε βελτίωση της παραγωγής. Τα Stiff Stalk και Non Stiff Stalk βελτιωτικά σχήματα τα οποία χρησιμοποιούνται για την παραγωγή καρπού δεν είναι κατάλληλα για την απόδοση σε βιομάζα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΕΙΦΟΡΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η ενότητα αυτή έχει ως σκοπό τη λεπτομερή ανάλυση των εκπομπών αερίων ρύπων από την καλλιέργεια του καλαμποκιού, καθώς και τον υπολογισμό της επιτυγχανόμενης μείωσης αερίων του θερμοκηπίου από την αντικατάσταση της βενζίνης με αντίστοιχη ποσότητα βιοαιθανόλης πρώτης γενιάς, με δεδομένη την ανάγκη συμμόρφωσης της χώρας μας με τα κριτήρια αειφορίας που έχουν θεσπιστεί από την ΕΕ για την αποδοχή ενός βιοκαυσίμου.

5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θεσπίσει ένα σύνολο κριτηρίων αειφορίας για να διασφαλίσει ότι η χρήση των βιοκαυσίμων που αξιοποιούνται στις μεταφορές γίνεται με τρόπο που εγγυάται πραγματική μείωση αερίων του θερμοκηπίου (ΑΕΘ) και ταυτόχρονα προστατεύει τη βιοποικιλότητα. Μόνο τα βιοκαύσιμα που πληρούν αυτά τα κριτήρια μπορούν να τύχουν κρατικής στήριξης ή να προσμετρούνται προς την κατεύθυνση επίτευξης των εθνικών στόχων χρήσης ανανεώσιμης ενέργειας.

Τα κύρια κριτήρια αειφορίας είναι τα εξής :

- Για να θεωρηθούν ως αειφόρα, τα βιοκαύσιμα πρέπει να επιτυγχάνουν μείωση των ΑΕΘ τουλάχιστον κατά 35% σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα. Από το 2017 το ποσοστό αυτό αυξάνεται στο 50%. Το 2018 αυξάνεται πάλι στο 60% , μόνο όμως για τις νέες παραγωγικές μονάδες. Όταν υπολογίζεται η μείωση των ΑΕΘ, λαμβάνονται όλες οι εκπομπές στο συνολικό κύκλο ζωής του βιοκαυσίμου. Αυτός περιλαμβάνει τις εκπομπές από την καλλιέργεια, τη βιομηχανική διεργασία και τη διακίνηση.

- Η βιομάζα για την παραγωγή βιοκαυσίμων δεν πρέπει να προκύπτει από καλλιέργειες σε περιοχές που έχουν προέλθει από εδάφη με υψηλό απόθεμα άνθρακα, όπως είναι οι συνεχώς δασωμένες περιοχές ή οι τυρφώνες.

- Η βιομάζα για την παραγωγή βιοκαυσίμων δεν πρέπει να προκύπτει από καλλιέργειες σε περιοχές με υψηλή αξία βιοποικιλότητας , όπως τα πρωτογενή δάση ή λειμώνες υψηλής βιοποικιλότητας.

5.2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου υπολογίζονται χρησιμοποιώντας τυπολόγιο που δίδεται στην Οδηγία Ανανεώσιμης Ενέργειας (RED) 2009/28/EC. Το όριο του συστήματος λαμβάνει υπόψη του κάθε εκπομπή που σχετίζεται με την καλλιέργεια της βιομάζας, την επεξεργασία της για την παραγωγή του βιοκαύσιμου, την μεταφορά και τη διανομή του. Λαμβάνονται επίσης υπόψη εκπομπές λόγω της αλλαγής χρήσης γης. Τέλος περιλαμβάνονται μειώσεις εκπομπών από την υιοθέτηση βελτιωμένων καλλιεργητικών πρακτικών, από τη σύλληψη και αποθήκευση άνθρακα ή το περίσσειμα ηλεκτρικής ενέργειας εάν περιλαμβάνεται διαδικασία συμπαραγωγής.

5.2.1. Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου κατά τη φάση της καλλιέργειας

Το σύνολο των GHG ανά μονάδα επιφάνειας (στρ) υπολογίστηκαν σε g ισοδύναμων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂e). Οι εκπομπές κατά τη φάση της καλλιέργειας, διακρίνονται σε αυτές που παράγονται από την κατανάλωση ορυκτού καυσίμου (πετρέλαιο) λόγω χρήσης του ελκυστήρα, την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τις αρδεύσεις, τη λίπανση και τα εκπεμπόμενα οξείδια του αζώτου (N₂O) ως επακόλουθα της αζωτούχου λίπανσης.

Εκπομπές GHG από την κατανάλωση ορυκτού καυσίμου

Οι εργασίες κατά τις οποίες καταναλώθηκε ορυκτό καύσιμο λόγω χρήσης ελκυστήρα, αφορούν στην άροση, τη χρήση καλλιεργητή και δισκοσβάρνας καθώς και τη μηχανική ζιζανιοκτονία. Για να υπολογισθεί η συνολική ποσότητα του καταναλισκόμενου πετρελαίου (kg/στρ), λήφθηκε υπόψη η αποδοτικότητα (h/στρ), η υποδύναμη του ελκυστήρα (90-130 hp) για κάθε καλλιεργητική φροντίδα και η σύσταση του εδάφους η οποία θεωρήθηκε ως μέση. Οι τιμές κατανάλωσης των ελκυστήρων, όπως φαίνονται στον παρακάτω πίνακα, υπολογίστηκαν με βάση τα παραπάνω χαρακτηριστικά από τις σχετικές αντιπροσωπείες.

Πίνακας: 5.2.1 Κατανάλωση πετρελαίου ανά καλλιεργητική φροντίδα

Εργασία	Κατανάλωση (l/στρ)
Άροση	4
Δισκοσβάρνα	1.5
Καλλιεργητής	1.5
Σπορά + Λίπανση	0.8
Ζιζανιοκτονία	0.2

Σκάλισμα	1.5
Επιφανειακή Λίπανση	0.2
Συγκομιδή	3

Ακολούθησε η μετατροπή των λίτρων πετρελαίου σε χιλιόγραμμα μέσω της δεδομένης πυκνότητας του καυσίμου (832 kg/m^3) και στη συνέχεια υπολογίστηκε η συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια (E_{diesel}) σε MJ/στρ, λαμβάνοντας υπόψη την ελάχιστη θερμογόνο δύναμη (least heating value) του πετρελαίου ($\text{LHV}_{\text{diesel}}$). Για τον πληρέστερο υπολογισμό των εκπομπών GHG και την όσο το δυνατόν καλύτερη προσομοίωση των πραγματικών καλλιεργητικών πρακτικών, η κατανάλωση πετρελαίου αφορούσε και τις εργασίες της σποράς, λίπανσης και συγκομιδής όταν αυτές γίνονται μηχανικά.

$$E_{\text{Diesel}} = \text{Συνολική κατανάλωση (l/στρ)} * \text{LHV}_{\text{diesel}} \text{ (MJ/l)}$$

Με βάση τη συνολικά καταναλωθείσα ενέργεια, υπολογίστηκαν οι αντίστοιχες εκπομπές (E_{mDiesel}) λαμβάνοντας υπόψη τον παράγοντα εκπομπών του πετρελαίου ($87.64 \text{ g CO}_2\text{e/MJ}$) από τον πίνακα καθορισμένων τιμών του πρωτοκόλλου υπολογισμού εκπομπών GHG (Έκδοση 4d) του εγχειρήματος της Ευρωπαϊκή Ένωσης (EE) με ονομασία BioGrace (BioGrace, April 2015), το οποίο πραγματεύεται τον υπολογισμό των αερίων θερμοκηπίου κατά την παραγωγή βιοκαυσίμων εντός της EE σύμφωνα με την ευρωπαϊκή οδηγία 28/2009 (EC 2009).

Εκπομπές GHG από τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας

Οι παράμετροι που λήφθηκαν υπόψη ώστε να υπολογισθεί η καταναλωθείσα ενέργεια κατά την άρδευση με καταιονισμό ($E_{\text{Αρδευση}}$), είναι η υποδύναμη της αρδευτικής αντλίας (HP) σε KW, η διάρκεια άρδευσης της μονάδος επιφάνειας σε ώρες (h) και ο αριθμός των αρδεύσεων (n) εντός της καλλιεργητικής περιόδου (Romanelli T. L. and Milan M., 2004).

$$E_{\text{Αρδευση}} = \text{HP (KW)} * 3.6^{(1)} \text{ (MJ KW}^{-1} \text{ h}^{-1}) * \text{H (h/στρ)} * \text{n}$$

όπου ⁽¹⁾3.6 το ενεργειακό περιεχόμενο ενός KW.

Οι παράμετροι που λήφθηκαν υπόψη ώστε να υπολογισθεί η καταναλωθείσα ενέργεια κατά την άρδευση της μονάδας επιφάνειας (στρ), με ροή ($E_{\text{Αρδευση}}$) από έναν ενήλικα καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, είναι ο χρόνος εργασίας που απαιτείται ώστε να αρδευτεί αυτή (ώρες εργασίας (h)/στρ), ο αριθμός των αρδεύσεων (n) και η ενέργεια που καταναλώνει ο ενήλικας στη μονάδα του χρόνου (MJ/h), όπως φαίνεται παρακάτω

$$1.96^{(1)} \text{ MJh}^{-1} * 0.75\text{h} * (n) = \text{MJ}/\sigma\tau\rho$$

όπου ⁽¹⁾1.96 MJ/h Ενέργεια η οποία καταναλώνεται από ένα ενήλικα ανά ώρα (Surendra Singh and J.P. Mittal, 1992; Ibrahim Yilmaz et al., 2005).

Ο υπολογισμός των αντίστοιχων εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από την άρδευση ($Em_{\text{Άρδευση}}$) γίνεται μέσω του παράγοντα εκπομπών (127.65g CO₂e) για την παραγωγή 1 MJ ηλεκτρικού ρεύματος μέσης τάσης.

$$Em_{\text{Άρδευση}} = E_{\text{Άρδευση}} * 127.65 \text{ (g CO}_2\text{e)}$$

Εκπομπές GHG λίπανσης

Ο υπολογισμός των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου για την παραγωγή των χρησιμοποιηθέντων λιπασμάτων έγινε με βάση την εφαρμοζόμενη ποσότητα (kg/στρ) και τις προκαθορισμένες τιμές εκπομπών κατά την παραγωγή 1 kg λιπάσματος, οι οποίες ανέρχονται σε 5880.6, 1010.7 και 576.1g CO₂e/kg για N, P και K αντίστοιχα (BioGrace, 2015), όπως φαίνεται παρακάτω:

$$\text{Εφαρμογή N: } Em_N = \text{Ποσότητα (kg/στρ)} * 5880.6 \text{ (g CO}_2\text{e/kg)}$$

$$\text{Εφαρμογή P: } Em_P = \text{Ποσότητα (kg/στρ)} * 1010.7 \text{ (g CO}_2\text{e/kg)}$$

$$\text{Εφαρμογή K: } Em_K = \text{Ποσότητα (kg/στρ)} * 576.1 \text{ (g CO}_2\text{e/kg)}$$

Το άθροισμα των επί μέρους εκπομπών υπολογίστηκε σε g CO₂e/στρ και αποτέλεσε το σύνολο των εκπομπών λόγω εφαρμογής λίπανσης ($Em_{\text{Λίπανση}}$) κατά τη φάση της καλλιέργειας.

Εκπομπές N₂O

Οι εκπομπές των Οξειδίων του Αζώτου ($Em_{\text{N}_2\text{O}}$) προέρχονται από την εφαρμογή της Αζωτούχου λίπανσης και χαρακτηρίζονται ως άμεσες (εξάτμιση) και έμμεσες (NH₃ και NO₃). Οι υπολογισμοί έγιναν μέσω του πρωτόκολλου υπολογισμού των αερίων θερμοκηπίου της BioGrace το οποίο λαμβάνει υπόψη τις οδηγίες που θεσπίστηκαν στο πλαίσιο του ΟΗΕ από διακυβερνητική επιτροπή σχετικά με την κλιματική αλλαγή (IPCC, 2006). Τα στοιχεία τα οποία απαιτούνται για τον υπολογισμό των εκπομπών N₂O είναι η απόδοση σε βιομάζα (kg/στρ), η υγρασία της παραγόμενης βιομάζας (%) και η εφαρμοζόμενη ποσότητα Αζωτούχου λίπανσης (BioGrace, April 2015).

Εκπομπές GHG από την παραγωγή του σπόρου σποράς

Η εκτίμηση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου που προκύπτουν από την παραγωγή του σπόρου σποράς ($Em_{\text{Σπόρος}}$), γίνεται μέσω του συντελεστή εκπομπών για το καλαμπόκι, ο οποίος ανέρχεται σε 1930 g CO₂/ kg παραγόμενου σπόρου (Ecoinvent version 3) και της χρησιμοποιούμενης ποσότητας σπόρου σποράς (2.2 kg/στρ).

$$Em_{\text{Σπόρος}} = 1930 \text{ gCO}_2 / \text{kg} * 2.2 \text{ kg/στρ}.$$

Εκπομπές GHG ζιζανιοκτόνου

Οι υπολογισμοί έγιναν μέσω του πρωτόκολλου υπολογισμού των αερίων θερμοκηπίου της BioGrace. Τα στοιχεία τα οποία απαιτούνται για τον υπολογισμό των εκπομπών του χρησιμοποιούμενου ζιζανιοκτόνου ($Em_{\text{Ζιζανιοκτονο}}$) είναι η περιεκτικότητα (%) της (συνήθως β/ο) δραστικής ουσίας, η χρησιμοποιούμενη (προτεινόμενη) ποσότητα ανά μονάδα επιφάνειας καθώς και η πυκνότητα του σκευάσματος για την μετατροπή της ποσότητας της δραστικής σε kg/μονάδα επιφάνειας, (BioGrace, April 2015).

Συνολικές εκπομπές GHG

Οι συνολικές εκπομπές (Em_{Sum}) προκύπτουν από το λόγο του αθροίσματος των επί μέρους προαναφερθέντων εκπομπών όπως φαίνεται παρακάτω:

$$Em_{\text{Sum}} = (Em_{\text{Diesel}} + Em_{\text{Αρδευση}} + Em_{\text{Λίπανση}} + Em_{\text{N}_2\text{O}} + Em_{\text{Σπόρος}} + Em_{\text{Ζιζανιοκτονο}})$$

5.2.2. Τυπικές εκπομπές κατά τη φάση της καλλιέργειας

Ο υπολογισμός των τυπικών εκπομπών προκύπτει από την αναγωγή των συνολικών εκπομπών στη μονάδα ενέργειας του παραγόμενου βιοκαυσίμου (MJ). Απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί ο υπολογισμός της ενέργειας της παραγόμενης βιοαιθανόλης μέσω της απόδοσης σε βιοαιθανόλη και του ενεργειακού περιεχομένου της, το οποίο ανέρχεται σε 21 MJ/l:

$$E_{\text{Βιοαιθανόλη}} \text{ (MJ)} = \text{Βιοαιθανόλη (l/στρ)} * 21 \text{ (MJ/l)}$$

Τέλος, λαμβάνοντας υπόψη τις συνολικές εκπομπές (Em_{Sum}) υπολογίστηκαν οι τυπικές εκπομπές:

$$\text{Τυπικές Εκπομπές (g CO}_2\text{e/MJ)} = Em_{\text{Sum}} \text{ (g CO}_2\text{e/στρ)} / E_{\text{Βιοαιθανόλη}} \text{ (MJ)}.$$

5.2.3. Τυπικές εκπομπές μετά τη φάση της καλλιέργειας

Για την εκτίμηση των συνολικών τυπικών εκπομπών καθ' όλη την παραγωγική διαδικασία, ελήφθησαν επίσης υπόψη οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου κατά τη

- μεταφορά της πρώτης ύλης προς τη μονάδα παραγωγής βιοαιθανόλης (για μέση απόσταση 50 km),
- βιομηχανική διαδικασία παραγωγής της βιοαιθανόλης και
- η μεταφορά και διανομή της βιοαιθανόλης (για μέση απόσταση 300 km).

Οι τυπικές εκπομπές για τις προαναφερθείσες μεταφορές υπολογίστηκαν μέσω του πρωτόκολλου υπολογισμού αερίων θερμοκηπίου της BioGrace (BioGrace, April 2015), ενώ οι αντίστοιχες εκπομπές για την παραγωγή της βιοαιθανόλης από το εγχειρίδιο εκτίμησης αερίων θερμοκηπίου κατά την παραγωγή βιοκαυσίμων του Υπουργείου Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τουρισμού της Ισπανίας το οποίο είναι διεθνώς αποδεκτό (IDEA, 2011).

5.2.4. Μείωση εκπομπών GHG από τη χρήση της βιοαιθανόλης

Η αειφορία ενός βιοκαυσίμου για τις μεταφορές, κρίνεται από την επιτυγχανόμενη ποσοστιαία (%) μείωση εκπομπών όταν αυτό αντικαθιστά αντίστοιχη ποσότητα ορυκτού καυσίμου στη λειτουργία του κινητήρα. Ο υπολογισμός στην περίπτωση της βιοαιθανόλης γίνεται από τη σύγκριση των εκπομπών που προκύπτουν από τη χρήση βενζίνης και βιοαιθανόλης. Οι εκπομπές από την καύση της βενζίνης υπολογίζονται ως εξής:

Εκπομπές βενζίνης (g CO₂e)=

Ενεργειακό περιεχόμενο (MJ/l)*Εκπομπές ρύπων (g CO₂e/MJ)

Ενώ αντίστοιχα υπολογίζονται και οι εκπομπές κατά την παραγωγή της βιοαιθανόλης:

Εκπομπές βιοαιθανόλης (g CO₂e)=

Ενεργειακό περιεχόμενο (MJ/l)*Υπολογισθείσες εκπομπές ρύπων (g CO₂e/MJ).

Το ενεργειακό περιεχόμενο των ορυκτών καυσίμων και βιοκαυσίμων καθώς οι εκπομπές GHG που προκύπτουν κατά την παραγωγή της βενζίνης ορίζονται από την οδηγία 28/2009 της ΕΕ (EC 2009).

5.2.5. Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου στην καλλιέργεια του καλαμποκιού

Η παραπάνω διαδικασία χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό των αερίων εκπομπών, στον πειραματισμό που έγινε:

α) στο αγρόκτημα του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών στην περιοχή Κωπαΐδα της Βοιωτίας κατά τα έτη 2008, 2010, 2011 και στο αγρόκτημα του Ινστιτούτου Σιτηρών στην Θέρμη Θεσσαλονίκης κατά τα έτη 2009, 2010, 2011, με σκοπό την επιλογή των κατάλληλων ποικιλιών καλαμποκιού για την εγχώρια παραγωγή βιοαιθανόλης πρώτης και δεύτερης γενιάς. Τα υβρίδια τα οποία αξιολογήθηκαν και τα χαρακτηριστικά αυτών τα οποία αφορούν, παραγωγική κατεύθυνση [(Καρπός (Κ), Ενσίρωμα (Ε), Waxy (W) και διπλή χρήση (ΚΕ)], ημέρες φυσιολογικής ωρίμανσης και τον αριθμό FAO, αναφέρονται με κωδικούς στον Πίν. 2.3 , οι καλλιεργητικές εργασίες οι οποίες έλαβαν χώρα παρουσιάζονται στον Πίν. 2.4 του δευτέρου κεφαλαίου.

β) στη ζώνη καλλιέργειας του καλαμποκιού στην Χώρα μας (Ανατολική Μακεδονία και Θράκη) ανά νομό (Σέρρες, Δράμα, Ξάνθη), καθώς επίσης και στους ιδιαίτερα σημαντικούς για την καλλιέργεια νομούς Πέλλας και Τρικάλων κατά το 2014.

Η συγκέντρωση των στοιχείων πραγματοποιήθηκε από τις απαντήσεις παραγωγών καλαμποκιού των παραπάνω νομών, σε ερωτηματολόγιο το οποίο αφορούσε στον τρόπο διαχείρισης της καλλιέργειας (καλλιεργητικές εργασίες, μονάδες λίπανσης σε άζωτο, φώσφορο και κάλιο, αριθμό αρδεύσεων, ιπποδύναμη χρησιμοποιούμενων μηχανημάτων άντλησης, είδος ζιζανιοκτονίας και χρησιμοποιούμενου χημικού σκευάσματος). Προέκυψε ότι στην ευρύτερη περιοχή του κάθε νομού υπάρχουν διαφορετικοί τρόποι διαχείρισης της καλλιέργειας. Στη μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκε η τάση η οποία είναι αντιπροσωπευτική του νομού. Η μέση απόδοση κάθε νομού για το 2014 προέκυψε μετά από προσωπική επαφή με τις Εταιρείες Σπόρων, ενώ η μέση τιμή της περιεκτικότητας σε άμυλο από τα επίσημα στοιχεία του Ινστιτούτου Τυποποίησης Δημητριακών (Θεσσαλονίκη 2014).

5.3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.3.1. Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου κατά τη φάση της καλλιέργειας

Οι εκπομπές από την κατανάλωση ορυκτού καυσίμου λόγω της χρήσης του ελκυστήρα ανήλθαν σε 39.91kg CO₂e/στρ για όλα τα περιβάλλοντα, καθώς η κατεργασία του εδάφους ήταν όμοια.

Για τις αρδεύσεις καταναλώθηκε ηλεκτρικό ρεύμα και οι εκπομπές για όλα τα έτη τόσο στην περιοχή της Κωπαΐδας όσο και σε αυτήν της Θεσσαλονίκης ανήλθαν σε 101,1 kg CO₂e/στρ (πέντε αρδεύσεις).

Οι εκπομπές N₂O εξαρτώνται από την απόδοση της εκάστοτε ποικιλίας, την υγρασία του καρπού (έχει γίνει αναγωγή σε υγρασία 15%), και την ποσότητα της αζωτούχου λίπανσης. Οι ποσότητες των N₂O, σε ισοδύναμα διοξειδίου του άνθρακα (kg CO₂e/στρ), παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.3.1.

Οι εκπομπές λόγω της εφαρμογής λίπανσης στην περιοχή της Θεσσαλονίκης ανήλθαν σε 168.7, 6.04 και 3.45 kg CO₂e/στρ. το 2008 και 2009 ενώ ανήλθαν σε 180.5, 7.07, 4.03 για τα στοιχεία Άζωτο, Φώσφορο και Κάλιο αντίστοιχα το 2010. Στους πειραματικούς αγρούς της Κωπαΐδας, οι εκπομπές υπολογίσθηκαν σε 179.9, 168.7, 144.1 kg CO₂e/στρ για το Άζωτο, 9.09, 12.1, 8.08 kg CO₂e/στρ για το Φώσφορο και 2.65, 6.9 και 21.8kg CO₂e/στρ για το Κάλιο κατά τα έτη 2008, 2010 και 2011 αντίστοιχα. Οι εκπομπές από την χρήση του ζιζανιοκτόνου (το οποίο ήταν ίδιο και στα έξι περιβάλλοντα) ανήλθαν σε 0.93 kg CO₂e/στρ.

Πίνακας: 5.3.1. Εκπομπές N₂O ανά μονάδα επιφανείας (kg CO₂e/στρ)

Ποικιλία Παραγωγική Κατευθυνση	K2008	K2010	K2011	Θ2009	Θ2010	Θ2011
H7 KE	248.6	250.7	212.5	235.0	230.6	242.1
H3 KE	259.6	244.2	203.9	225.8	217.9	234.1
H4 K	252.8	236.8	206.3	230.0	218.7	233.5
H2 KE	263.1	243.3	212.5	226.7	215.8	241.8
H8 W	252.5	234.1	200.7	230.3	218.2	234.4
H6 K	228.8	228.8	208.1	220.8	218.7	236.5
H5 K	250.1	241.8	213.1	227.9	218.2	235.3
H19 K	249.8	240.1	211.6	224.4	211.6	228.5
H11 KE	255.4	230.6	196.0	229.7	219.9	238.9
H13 KE	255.4	236.2	213.7	230.0	217.9	230.0

H15 K	239.2	235.0	203.4	224.4	213.1	230.9
H16 K	247.2	238.0	203.6	218.7	216.4	230.6
H14 KE	227.0	238.0	202.2	219.0	218.4	233.8
H1 KE	243.3	231.8	212.2	222.3	219.3	235.0
H9 KE	259.6	239.5	208.4	238.0	214.3	236.8
H12 K	250.1	236.5	207.5	225.8	228.2	236.5
H18 K	253.7	244.5	207.8	220.2	220.2	223.2
H10 K	259.6	236.5	209.0	225.8	217.3	237.7
H17 KE	240.1	233.2	201.6	229.4	218.4	235.0
H20 E	228.8	227.0	189.1	213.4	204.5	225.3

Θ= Θεσσαλονίκη, Κ =Κωπαΐδα

Οι εκπομπές λόγω της χρήσης σπόρου σποράς συνεκτιμώνται μέσω του αντίστοιχου συντελεστή, ο οποίος είναι κοινός για όλους τους υπό μελέτη πειραματικούς αγρούς και ανέρχεται σε 1930 gCO₂/kg παραγόμενου σπόρου (Ecoinvent version 3). Ο συντελεστής αυτός χρησιμοποιείται αποκλειστικά για τον υπολογισμό των εκπομπών του καλαμποκιού σποροπαραγωγής, λαμβάνοντας υπόψη τη χρησιμοποιούμενη ποσότητα σπόρου για τη σπορά (2.2 kg/στρ).

Οι συνολικές εκπομπές κυμάνθηκαν από 485.4 έως 596.2 kg CO₂e/στρ για την περιοχή της Κωπαΐδας το 2008, 2010, και 2011 και από 524.8 έως 575.7 kg CO₂e/στρ, στην περιοχή της Θεσσαλονίκης το 2009, 2010, και 2011 (Πίνακας 4.2.2).

Λαμβάνοντας υπόψη τις επί μέρους εκπομπές GHG, υπολογίστηκε η συνεισφορά (%) των επί μέρους κατηγοριών εκπομπών επί των συνολικών εκπομπών κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής φάσης. Προς τη κατεύθυνση αυτή, ελήφθησαν υπόψη οι μέσοι όροι των υπό μελέτη ποικιλιών για τις N₂O και συνολικές εκπομπές κάθε πειραματικού αγρού. Η συνεισφορά των εκπομπών GHG λόγω κατανάλωσης πετρελαίου για όλους τους πειραματικούς αγρούς κυμάνθηκε από 6.8% έως 7.9% ενώ τα αντίστοιχα ποσοστά για τα εκπεμπόμενα GHG που προήλθαν από την εφαρμογή των αρδεύσεων κυμάνθηκαν από 17.3 έως 20.0%. Η συνεισφορά των εκπομπών GHG επί των συνολικών, λόγω της εφαρμογής της συνολικής λίπανσης, κυμάνθηκε από 30.5 έως 33.5%. Τέλος, η συνεισφορά των εκπομπών N₂O ανήλθε από 40.0 έως 42.4%. Η μικρότερη συνεισφορά επί του συνόλου των εκπομπών κατά τη φάση της καλλιέργειας, εκτιμήθηκε για τη χρήση του σπόρου σποράς με ποσοστό μόλις 0.73-0.84% και από την χρήση των ζιζανιοκτόνων η οποία ήταν μόλις 0.16-0.18% (Πίνακας 5.3.3).

Πίνακας: 5.3.2. Συνολικές εκπομπές ανά μονάδα επιφανείας (kg CO₂e/ στρ)

Ποικιλία Παραγωγική Κατεύθυνση	Κ 2008	Κ 2010	Κ 2011	Θ 2009	Θ 2010	Θ 2011
H7 KE	581.7	580.5	508.8	555.3	550.8	575.7
H3 KE	592.6	574.0	500.2	546.1	538.1	567.7
H4 K	585.8	566.6	502.6	550.2	539.0	567.1
H2 KE	596.2	573.1	508.8	547.0	536.0	575.4
H8 W	585.5	563.9	497.0	550.5	538.4	568.0
H6 K	561.9	558.6	504.4	541.1	539.0	570.1
H5 K	583.2	571.6	509.4	548.2	538.4	568.9
H19 H	582.9	569.8	507.9	544.6	531.9	562.1
H11 KE	588.5	560.3	492.2	549.9	540.2	572.5
H13 KE	588.5	566.0	510.0	550.2	538.1	563.6
H15 K	572.2	564.8	499.6	544.6	533.4	564.5
H16 K	580.2	567.7	499.9	539.0	536.6	564.2
H14 KE	560.1	567.7	498.5	539.3	538.7	567.4
H1 KE	576.4	561.5	508.5	542.5	539.6	568.6
H9 KE	592.6	569.2	504.7	558.2	534.5	570.4
H12 K	583.2	566.3	503.8	546.1	548.5	570.1
H18 K	586.7	574.3	504.1	540.5	540.5	556.8
H10 K	592.6	566.3	505.3	546.1	537.5	571.3
H17 KE	573.1	563.0	497.9	549.6	538.7	568.6
H20 E	561.9	556.8	485.4	533.7	524.8	558.8

Θ= Θεσσαλονίκη. Κ =Κοπαΐδα

Πίνακας: 5.3.3. Συνεισφορά (%) των επί μέρους εκπομπών επί των συνολικών εκπομπών κατά τη φάση της καλλιέργειας

Περιβάλλον	Em	Em	Em	Em _{N2O}	Em	Em
	Diesel	Αρδευση	Λίπανση	(Μέση Τιμή)	Σπόρος Σποράς	Ζιζανιοκτόνου
Κωπαΐδα 08	6.8	17.3	32.6	42.4	0.73	0.16
Κωπαΐδα 10	7.0	17.7	32.9	41.5	0.74	0.16
Κωπαΐδα 11	7.9	20.0	30.5	40.7	0.84	0.18
Θεσσαλονίκη 09	7.2	18.3	32.6	40.9	0.77	0.17
Θεσσαλονίκη 10	7.3	18.6	33.1	40.0	0.78	0.17
Θεσσαλονίκη 11	7.0	17.7	33.5	40.9	0.74	0.16

5.3.2. Τυπικές εκπομπές κατά τη φάση της καλλιέργειας

Οι τυπικές εκπομπές για την περιοχή της Κωπαΐδας κυμάνθηκαν από 21.1 έως 39.0 g CO₂e/MJ ενώ στην περιοχή της Θεσσαλονίκης οι αντίστοιχες εκπομπές κυμάνθηκαν από 24.2 έως 55.1 g CO₂e/MJ (Πίνακας 5.3.4).

Οι μέσοι όροι των τυπικών εκπομπών των παραγωγικών κατευθύνσεων ΚΕ, Κ ήταν αρκετά κοντά μεταξύ τους (28.7 & 30.0) ενώ οι υψηλότερες εκτιμήθηκαν για την κατεύθυνση του Ε και οι χαμηλότερες εκπομπές για την παραγωγική κατεύθυνση W.

Η ποικιλία Η7/ΚΕ παρουσίασε τις χαμηλότερες τυπικές εκπομπές το 2010 στην Κωπαΐδα και 2010-2011 στην Θεσσαλονίκη. Οι ποικιλίες Η2/ΚΕ, Η13/ΚΕ, Η9/ΚΕ στους πειραματικούς αγρούς της Κωπαΐδας το 2008, 2011 και της Θεσσαλονίκης το 2009 παρουσίασαν αντίστοιχα τις χαμηλότερες τυπικές εκπομπές. Κατά μέσο όρο για όλους τους πειραματικούς αγρούς τις χαμηλότερες τυπικές εκπομπές εμφάνισαν οι ποικιλίες Η7/ΚΕ, Η2/ΚΕ και Η9/ΚΕ οι οποίες ανήλθαν σε 25.3, 27.3 και 27.6 g CO₂e/MJ_{Βιοαιθανόλης} αντίστοιχα.

Οι υψηλότερες τυπικές εκπομπές εκτιμήθηκαν για την ποικιλία Η20/Ε στους πειραματικούς αγρούς της Κωπαΐδας 2010, 2011 και Θεσσαλονίκης 2009, 2010.

Τέλος οι ποικιλίες H18/E και H14/KE στην Θεσσαλονίκη το 2011 και στην Κωπαΐδα το 2008 εμφάνισαν τις υψηλότερες τυπικές εκπομπές κατά την φάση της καλλιέργειας.

Πίνακας: 5.3.4. Τυπικές εκπομπές GHG μονάδες

Τυπικές Εκπομπές (g CO ₂ e/MJβιοαιθανόλης)						
Ποικιλία Παραγωγική Κατεύθυνση	Κ 2008	Κ 2010	Κ 2011	Θ 2009	Θ 2010	Θ 2011
H7 KE	25.7	21.1	21.9	25.3	28.2	29.4
H3 KE	21.9	22.7	24.9	29.9	36.8	34.2
H4 K	24.3	25.3	24.3	27.9	35.9	35.1
H2 KE	21.1	23.1	22.0	29.5	38.5	29.7
H8 W	24.7	26.5	27.1	27.6	36.7	34.7
H6 K	37.4	29.2	23.5	33.3	35.7	32.8
H5 K	25.0	23.7	21.8	28.7	36.4	33.8
H19 H	24.9	24.1	22.3	30.7	43.8	39.4
H11 KE	22.8	28.3	29.7	27.6	35.2	30.8
H13 KE	23.0	25.8	21.6	27.4	36.7	37.6
H15 K	29.9	26.2	25.7	31.1	42.1	37.3
H16 K	26.1	24.9	25.4	34.8	38.3	37.4
H14 KE	39.0	25.0	25.8	34.5	36.2	34.5
H1 KE	27.9	27.8	22.0	32.2	33.9	33.6
H9 KE	21.8	24.6	23.5	24.2	39.0	32.5
H12 K	24.9	25.5	23.9	29.6	34.0	32.5
H18 K	23.6	22.8	23.9	33.4	34.6	45.3
H10 K	21.8	25.7	23.0	29.7	37.5	31.9
H17 KE	29.8	27.2	26.3	27.9	36.0	33.5
H20 E	37.5	30.1	34.9	39.8	55.1	43.0

Θ= Θεσσαλονίκη. Κ= Κωπαΐδα

5.3.3. Μείωση Εκπομπών GHG

Η μείωση των εκπομπών στην περιοχή της Κωπαΐδας κυμάνθηκε από 36.3 έως 50.3%,για το έτος 2008 ενώ αντίστοιχα για τα έτη 2010 και 2011 ήταν 43.3 έως 50.3 και 39.6 έως 50.0%. Στην περιοχή της Θεσσαλονίκης η μείωση κυμάνθηκε από 35.7 έως 47.9% το 2008, από 23.7 έως 44.8% και από 31.4 έως 43.9% το 2010 και 2011 αντίστοιχα. Όπως αναμενόταν, η υψηλότερη μείωση εκπομπών (Πίνακας 5.3.5). παρατηρήθηκε για τις ποικιλίες που παρουσίασαν τις χαμηλότερες τυπικές εκπομπές (Πίνακας 5.3.4).

Κατά μέσο όρο οι ποικιλίες Η7/ΚΕ, Η2/ΚΕ και Η9/ΚΕ παρουσίασαν την μεγαλύτερη μείωση εκπομπών 47.1, 45.5 και 45.2% αντίστοιχα, ενώ οι ποικιλίες Η14/ΚΕ, Η20/Ε παρουσίασαν την μικρότερη μείωση εκπομπών με 41.4 και 35.5% αντίστοιχα.

Πίνακας: 5.3.5. Μείωση εκπομπών GHG

Ποικιλία Παραγωγική Κατεύθυνση	Μείωση εκπομπών (%)					
	Κ 2008	Κ 2010	Κ 2011	Θ 2009	Θ 2010	Θ 2011
H7 KE	46.7	50.3	49.7	47.1	44.8	43.9
H3 KE	49.7	49.1	47.3	43.4	38.1	40.1
H4 K	47.8	47.0	47.8	45.0	38.8	39.4
H2 KE	50.3	48.8	49.6	43.8	36.7	43.6
H8 W	47.5	46.1	45.6	45.2	38.1	39.7
H6 K	37.6	44.0	48.5	40.8	38.9	41.2
H5 K	47.3	48.3	49.8	44.4	38.3	40.4
H19 H	47.4	48.0	49.4	42.8	32.5	36.0
H11 KE	49.0	44.7	43.6	45.2	39.3	42.7
H13 KE	48.8	46.6	50.0	45.4	38.1	37.4
H15 K	43.4	46.3	46.8	42.5	33.9	37.7
H16 K	46.4	47.4	47.0	39.6	36.9	37.6
H14 KE	36.3	47.3	46.7	39.8	38.5	39.9
H1 KE	45.0	45.1	49.6	41.7	40.3	40.6
H9 KE	49.8	47.6	48.5	47.9	36.3	41.4
H12 K	47.4	46.9	48.2	43.7	40.2	41.4
H18 K	48.4	49.0	48.1	40.7	39.8	31.4
H10 K	49.8	46.7	48.9	43.6	37.5	41.9
H17 KE	43.5	45.5	46.3	45.0	38.6	40.6
H20 E	37.5	43.3	39.6	35.7	23.7	33.2

Θ= Θεσσαλονίκη, Κ =Κωπαΐδα

5.3.4. Εκπομπές Αερίων θερμοκηπίου στη ζώνη καλλιέργειας του καλαμποκιού

Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου κατά τη φάση της καλλιέργειας.

Οι εκπομπές από την κατανάλωση ορυκτού καυσίμου λόγω της χρήσης του ελκυστήρα ανήλθαν σε 39.91kg CO₂e/στρ για όλα τα περιβάλλοντα. καθώς η κατεργασία του εδάφους ήταν κοινή για όλα. Οι εκπομπές οι οποίες προήρθαν από την κατανάλωση του ρεύματος για άρδευση κυμάνθηκαν από 1,5 (Σέρρες, Ξάνθη) έως 141.5 kg CO₂e/στρ (Τρίκαλα).

Τα στοιχεία διαχείρισης της καλλιέργειας ανά νομό κατά το 2014 όπως προέκυψαν από το ερωτηματολόγιο, καθώς και αυτά της απόδοσης και της περιεκτικότητας (%) αμύλου παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.2.6.

Οι εκπομπές N₂O εξαρτώνται από την απόδοση, την υγρασία του καρπού (έχει γίνει αναγωγή της απόδοσης σε υγρασία 15%) και την ποσότητα της αζωτούχου λίπανσης. Οι ποσότητες των N₂O, σε ισοδύναμα διοξειδίου του άνθρακα (kg CO₂/στρ) παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.2.7. Αυτές κυμάνθηκαν από 188.0 στην Πέλλα (μικρότερη Αζωτούχος Λίπανση) έως 263.1 kg CO₂e/στρ Τρίκαλα (υψηλότερη Αζωτούχος Λίπανση). Οι εκπομπές λόγω της εφαρμοσθείσας λίπανσης (Πίνακας 5.3.6) ανήλθαν (Πίνακας 5.3.7) σε 122.8 kg CO₂e/στρ στην Πέλλα (μικρότερη συνολική Λίπανση) και σε 194.4 kg CO₂e/στρ στα Τρίκαλα (μεγαλύτερη συνολική Λίπανση).

Οι εκπομπές από την χρήση του ζιζανιοκτόνου εξαρτώνται από την δραστική ουσία και το ποσοστό αυτής στο συνολικό διάλυμα (Πίνακας 5.3.6). έτσι αυτές κυμάνθηκαν από 0.0 (Τρίκαλα) έως 1.0 (Ξάνθη) kg CO₂e/στρ (Πίνακας 5.3.7). Οι εκπομπές λόγω της χρήσης σπόρου σποράς ανέρχεται (ίδιες για όλες τις περιοχές. όπως αναφέρθηκε παραπάνω § 5.3.1) σε 4.2 kg CO₂e/στρ. Τέλος οι συνολικές εκπομπές κυμάνθηκαν από 476.4 έως 643.1 kg CO₂e/στρ για την Πέλλα και τα Τρίκαλα αντίστοιχα (Πίνακας 5.3.7).

Λαμβάνοντας υπόψη τις επί μέρους εκπομπές GHG, υπολογίστηκε η συνεισφορά (%) των επί μέρους κατηγοριών εκπομπών επί των συνολικών εκπομπών κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής φάσης: Η συνεισφορά των εκπομπών GHG λόγω κατανάλωσης πετρελαίου για όλους τους νομούς κυμάνθηκε από 6.2% (Τρίκαλα) έως 8.4% (Πέλλα) ενώ τα αντίστοιχα ποσοστά για τα εκπεμπόμενα GHG που προήλθαν από την εφαρμογή των αρδεύσεων κυμάνθηκαν από 9.1% (Ξάνθη) έως 25.5% (Πέλλα). Η συνεισφορά των εκπομπών GHG επί των συνολικών λόγω της εφαρμογής της συνολικής λίπανσης, κυμάνθηκε από 25.8 (Πέλλα) έως 34.5% (Ξάνθη). Η συνεισφορά των εκπομπών N₂O ανήλθε από 38.9% (Δράμα) έως 47.9% (Ξάνθη). Η μικρότερη συνεισφορά επί του συνόλου των εκπομπών κατά τη φάση της καλλιέργειας, εκτιμήθηκε για τη χρήση του σπόρου σποράς σε ποσοστό, το οποίο κυμάνθηκε μόλις μεταξύ 0.7% έως 0.9% για όλους τους νομούς και τέλος για την χρήση των ζιζανιοκτόνων με συνεισφορά από 0.0% (Τρίκαλα) έως 0.2% (Ξάνθη) (Πίνακας 5.3.8).

Μείωση Εκπομπών GHG

Όπως αναμενόταν, η υψηλότερη μείωση εκπομπών παρατηρήθηκε στους νομούς που παρουσίασαν τις χαμηλότερες τυπικές εκπομπές.

Η συνολική μείωση των εκπομπών στους νομούς της ζώνης καλλιέργειας για το 2014 κυμάνθηκε από 47.4% (Τρίκαλα) έως 53.1% (Σέρρες), ενώ κυμάνθηκε σε

παραπλήσιες τιμές για τους υπόλοιπους νομούς Δράμας (50.6%), Ξάνθης (52.2%) και Πέλλα (51.3%) (Πίνακας 5.3.9).

Πίνακας: 5.3.6. Διαχείριση Καλλιέργειας και Αγρονομικά Χαρακτηριστικά

Νομός	Ηρ	Τύπος Αρδευσης	Αριθμός Αρδεύσεων	Λίπανση			Απόδοση kg/στρ	Περιεκτικότητα Αμύλου (%)	Ζιζανιοκτόνο Δραστική Ουσία
				N	P	K			
Σέρρες	Μέση	Ροή	8	30.2	3.0	2.8	1518	75.9	Mesotrione 7.5% β/ο+Nicosulfuron 3% β/ο
Ξάνθη	Χαμηλή	Ροή	8	30.1	3.1	3.8	1446	74.6	Dimethenamid-p 58.3% β/ο+Topramezone 3.2% β/ο
Πέλλα	Μέση	Καταιονισμός	6	20.3	2.5	1.7	1335	74.9	Mesotrione 7.5% β/ο+Nicosulfuron 3% β/ο
Τρίκαλα	Μέση	Καταιονισμός	7	31.6	6.5	3.2	1458	74.6	Mesotrione 7.5% β/ο+Nicosulfuron 3% β/ο
Δράμα	Μέση	Καταιονισμός	6	24.6	2.3	1.3	1434	74.9	Tembotrione 4.4% β/ο

Πίνακας: 5.3.7. Συνεισφορά Εισροών στις συνολικές εκπομπές (kgCO₂/στρ)

Νομός	Em Diesel	Em Άρδευση	Em Λίπανση	Em N ₂ O	Em Σπόρος Σποράς	Em Ζιζανιοκτόνου	Σύνολο
Σέρρες	39.9	1.5	182.2	257.2	4.2	0.2	485.2
Ξάνθη	39.9	1.5	182.4	253.4	4.2	1.0	482.4
Πέλλα	39.9	121.3	122.8	188.0	4.2	0.2	476.4
Τρίκαλα	39.9	141.5	194.4	263.1	4.2	0.0	643.1
Δράμα	39.9	121.3	177.7	218.7	4.2	0.1	561.9

Πίνακας: 5.3.8. Συνεισφορά (%) των επί μέρους εκπομπών επί των συνολικών εκπομπών κατά τη φάση της καλλιέργειας

Νομός	Em Diesel	Em Άρδευση	Em Λίπανση	Em N ₂ O	Em Σπόρος Σποράς	Em Ζιζανιοκτόνου
Σέρρες	6.6	20.0	30.1	42.5	0.7	0.03
Ξάνθη	7.5	9.1	34.5	47.9	0.8	0.20
Πέλλα	8.4	25.5	25.8	39.5	0.9	0.03
Τρίκαλα	6.2	22.0	30.2	40.9	0.7	0.00
Δράμα	7.1	21.6	31.6	38.9	0.8	0.02

Πίνακας: 5.3.9. Τυπικές εκπομπές GHG (g CO₂e/MJ_{βιοαιθανόλης}).**Μείωση εκπομπών GHG ανά Νομό (%).**

	Τυπικές Εκπομπές (Allocated)(g CO ₂ /MJ _{bioethanol})	Τυπικές Εκπομπές μέτα την φάση της καλλιέργειας (gCO ₂ /MJ _{bioethanol})	Συνολικές Τυπικές Εκπομπές (gCO ₂ /MJ _{bioethanol})	Εκπομπές Βενζίνης (gr CO ₂ e)	Εκπομπές Βιοαιθανόλης (gr CO ₂ e)	Μείωση Εκπομπών (%)
Σέρρες	17.6	42.3	59.9	2681.6	1258.7	53.1
Ξάνθη	18.7	42.3	61.0	2681.6	1281.3	52.2
Πέλλα	19.9	42.3	62.2	2681.6	1307.2	51.3
Τρίκαλα	24.8	42.3	67.1	2681.6	1409.4	47.4
Δράμα	20.7	42.3	53.1	2681.6	1324.2	50.6

5.4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο πλαίσιο της ανάλυσης των εκπομπών GHG υπολογίστηκε η συνεισφορά (%) των επί μέρους κατηγοριών εκπομπών επί των αντίστοιχων συνολικών (g CO₂e/στρ) της καλλιέργειας. Η εκτίμηση των μέσων όρων για όλους τους πειραματικούς αγρούς κατέδειξε πως οι εκπομπές που προκύπτουν από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τις αρδεύσεις, την ενέργεια παραγωγής λιπασμάτων (συνολικά), την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων για τις καλλιεργητικές φροντίδες και τις εκπομπές N₂O λόγω της N λίπανσης συνεισφέρουν περισσότερο στις τελικές εκπομπές με τα ποσοστά να ανέρχονται σε 18.3%, 32.5%, 7.2% και 41.1% αντίστοιχα. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα αυτά, η άρδευση και η λίπανση (συνολικά), θεωρούνται ως οι πλέον σημαντικές καθώς δύνανται να αποτελέσουν έως και το 81.6% των συνολικών εκπομπών. Σε μια αντίστοιχη μελέτη οι Vlachos et al. (2013) εκτίμησαν τη συνεισφορά των επί μέρους κατηγοριών εκπομπών επί των συνολικών για ελαιούχες καλλιέργειες οι οποίες δύνανται να αποτελέσουν την πρώτη ύλη για παραγωγή βιοντίζελ στην Ελλάδα. Τα αποτελέσματα από τη μελέτη αυτή συμφωνούν πλήρως με τα αποτελέσματα της παρούσας ανάλυσης για τη βιοαιθανόλη καθώς οι εκπομπές λόγω της εφαρμογής των N λιπάνσεων (οι ποσότητες φωσφόρου και καλίου ήταν μηδενικές η ελάχιστες) συμμετείχαν επί των συνολικών εκπομπών κατά 57% για την καλλιέργεια του ηλίανθου (*Helianthus annuus* L.) 68% για την καλλιέργεια της ελαιοκράμβης (*Brassica napus* L.) και 47% για την καλλιέργεια της σόγιας (*Glycine max* L.). Τα αντίστοιχα ποσοστά για τις εφαρμογές των αρδεύσεων ανήλθαν σε 25%, 16% και 34%. Συνολικά η άρδευση και η λίπανση (Αζωτούχος) συμμετείχαν κατά 82%, 84% και 81% αντίστοιχα στις τελικές εκπομπές. Παρόμοια συνεισφορά

εκτιμήθηκε για την καλλιέργεια βάμβακος στην Αυστραλία όπου η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος για τις αρδεύσεις και η πρακτική της N λίπανσης αποτέλεσαν τους σημαντικότερους παράγοντες, συμμετέχοντας κατά 27.5% και 63.1% στις τελικές εκπομπές αντίστοιχα (Maraseni et al., 2010).

Οι εκπομπές λόγω κατανάλωσης ορυκτού καυσίμου μόνο για τη χρήση ελκυστήρα κατά την εφαρμογή των διαφόρων καλλιεργητικών φροντίδων στην παρούσα μελέτη, δεν φαίνεται να επηρεάζουν ισχυρά τις τελικές εκπομπές συμμετέχοντας κατά μέσον όρο 7.2%, γεγονός το οποίο συνάδει με ανάλογες μελέτες (Vlachos et al., 2013; Maraseni et al., 2010).

Η άρδευση στην χώρα μας αποτελεί τον κυριότερο παράγοντα για την παραγωγικότητα της καλλιέργειας. Οι τελικές εκπομπές επηρεάζονται ισχυρά από τον αριθμό των αρδεύσεων και την ιπποδύναμη (HP) των χρησιμοποιούμενων μηχανημάτων άντλησης (κατανάλωση ορυκτού καυσίμου), συμμετέχοντας κατά μέσον όρο 18.2%. Ανάλογα δεδομένα αναφέρονται για τις καλλιέργειες ρυζιού και ηλίανθου (Maraseni et al., 2009; Cotana et al., 2010).

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι τυπικές εκπομπές εκφράζουν τις συνολικές εκπομπές GHG κατά την καλλιεργητική φάση αναγόμενες σε MJ παραγόμενης βιοαιθανόλης. Κατά την παραγωγή βιοαιθανόλης πρώτης γενιάς, οι τυπικές εκπομπές επηρεάζονται ισχυρά από την απόδοση των ποικιλιών και λιγότερο από την περιεκτικότητα του αμύλου. Οι χαμηλότερες τυπικές εκπομπές καταγράφηκαν για ποικιλίες οι οποίες ανήκουν στην παραγωγική κατεύθυνση KE καθώς συνδυάζουν υψηλή απόδοση παραγωγής και υψηλή περιεκτικότητα σε άμυλο. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης κατά μέσο όρο για όλους τους πειραματικούς αγρούς τις χαμηλότερες τυπικές εκπομπές εμφάνισαν οι ποικιλίες H7/KE, H2/KE και H9/KE οι οποίες ανήλθαν σε 25.3, 27.3 και 27.6 g CO₂e/MJ_{Βιοαιθανόλης} αντίστοιχα.

Σχετικές τυπικές εκπομπές έχουν εκτιμηθεί στα πλαίσια διάφορων μελετών. Οι de Vries et al. (2010) μελέτησαν τις τυπικές εκπομπές από εννέα ενεργειακές καλλιέργειες που προορίζονται για την παραγωγή βιοαιθανόλης και βιοντίζελ. Το γλυκό σόργο και το ζαχαροκάλαμο για παραγωγή βιοαιθανόλης και η σόγια για παραγωγή βιοντίζελ παρουσίασαν τις συγκριτικά χαμηλότερες τυπικές εκπομπές.

Στην χώρα μας ανάλογη συγκριτική μελέτη για την παραγωγή βιοαιθανόλης πραγματοποιήθηκε από το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών (Vlachos et al., 2014)

στην οποία αξιολογήθηκαν επί τρία συνεχόμενα έτη 2008-2010 στην περιοχή της Κωπαΐδας εμπορικές ποικιλίες καλαμποκιού και σόργου. Οι εκπομπές του καλαμποκιού κυμάνθηκαν από 20.6-28.6, 22.8-29.1 και 23.2-42.4 για τα έτη 2008, 2009, 2010, ενώ οι αντίστοιχες του σόργου ήταν 26.3, 35.2, 23.1-29.3 και 19.4-23.8 g CO₂e/MJ_{Βιοαιθανόλης}. Η συνολική μείωση των εκπομπών κυμάνθηκε για το καλαμπόκι από 45.0-51.3%, 44.7-49.6% και 34.2-49.3% για τα έτη 2008, 2009, 2010, ενώ αντίστοιχα για το σόργο ήταν 39.9-46.8%, 44.6-49.4% και 48.8-52.3%.

Η επιτυγχανόμενη ποσοστιαία μείωση των εκπομπών GHG προκύπτει από τη σύγκριση της βιοαιθανόλης με την αντίστοιχη ποσότητα βενζίνης που αντικαθιστά. Όπως αναμενόταν οι υψηλότερες μειώσεις εκπομπών GHG (%) εκτιμήθηκαν για τις ποικιλίες που παρουσίασαν τις χαμηλότερες τυπικές εκπομπές. Κατά μέσο όρο οι ποικιλίες Η7/ΚΕ, Η2/ΚΕ και Η9/ΚΕ παρουσίασαν την μεγαλύτερη μείωση εκπομπών η οποία ήταν 47.1, 45.5 και 45.2% αντίστοιχα.

Στο πλαίσιο της κατάρτισης της εθνικής έκθεσης εκπομπών αερίων θερμοκηπίου για τις πρώτες ύλες παραγωγής βιοκαυσίμων και βιορευστών ανά περιοχή (NUTS 2) σύμφωνα με την οδηγία 28/2009 της ΕΕ υπολογίστηκαν οι τυπικές εκπομπές κατά τη φάση της καλλιέργειας σε καλαμπόκι (*Zea mays* L), σιτάρι (*Triticum* sp.) και ζαχαρότευτλα (*Beta vulgaris* L.) για παραγωγή βιοαιθανόλης. Αυτές κατά μέσο όρο ήταν 19.8, 22.3 και 20.4 gCO₂e/MJ_{Βιοαιθανόλης} αντίστοιχα (Μη δημοσιευμένα αποτελέσματα εργαστηρίου Βελτίωσης Φυτών και Γεωργικού Πειραματισμού του Γ.Π.Α.). Οι παραπάνω τυπικές εκπομπές σε σύγκριση με τον αντίστοιχο ΓΜΟ=29.9 gCO₂e/MJ_{Βιοαιθανόλης} της παρούσας μελέτης εμφανίζονται μικρότερες από και αυτό οφείλεται στις μικρές σχετικά αποδόσεις των πειραματικών αγρών.

Στα πλαίσια επίσης της παρούσης μελέτης υπολογίστηκαν για το έτος 2014, οι τυπικές εκπομπές στους βασικούς νομούς της καλλιέργειας (Ξάνθη, Σέρρες, Δράμα, Τρίκαλα και Πέλλα). Οι τιμές σε αντίθεση με αυτές των πειραματικών αγρών (2008-2011) κυμάνθηκαν μεταξύ 17.6 και 24.8 με ΓΜΟ=20.34 g CO₂e/MJ_{Βιοαιθανόλης} αποτέλεσμα το οποίο είναι παραπλήσιο του 19.8 gCO₂e/MJ_{Βιοαιθανόλης} του εργαστηρίου Βελτίωσης Φυτών και Γεωργικού Πειραματισμού του Γ.Π.Α. και αρκετά μικρότερο του ΓΜΟ=29.9g CO₂e/MJ_{Βιοαιθανόλης} της παρούσας μελέτης (2008-2011).

Στους παραπάνω νομούς κατά μέσο όρο, στις συνολικές τιμές των εκπομπών, συνεισφέρουν κυρίως η λίπανση (32.9%), οι εκπομπές των N₂O (45.0%) και η

άρδευση (13.9%) ενώ η αντίστοιχη συνεισφορά των παραμέτρων αυτών στους πειραματικούς αγρούς (2008-2011) ήταν 32.5, 41.1 και 18.3%.

Η συνολική μείωση των εκπομπών των αερίων GHG κυμάνθηκε στους παραπάνω νομούς από 47.4% έως 53.1%. Ο νομός Τρικάλων (47.4%) είναι ο μόνος που δεν καλύπτει τη οδηγία της ΕΕ 28/2009 για την ελάχιστη μείωση εκπομπών κατά την παραγωγή βιοαιθανόλης από καλαμπόκι (49%).

Οι Wang et al. (2007) συνέκριναν διάφορα συστήματα παραγωγής βιοαιθανόλης, βάσει της αποδοτικότητας των μονάδων παραγωγής και εκτίμησαν τις μειώσεις εκπομπών από 28% έως 52% ανάλογα με την εφαρμοζόμενη μέθοδο. Σε μία αντίστοιχη μελέτη οι Liska et al. (2009) εκτίμησαν τις μειώσεις εκπομπών που προκύπτουν από την παραγωγή βιοαιθανόλης από καλαμπόκι, να κυμαίνονται από 48 έως 59% ανάλογα με την τεχνολογία παραγωγής που εφαρμόστηκε. Επίσης οι Kim and Dale (2005) υπολόγισαν τη μείωση εκπομπών κατά την παραγωγή βιοαιθανόλης από καλαμπόκι βάσει του συστήματος κατεργασίας του εδάφους. Το εύρος των διακυμάνσεων ανήλθε από 32% έως 54% και 40% έως 41% για τα συστήματα της συμβατικής κατεργασίας και ακατεργασίας αντίστοιχα.

Η ΕΕ μέσω της οδηγίας 28/2009 έχει ορίσει σαφή όρια όσον αφορά τις τυπικές εκπομπές που προκύπτουν κατά την παραγωγή των βιοκαυσίμων από συγκεκριμένες ενεργειακές καλλιέργειες. Τα ανώτερα όρια που έχουν θεσπισθεί κατά την παραγωγή βιοαιθανόλης για πρώτες ύλες όπως το ζαχαρότευτλο, το σιτάρι και το καλαμπόκι ανέρχονται σε 12. 23 και 20 g CO₂e/MJ_{Βιοαιθανόλης} αντίστοιχα (EC 2009). Ανάλογα η ελάχιστη μείωση εκπομπών όπως αυτή αναφέρεται στην οδηγία 28/2009 κατά την παραγωγή βιοαιθανόλης από τις παραπάνω πρώτες ύλες ανέρχεται σε 52% για την καλλιέργεια του ζαχαρότευτλου, 16% για την καλλιέργεια του σίτου και 49% για την καλλιέργεια του καλαμποκιού.

Λαμβάνοντας υπόψη τόσο τα προκαθορισμένα όρια των τυπικών εκπομπών κατά την καλλιεργητική φάση όσο και τις κατώτερες τιμές μείωσης των εκπομπών GHG των παραπάνω πρώτων υλών που προορίζονται για παραγωγή βιοαιθανόλης γίνεται αντιληπτό ότι τα αποτελέσματα της καλλιέργειας καλαμποκιού για παραγωγή βιοαιθανόλης στην χώρα μας είναι ιδιαίτερος ενθαρρυντικά. Επιπροσθέτως αν συνυπολογιστεί το γεγονός της δυνατότητας παραγωγής επιπλέον βιοαιθανόλης (β γενιά) από το λιγνοκυταρινούχο μέρος της καλλιέργειας (στέλεχος, φύλλα, άξονες) σε ποσοστό περίπου 35% της παραγόμενης από καρπό χωρίς κατανάλωση επιπλέον ενέργειας, γίνεται αντιληπτό ότι οι υπολογισθείσες τιμές δύνανται να μειωθούν ακόμα περισσότερο καθιστώντας το καλαμπόκι ιδανική πρώτη ύλη για την παραγωγή

βιοαιθανόλης πρώτης και δεύτερης γενιάς με ταυτόχρονη πολλαπλή αξιοποίηση των παραγομένων υποπροϊόντων. Η επιλογή των κατάλληλων περιοχών της καλλιέργειας για την παραγωγή βιοαιθανόλης, χρήζει περαιτέρω έρευνας λόγω των κλιματικών συνθηκών της χώρας μας.

Περαιτέρω μείωση των τυπικών εκπομπών και αύξηση της μείωσης εκπομπών (%) δύναται να επιτευχθεί μέσω της βελτιστοποίησης της καλλιεργητικής τεχνικής. Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι η άρδευση και η N λίπανση αποτελούν τους παράγοντες που ως επί των πλείστον επηρεάζουν τις τελικές εκπομπές, είναι προφανές ότι απαιτείται τροποποίηση των σχετικών καλλιεργητικών πρακτικών ώστε να μειωθούν οι απαιτούμενες εισροές.

Τέλος πέραν του προσδιορισμού της καταλληλότητας των διαφόρων ποικιλιών καλαμποκιού για την παραγωγή βιοαιθανόλης πρώτης γενιάς, τα δεδομένα της παρούσας μελέτης (Κεφάλαιο 2) παρέχουν σαφή και χρήσιμη πληροφόρηση για την καταλληλότητα των ποικιλιών για παραγωγή βιοαιθανόλης δεύτερης γενιάς από την πλήρη αξιοποίησή της βιομάζας. Το ίδιο ισχύει και για ορισμένες από τις και ποικιλίες οι οποίες δύναται να αποτελέσουν επίσης καλή πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαερίου.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Agorastos A. G. & Goulas C. K. (2005). Line selection for exploiting durum wheat (*T. turgidum* L var durum) local landraces in modern variety development programm. *Euphytica* 146:117-124.
- In Buxton D. R., Muck R. E., Harrison J. H. (eds) *Silage and Technology* p 547-608 ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI.
- Alexander D. E. (1988). Breeding Special Nutritional and Industrial types. In: G. F. Sprague and J. W. Dudley (ed) *Corn and corn Improvement 3th edition* Madison Wisconsin USA p 876.
- Al-Jibouri H., P. Miller and H. Robinson (1958). Genotypic and environmental variances and covariances in an upland cotton cross of interspecific origin. *Agronomy Journal* 50: 633-636.
- Allen M. S., Coors J. G. and Roth G. W. (2003). Alvi M. B., M. Rafique, M. S. Tariq, A. Hussain, T. Mahmood and M. Sawwar (2003). Character association and path coefficient analysis of grain yield and yield components maize (*Zea mays* L.). *Pakistan Journal of Biological Sciences* 6(2): 136-138.
- Anderson Meike S. and M. Carmen de Vicente (2010). Maize, Corn (*Zea mays* L). In *Gene Flow between Crops and Their Wild Relatives*. The Johns Hopkins University Press, p 259.
- Baker R. J. (1986). Selection Indices in Plant Breeding. CRC PRESS pp 1-7, pp 29-31.
- Barriere Y., Guillet C., Goffner D. and Pichon M. (2003). Genetic variation and breeding strategies for improved cell wall digestibility in annual forages crops. *A review Anim. Res.* 52:193-228.
- Barten Jason (2013). Evaluation and prediction of corn stover biomass and composition for commercially available corn hybrids. Dissertation of PhD Iowa State University, Ames Iowa.
- Bassetti P. and Westgate M. E. (1994). Floral asynchrony and Kernel set in maize quantified by image analysis. *Agronomy Journal* 86:699-703.
- Beavis W. D., Smith O. S., Grant D., Fincher R. (1994). Identification of quantitative trait loci using a small sample of top crossed and F₄ progeny from maize. *Crop Science* 34:882-896.
- Bernardo Rex. (2002). Breeding for Quantitative Traits in Plants. Stemma Press. Woodbury, Minesota, USA. (p 206).
- Betran F. J., Mayfield K., Isakeit T., and Menz M. (2003). Breeding Maize Exotic Germplasm. In Kendall R Lankey, Michael Lee (ed) *Plant Breeding: The Arnel R Hallauer International Symposium* p 352, p355Blanco-Canqui H. (2010). Energy Crops and their Implications on Soil and Environment. *Agronomy Journal* 102(2):403.

- BioGrace (2015). The Biograce GHG calculation Tool: A Recognised Voluntary Scheme, version 4d. Utrecht, The Netherlands: Biograce Available from www.biograce.net, last accessed 24/4/2015.
- Bletsos A. Eleftherios and Christos K. Goulas (1999). Mass Selection for improvement of grain yield and protein in a maize population. *Crop Science* 39:1302-1305.
- Bolanos J. and Edmeades G. O. (1993). Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical maize: II Response in reproductive behavior. *Field Crops Res.* 31:253-268.
- Boyer C. D., Daniels R. R., and Shannon J. C. (1977). Starch granule (amyloplast) development in endosperm of several *Zea mays* L. genotypes affecting kernel polysaccharides. *American. J. Bot* 64, 50.
- Bradley J. P., K. H. Knittle, and A. F. Troyer (1988). Statistical methods in seed corn product selection. *J Prod. Agric.*1:34-38.
- Brandolini A. (1971). Preliminary report on South Eutopean and Mediteranean maize germplasm. *Proc. Fith Meet. Maize Sorghum Sect.* Eucarpia p117-135.
- Bruce A. B. (1910). The Mendelian theory of heredity and the augmentation of vigor. *Science* 32:627–628.
- Carena M. J. and Hallauer A. R. (2001). Expression of heterosis in Leaming and Midland Yellow Dent maize populations. *J Jowa Acad. Science* 108:73078.
- Collins G. N. (1910). The value of first generation hybrids in Corn. *US Dept Bureau Plant Ind Bull* 191.
- Comstock R. E. and R. H. Moll (1963). Genotype- environment interactions. *In* Hanson W. D. and Robinson H. F. (eds.) *Statistical Genetics and Plant Breeding*. NAS-NRC, Washington, D.C., USA.
- Coors J. G. (1996). Findings of the Wisconsin corn silage consortium. Proceedings of the 58th Cornel Nutrition Conference for Feed Manufactures, 22-24 October 1997. Rochester, NY. Cornel University Press, Ithaca, NY pp20-28.
- Coors J. G. (1999). Selection Methodology and Heterosis. *In* James G. Coors and Shivaji Pandey (ed). *The genetics and exploitation of heterosis in crops* (p 239). ASA Inc, CSS Inc, SSCA Inc Madison Wisconsin, USA.
- Coors J. C. and Lauer J. G. (2000). Silage Corn. *In* Specialty Corns (ed) Arnel R. Hallauer
- Corrigan M. E. and R. A. Mass (2009). Utilization of distillers dried grains with solubles (DDGS) by cattle. *In*: W. M. Ingledew, D. R. Kelsall, G. D. Austin and C. Kluhspies (ed), *The Alcohol Textbook 5th ed.* Nottingham University Press, Nottingham, UK p 324.
- Cotana F., Barbanera M. and Fantozzi F. (2010). Life cycle assessment of sunflower and rapeseed cultivation for biodiesel production. Proceedings of the 10th Congresso Nazionale, Sviluppo Sostenibile, Tutela dell' Ambiente e della Salute Umana, Atti, Perugia, Italy, CIRIAF p 301-306.

Crossa J. (1989). Theoretical Considerations for the Introgression of Exotic germplasm into adapted Maize populations . *Maydica* 34 53-62.

Crosbie T. M. (1982). Changes in physiological traits associated with long term breeding efforts to improve grain yield of maize p206-233. *In* H. D. Loden and D. Wilkinson (ed) Proc Annual. Corn and Sorghum Ind. Res. Conf 37th, Chigaco, IL. 5-9 Dec 1982. Am Seed Trade Association, Washington DC.

Crosbie T. M., S. R. Eathington, G. R. Johnson, M. Edwards, R. Reiter, S. Stark, R. G. Mohanty, M. Oyervides, R. E. Buehler, A. K. Walker, R. Delannay, J. C. Pershing, M. A. Hall and K. R. Lamkey (2006). Plant Breeding: Past, Present and Future p3-50. *In* K R Lamkey and M Lee (ed) Plant Breeding : The Arnel R Hallauer International symposium. Blackwell Publisng, Oxford UK.

Cuomo G. J., Redfern D. D. and Blouin D. D. (1998). Plants density effects on tropical corn forage mass, morphology and nutritive value. *Agronomy Journal* 90:93-96.

Deepalakshmi A. J. and Ganesamurthy K. (2007). Studies on genetic variability and character association in kharif sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. *Indian Journal of Agricultural Science* 41(3): 177-182.

de Leon Natalia and James G. Coors (2008). Improvement of corn for Lignocellulosic Feedstock production. *In* Wilfred Verneris (ed) *Genetic Improvement of Bioenergy Crops* p191. Springer.

de Leon Natalia, Shawn M. Kaeppler, and Joe G. Lauer (2013). Breeding Maize for Lignocellulosic Biofuel Production. *In* Malay C Saha, Hem S Bhandari, Joseph H Bouton (ed) *Bionergy Feedstock: Breeding and Genetic* p 161.

de Vries S., van de Ven G. W. J., van Ittersum M. K. and Giller K. (2010). Resource use efficiency and environmental performance of nine major biofuel crops, processed by first-generation conversion techniques. *Biomass and Bioenergy* 34: 588-601.

De Wet J. M. J. (1991). Cytogenetics of *Zea* and *Tripsacum*. *In*: P. K. Gupta and Tsuchiya (ed) *Chromosome Engineering in Plants: Genetics, Breeding, Evolution Part A* p 483. Elsevier.

Demura and Ye. (2010). Regulation of plant biomass production. *Current opinion in plant biology*. 13(3): 299-304.

Dien B. S., Bothast R. J., Iten L. B., Barrios L. and Eckhoff S. R. (2002). Fate of Bt protein and influence of corn hybrid on ethanol production. *Cereal Chemistry* 79:582-585.

Dien B. S. and R. J. Bothast (2009). A primer for lignocellulose biochemical conversion to fuel ethanol. *In*: W. M. Ingledew, D. R. Kelsall, G. D. Austin and C. Kluhspies (eds), *The Alcohol Textbook* 4th ed. Nottingham University Press, Nottingham, UK pp 105 p 74-75.

Dijak M., Modarres A. M., Hmlton R. I., Dwyer L. M., Stewart D. W., Mather D. E. and Smith D. L. (1999). Leafy reduced stature maize hybrids for short season environments. *Crop Science* 39:1106-1110.

Donnelly B. J., Helm J. L., Lee H. A. (1973). The Carbohydrate Composition of Corn Cob Hemicelluloses. *Cereal Chemistry* 50:548-452.

Dudley J. W. (1977). 76 generations of selection for oil and protein percentage in maize p 459-473. In E. Pollak et al. (ed) Proc Int Conf on Quantitative genetics, Ames, IA 16-21 Aug 1976 Iowa State University. Press, Ames.

Dudley J. W. and R. J. Lambert (1992). Ninety generations of selection for oil and protein in maize. *Maydica* 37:81-81.

Dudley J. W. (2004). 100 Generations of selection for oil and protein in corn. *Plant Breeding Review* 23 16-21 Aug 1976 Iowa State University. Press, Ames.

Dunvik D. N. (1984) Yield gains in U S hybrid maize p15-47. In W. R. Ferh.(ed.) Genetic contribution to yield gain in five major crop plant. *CSSA Special public 7* ASA, Madison WI

Dunvik D. N. and K. G. Cassman (1999). Post-Green Revolution trends in yield potential of temperate maize in the north-central United States. *Crop Science* 39:1662-1630.

Dunvik D. N., J. C. S. Smith, and M. Cooper (2004). Long-term selection in commercial hybrid maize program. *Plant Breed Rev.*24:109-151.

Dunvik D. (2005). Contribution of Breeding to Yield Advances in Maize. In *Advances in Agronomy* p83-145.

Dwyer L. M., Stewart D. W. and Glem F. (1998). Silage yield and normal hybrids. 53rd Proceedings of Annual Corn and Sorghum Research Conference, Chicago IL. American Seed Trade Association, Washington, DC, pp 193-216.

East E. M. (1936). Heterosis. *Genetics* 21:375–397.

EC (2009). Directive 2009/28/EC of The European Parliament and of The Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/ EC and 2003/30/EC. *Official Journal of the European Union* 140: 16-62.

Ecoinvent version 3

Editorial (2005). Use of detergent system terminology and criteria of submission of manuscripts on new or revised analytical methods as well descriptive information on feed analysis and /or variability. *Animal feed Science and Technology* 118 181-186.

Edmeades G. O., J. Bolanos, A. Elings, J-M. Ribaut, M. Banziger, and M. E. Westgate (2000). The Role and Regulation of the Anthesis-Silking Interval in Maize. In M. E. Westgate and K. J. Boote (eds) *Physiology and Modeling Kernel Set in Maize* CSSA Special Publication no 29.

- Evans L. T. (1993). Crops evolution, adaptation, and yield. *Cambridge University Press*, Cambridge UK.
- Falconer and Mackey (1996). Quantitative Genetics 4th edition (pp 184-185, 188-189, 197-199).
- Farrel A. E., Plevin R. J., Turner B. T., Jones A. D., O Hare M. and Kammen D. M. (2006). Ethanol can contribute to energy and environmental goals. *Science* 311:506-508.
- Farnham D. E., G. O. Benson and R. B. Perace (2003). Corn Perspective and Culture. In: Pamela J. While and Lawrence A. Johnson (ed) *CORN Chemistry and Technology*. American Association of Cereal Chemists Inc. p 3.
- Ferguson Virgil (1994). High Amylose and Waxy Corns. In Specialty Corns (ed) Arnel R. Hallauer.
- Frey T., Coors J. G., Shaver R. D., Lauer J. G., Eilert D. T. and Flannery P. J. (2004). Selection for silage quality in the Wisconsin quality synthetic population and related maize population. *Crop Science* 44:1200-1208.
- Gethi J. G., J. A. Labate, K. R. Lamkey, M. E. Smith and S. Kresivich (2002). SSR variation in important U. S. maize inbred lines. *Crop Science* 39:601-626.
- Gifi A. (1996). Non-Linear Multivariate Analysis. Chichester: John Willey & Sons Ltd.
- Goodman M. M. (1985). Exotic maize germplasm: status, prospects and remedies. *Iowa State J Res.*59:497-527.
- Goodman Major M. and William L. Brown (1988). Races of Corn. In: G. F. Sprague and J. W. Dudley (ed) *Corn and corn Improvement 3th edition* Madison Wisconsin USA.
- Goodman M. M. (1999). Choosing and using Tropical Corn germplasm. *Annu Corn Sorghum Res. Conference Proc.* 47:4-64.
- Goulas, C. K. Deliporanidou, D.N. Katsantonis, N.D. Sfakianakis, J.N. Caramalingas, C.J. Katranis, N.S. Bletsos, E.A. and A. Gertsis (1997). Combined selection based on HS, S1 and TC family evaluation under low nitrogen input conditions in maize In : Tsafaris A. (Ed): Genetics, Biotechnology and Breeding of Maize and Sorghum. He Royal Society of Chemistry, Cambridge, p. 163-168.
- Goulas C. K., Bletsos E. N., and Korkovelos A. E. (2000). "Population improvement breeding schemes based on combined S₁, HS and TC progeny evaluation to develop maize germplasm tolerant to stress growing conditions" On XIth Meeting of the section Biometrics in Plant Breeding PARIS, France, 30 August - 1 Sep 2000. Proceedings pg. 147-153.
- Graybill J. S., Cox W. J. and Otis D. J. (1991). Yield and quality of forage maize as influenced by hybrids, planting date and plant density. *Agronomy Journal* 83:559-564.

- Grieder C., Dhillon B. S., Schipprac W., Melchinger A. E. (2012). Breeding maize as biogas substrate in Central Europe: I. Quantitative genetic parameters for testcross performance. *Theor Appl Genet.* 124:971-980.
- Gustafson T. J., J. G. Coors and N. de Leon (2010). Selection for Forage Yield and Composition on the Wisconsin Quality Synthetic Maize Population *Crop Science* 50:1795-1804.
- Habib S. H., M. K. Bashar, M. Khalequzzaman, M. S. Ahmed and E. S. M. H. Rashid (2005). Genetic analysis and morpho-physiological selection criteria for traditional biroin bangladesh rice gennplasms. *Journal of Biological Sciences* 5(3): 315-318.
- Haefele D., Owens F., O Bryan K. and Sevenich D. (2004). Selection and optimization of corn hybrids for fuel ethanol production. In *ASTA 59th Annual Corn and Sorghum Research Conference*. Chicago, 8-10 December. American Seed Trade Association, Alexandria, VA.
- Haefele D. M. and A. J. Ross (2009) Corn: Genetics, composition and quality. In: W. M. Ingledew, D. R. Kelsall, G. D. Austin and C. Kluhspsies (eds), *The Alcohol Textbook* 5th edition. Nottingham University Press, Nottingham, UK.
- Hallauer A. R., M. J. Carena and J. B. Miranda Fihlo (1988). Quantitative genetics in maize breeding. Springer pp 215-216.
- Hallauer A. R. and J. B. Miranda Fihlo. (1988). Quantitative genetics in maize breeding. 2nd edition Iowa State University Press, Ames., Iowa, p 545.
- Hallauer A. R., Wilbert A. Russel, K. R. Lamkey (1988). Corn Breeding. In: G. F. Sprague and J. W. Dudley (ed) *Corn and corn Improvement* 3th edition Madison Wisconsin USA p 478
- Hallauer A. R. (1990). Methods used in developing maize inbreds. *Maydica* 35:1-16.
- Hallauer A. R., Ross A. J. and Lee M. (2004). Long-term divergent selection for length in maize. *Plant Breeding Review* 24:153-168.
- Hallauer A. R. and Carena M. J. (2009). Maize breeding. In *Handbook of Plant Breeding: Cereals*, M J Carena (ed) pp3-98 Springer, New York, NY.
- Hamelink C. N., van Hooijdonk G., Faaij APC (2005). Ethanol from lignocellulosic biomass: techno economic performance in short-, middle-, and long term. *Biomass Bioenergy* 28:384-410.
- Hansey C. N. and de Leon N. (2011). Biomass Yield and Cell Wall Composition of Corn (*Zea mays* L) with alternative morphologies planted at variable densities.p1005 *Crop Science* 51:1005-1015.
- Hill J., Nelson E., Tilamn D., Polasly S. and Tiffany D. (2006). Environmental, economic, and energetic costs and bebenefits of biodiesel and ethanol biofuels. *Proceedings of the National Academy of Science (PNAS)* 103:11206-11210.

Hua J. P., Y. Z. Xing, W. R. Wu, C. G. Xu, X. L. Sun and Q. F. Zhang (2003). Single-locus heterotic effects and dominance by dominance interactions can adequately explain the genetic basis of heterosis in an elite rice hybrid. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 100(5):2574–2579.

IDEA (2011). Evaluacion del balance de gases de efecto invernadero en la produccion de biocarburantes, Estudios Tecnico PER 2011-2020.

Inglede W. M. (2003). Yeasts. Physiology, nutrition and ethanol production. *In*: W. M. Inglede W. M., D. R. Kelsall, G. D. Austin and C. Kluhspies (eds), *The Alcohol Textbook* 4th ed. Nottingham University Press, Nottingham, UK pp 105.

IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. *In* Eggleston H. S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds.) N₂O emissions from managed soils, and CO₂ emissions from lime and urea application. IGES, Hayama, Japan.

Jansen Costantin (2012). Breeding for cob traits in maize Dissertation of Ph D. Iowa State University, Ames Iowa.

Javier Betran F., Marianne Banziger, and Monica Menz (2004). Corn Breeding. *In* C. Wayne Smith, Javier Betran, E. C. A. Runge (ed) *Corn Origin, History Technology and Production*, Wiley Series in Crop Science p 313, p 358.

Jung H. J. and Phillips R. L. (2010). Putative *Seedling Ferulate Ester (sfe)* maize mutants: morphology, biomass yield, and stover cell wall composition and rumen degradability. *Crop Science* 50:403-418.

Jung H-J., Samac D. A., Sarath G. (2012). Modifying crops to increase cell wall digestibility. *Plant Science*. 185-196:65-77.

Kang S. M. (1994). *Applied Quantitative Genetics* ISBN 0964297043

Kelsall D. R. and T. P. Lyons (2003). Grain dry milling and cooking procedures: Extracting sugars in preparation for fermentation. *In*: P. J. White and L. A. Johnson (ed), *The Alcohol Textbook* 4th ed. Nottingham University Press, Nottingham, UK p 9.

Kim S. and Dale B. E. (2005). Composition of sugar cane, energy cane, and sweet sorghum suitable for ethanol production at Louisiana sugar mills. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology* 38(7): 803-807.

Kirkpatrick K. M., Lamkey K. R., Scott M. R., Moore K. J., Haney L. J., Coors J. (2006). Beneficial traits for biobased industries. International Plant Breeding Symposium. Mexico City, Mexico p127.

<http://www.cimmyt.org/english/docs/proceedings/IPBS06-Abstracts .pdf>

Korkovelos A. E. and Goulas C. K. (2011). Divergent Mass Selection for leaf Chlorophyll Content Measured Using Chlorophyll Meter Readings in Maize Composite Population *Crop Science* 51:1437-1443.

Lauer J. G., Coors J. G. and Flannery P. J. (2001). Forage yield and quality of corn cultivars developed in difference eras. *Crop Science* 41:1449-1455.

Lawrence A. Johnson and James B. May. Wet milling: The basis for corn biorefineries. In: P. J. White and L. A. Johnson (ed) *Corn: Chemistry and Technology* 2^{ed} American Association of Cereal Chemists St.Paul p 449.

Leath Mack N. (2003). Economics of Production, Marketing, and Utilization. In: P. J White and L. A. Johnson (eds) *Corn: Chemistry and Technology* 2ed American Association of Cereal Chemists St.Paul pp 248Lee E. A. and M. Tollenaar (2007). Physiological Basis of Successful Breeding Strategies for Maize Grain Yield. *Crop Science* 47(53):S202-S215.

Leng Earl R., A. Tavcar, and V. Trifunaovic (1962). Maize of Southeastern Europe and its potential value in breeding programs elsewhere. *Euphytica* 11 263-272.

Lenz L., W. C. (1948). Comparative Histology of the female Inflorescence of *Zea mays* L. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 34(4):353-376.

Lewis Magan Friskop, Robenzon E. Lorenzana, Hans-Joachim G. Jung and Rex Bernardo (2010). Potential for Simultaneous Improvement of Corn Grain Yield and Stover Quality for Cellulosic Ethanol *Crop Science* 50: 516-523.

Li Z. K., L. J. Luo, H. W. Mei, D. L. Wang, Q. Y. Shu, R. Tabien, D. B. Zhong, C. S. Ying, J. W. Stansel, G. S. Khush, and A. H. Paterson. (2001). Overdominant epistatic loci are the primary genetic basis of inbreeding depression and heterosis in rice: I. biomass and grain yield. *Genetics* 158:1737–1753.

Li Y. L., Li X. H., Li J. Z., Fu J. F., Wang Y. Z., Wei M. G. (2009). Dent corn genetic background influences QTL detection for grain yield and yield components in high oil maize. *Euphytica* 169(2):273-284.

Liska A. J., Yang H. S., Bremer V. R., Klopfenstein T. J., Walters D. T., Erickson G. E. and Cassman K. G. (2009). Improvements in life cycle energy efficiency and greenhouse gas emissions of corn-ethanol. *Journal of Industrial Ecology* 13(1): 58-74.

Lorenz A. and Coors J. G. (2006). Characterization and analysis of maize traits beneficial to lignocellulosic ethanol industry. The ASA-CSSA-SSSA International Annual Meetings, Indianapolis, IN <http://crpos.confex.com/crpos2006am/techprogram/P26831.HTM>

Lorenz Aaron J. and J. G. Coors (2008). What can be learned from Silage Breeding Programs? *Appl Biochem Biotechnol.*148:261-270.

Lorenz A., J. Coors J. G., de Leon N., Wolfrum E. J., Hames B. R., Sluiter A. D. (2009). Characterization, Genetic Variation and Combining Ability of Maize Traits Relevant to the Production of Cellulosic Ethanol. *Crop Science* 49(1):85.

Lorenz A. J., Gustafson J. G., Coors, and N. de Leon (2010). Breeding Maize for a Bioeconomy: A Literature Survey Examining Harvest Index and Stover Yield and Their Relationship to Grain Yield *Crop Science* 50: 1-12.

- Lu T. J., Jane J-L., Keeling P. L., and Singletary G. W. (1996). Effects of ear developmental temperature on fine structure of maize starch. *Carbohydrate Res* 282, 157.
- Lu H. and R. Bernado (2001). Molecular markers diversity among current and historical maize inbreds. *Theor. Appl. Gen* 103:613-617.
- Luo L. J., Z. K. Li, H. W. Mei, Q. Y. Shu, R. Tabien, D. B. Zhong, C. S. Ying, J. W. Stansel, G. S. Khush and A. H. Paterson. (2001). Overdominant epistatic loci are the primary genetic basis of inbreeding depression and heterosis in rice: II. Grain yield components. *Genetics* 158:1755–1771.
- Manjit S. Kang (1984). Genotype by Environmental Interaction and Stability Analysis. In *Applied Quantitative Genetics* p 115. ISBN 0964297043.
- Maraseni T. N., Mushtaq S. and Maroulis J. (2009). Greenhouse gas emissions from rice farming inputs: a cross-country assessment. *The Journal of Agricultural Science, Cambridge* 147: 117-126.
- Maraseni T. N., Cockfield G. and Maroulis J. (2010). An assessment of greenhouse gas emissions: implications for the Australian cotton industry. *The Journal of Agricultural Science, Cambridge* 148: 501-510.
- Marita J. M., Vermeris W., Ralph J. and Hatfield R. D. (2003). Variations in the cell wall composition of maize *brown midrib* mutants. *J Agric. Food Chem.* 51:1313-1321.
- Meghji M. R., J. W. Dudley, R. J. Lambert, and G. F. Sprague (1984). Inbreeding depression, inbred and hybrid grain yields, and other traits of maize genotypes representing three eras. *Crop Science* 24:545-549.
- Meredith W. R. and Bridge R. R. (1972). Heterosis and gene action in cotton. *Crop Science* 12:304 -310.
- Meredith William. (1984). Quantitative Genetics. Chapter 5. In *Cotton* of Kohel R. J. and Lewis C. F., Number 24 in the series AGRONOMY, ASA, CSSA, SSSA, Madison, Wisconsin, USA.
- Meulman J. & Heiser W. (2004). *SPSS Categories 13.0*. Chicago: SPSS Inc.
- Michailidis G. & De Leeuw J. (1998). The Gifi System of Descriptive Multivariate Analysis. *Statistical Science*, 13(4), 307-336.
- Mikel M. A. and J. W. Dudley (2006). Evolution of North American dent corn from public to proprietary germplasm *Crop Science* 46:1193-1205.
- Miranda Filho J. B. (1997). Inbreeding and Heterosis. In James G Coors and Shivaji Pandey (ed). *The Genetics and Expoitation of Heterosis In Crops* (p 77).
- Moll R. H., Lonquist J. H., Fortuno J. V., and Jonson E. C. (1965). The relation of heterosis and genetic divergence in Maize. *Genetics* 52:139-144.

- Mullen C. A., Boateng A. A., Golberg N. M., Lima I. M., Laird D. A., Hicks K. B. (2010). Bio oil and Bio char production from cobs and stover by fast pyrolysis. *Biomass Bioenergy* 34(1):67-74.
- Nicolis Nancy N. and Rodney J. Bothast (2008). Production of Ethanol from Grain. In Wilfred Verneris (ed) *Genetic Improvement of Bioenergy Crops* p75.
- Normal Neal, Jim Coors, and Joe Lauer: Corn. In: University of Wisconsin, *Agronomy Department the first 100 years*.
- Odhiambo M. O. and Compton W. A. (1987). Twenty cycles of divergent mass selection for seed size in corn. *Crop Science* 27: 1113-1116.
- Pandey S. and C. O. Gardner (1992). Recurrent selection for population, variety and hybrid improvement in tropical maize. *Advance Agronomy* 48:1-87.
- Paterniani E. and J. H. Lonquist (1963). Heterosis in interracial crosses of corn (*Zea mays* L.). *Crop Science* 3:504 -507.
- Pedersen J. F. (1996). Annual forages: New approaches for C4 forages. In J. Janick (ed) *Progress in New Crops* ASHS Press Alexandria VA p246-251
- Peterson Roger G. (1994). *Agricultural Field Experiments Design and Analysis* Marcel Dekker, Inc p 103.
- Pordesimo L., W. C. Edems and S. Sokhansanj (2004). Distribution of above ground biomass in corn stover. *Biomass Bioenergy* 26(4):337-343.
- Prasad B., A. K. Patwary and P. S. Biswas (2001). Genetic variability and selection criteria in fine rice (*Oryza sativa* L.). *Pakistan Journal of Biological Sciences* 4(10): 1188-1190.
- Ragauskas A. J., Williams C. K., Dvidson B. H., Britivsek G., Cairney J., Eckert C. A., Frederick Jr. Wj., Hllett J. P., Leak D. J., Liotta C., L., MIELENZ J. R., Murphy R., Templer R. and Tschaplinski T. (2006). The path forward for biofuels and biomaterials. *Science* 311:484-489.
- Rex Bernardo (2002). *Breeding for Quantitative Traits in Plants*. *Stemma Press*. Woodbury, Minesota, USA.
- Richards R. A. (2000). Selectable traits to increase crop photosynthesis and yield of grain crops. *J. Exp. Bot* 51:47-458.
- Richey F. D. (1922). The experimental basis for the present status of Corn breeding. *J Soc. Agronomy* 14: 1-17.
- Robert G. D. Steel, James H. Torrie, David A. Dickey (1996). *Principles and Procedures of Statistics: A Biomterical Approach* 3rd Edition p 186.
- Roger G. Peterson (1994). *Agricultural Field Experiments Design and Analysis* Marcel Dekker, Inc p 103.

- Romanelli T. L. and Milan M. (2004). Energy balance methodology and modeling of supplementary forage production. In *Proceedings of the IV Biennial International Workshop on Advances in Energy Studies*. (Eds. S Ortega & S Ulgiati) pp 315-321 São Paulo, Brazil:University of Campinas.
- Rooney L. W., C. M. McDonough and R. D. Waniska (2004). The Corn Kernel. In C. Wayne Smith, Javier Betran, E. C. A. Runge (ed) *Corn Origin, History Technology and Production*, Wiley Series in Crop Science.
- Roth Greg and Cole Gustafson (2014). Corn Cobs for Bio fuel Production
- Russel W. A. (1985). Evaluation for plant, ear and grain traits of maize cultivars representing seven eras of breeding. *Maydica* 30:85-96.
- Russel W. A. (1991). Genetic Improvement of maize yields. *Advance Agronomy* 46:245-298
- Sheehan J., Aden A., Paustian K., Killian K., Brenner J., Walsh M., and Nelson N. (2004). Energy and Environmental aspects of using corn stover for fuel ethanol. *J Ind. Ecol.* 7,117-146.
- Saha B. C. (2003). Hemicellulose bioconversion. *Journal of Industrial microbiology and biotechnology.* 30(5):279-291.
- Sfakianakis J., Fotiadis N., Evgenidis G., Katranis N. (1996). Genetic Analysis of Maize Variety Diallel Crosses and Related Populations *Maydica* 41 113-117.
- Shinners K. J. and B. N. Binversie (2007). Fractional Yield and moisture of corn stover biomass produced in the Northern U.S. Corn Belt. *Biomass and Bioenergy* 31(8):576-584.
- Shull G. H. (1908). The composition of a field of maize. *Ann. Breed. Assn.* 4:296–301.
- Singh V. and Graeber J. V. (2005). Effects of corn hybrids variability and planting location on dry ethanol production. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers (ASAE)* 48:709-714.
- Smith L. H. (1909). The effect of selection upon certain physical characters in the Corn plant. *Illinois Agric. Exp. Stn. Bull.*132:51-62.
- Smith J. S. C. and O. S. Smith (1989). The description and assessment of distances between inbred lines of maize II. The utility of morphological, biochemical, and genetic descriptors and a scheme for the testing of distinctiveness inbred lines. *Maydica* 34:141-150.
- Smith O. S., J. S. C. Smith, S. L. Bowen, R. A. Tenborg, and S. J. Wall (1990). Similarities among group of elite maize inbreds as measure by pedigree, F1 grain yield, grain yield, heterosis and RFLPs. *Theor. Appl. Gen.*80:833-840.
- Smith J. C., D. N. Dunvick, O. S. Smith, A. Grunst and S. J. Wall (1999). Effect of hybrid breeding on genetic diversity in maize p 119-126. In J. G. Coors and S Pandey (ed). *The genetics and exploitation of heterosis in crops ASA WI.*

- Staller J. E. Ethnohistory (2009). Impressions and Perceptions of Maize. *In Maize Cobs and Cultures History of Zea mays L.* Springer Chicago, page 80.
- Steel Robert G. D., James H. Torrie, David A. Dickey (1996). Principles and Procedures of Statistics: A Biomterical Approach 3rd Edition p 186.
- Stratilakis S. N., Goulas C. K. (2002). Yield performance at three nitrogen rates of a set of honeycob vs traditional pedigree selected bread wheat varieties. *European Journal Agronomy* 19:65-76.
- Stuber C. W., Williams W. P. and Moll R. H. (1973). Epistasis in maize (*Zea mays L.*): III. Significance in predictions of hybrid performance. *Crop Science*. 13:195–200.
- Stuber C. W., Lincoln S. E., Wolff D. W., Helentjaris T., and Lander E. S. (1992). Identification of genetic factors contributing to heterosis in a hybrid from two elite maize inbred lines using molecular markers. *Genetics* 132:823–839.
- Surendra Singh and J.P. Mittal (1992). Energy in Production Agriculture, 166 p. Mittal Publications.
- Tapper (1983). Ph D diss Iowa State Univ, Ames,
- Thompson D. L. (1964). Comparative strength of corn stalk internodes. *Crop Science* 4:384-386.
- Tollenaar M. (1989). Genetic improvement in grain yield of commercial hybrids grown in Ontario from 1959 to 1988. *Crop Science* 29:1365-1371.
- Tollennar M. (1991). Physiological basis of genetic improvement of maize hybrids in Ontario from 1959 to 1988. *Crop Science* 31(1):119-124.
- Tollenaar *et al.* (1994). *CSc* 44(6): 2086-2094.
- Tollenaar M., D. E. McCullogh and L. M. Dwyer (1994). Physiological basis of the genetic improvement of corn p183-236 *In* G A Slafer (*ed*). *Genetic improvement of field crops*. Marcel Dekker, NY.
- Tollennar M. and E. A. Lee (2006). Dissertation of physiological process underlying grain yield in maize by examining genetic improvement and heterosis. *Maydica* 51:399-408.
- Tomar S. S., S. Sivakumar and K. Ganesamurthy (2012). Genetic variability and heritability studies for different quantitative traits in sweet sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] genotypes. *Electronic Journal of Plant Breeding* 3(2): 806-810.
- Troyer A. F. (1999). Background of U. S hybrid Corn. *Crop Science* 39:601-626.
- United States Department of Africulrure (1970). Forage Fiber Analysis. Agriculture Handbook No379.
- Valentinuz O. R. and Tollennar M. (2004). Vertical profile of leaf senescence during the grain filling period in older and newer maize hybrids. *Crop Science* 44:827-834

Van de Geer J. P. (1993^a). *Multivariate Analysis of Categorical Data: Theory* Thousand Oakes: Sage Publications, Inc.

Van de Geer J. (1993^b). *Multivariate Analysis of Categorical Data: Applications*. Thousand Oakes: Sage Publications, Inc.

Van Soest P. J., Robertson J. B., Lewis B.A. (1991). Methods for dietary, fiber, neutral fiber and nonstarch, polysaccharides. In *J. Dairy Science*. 74(10): 3583-3597.

Vlachos C. E., Mariolis N. A. and Skaracis G. N. (2013). A comparative greenhouse gas emission analysis of oilseed crops for biodiesel production in Greece. *The Journal of Agricultural Science* 152:263-273.

Vlachos C. E., Mariolis N. A. and Skaracis G. N. (2014). A comparison of sweet sorghum and maize as first-generation bioethanol feedstock in Greece. *The Journal of Agricultural Science*, pp1-9 *Cambridge University press 2014*.

Vogel K. P., and Jung H. G. (2001). Genetic modification of herbaceous plants for feed and fuel. *Critical Review Plant Science* 20, 15-49.

Vollbrecht E. and Schmidt R. (2009). Development of the inflorescences. In Bennetzen J., Hake S, *Handbook of Maize: its Biology*. New York: Springer.

Wang M., Wu M. and Huo H. (2007). Life cycle energy and greenhouse gas emission impacts of different corn ethanol plant types. *Environmental Research Letter* 2: 13p.

Watson S. A. (2003). Description development, structure and composition of the corn kernel. In: P. J. White and L. A. Johnson (ed) *Corn: Chemistry and Technology*, 2^{ed} American Association of Cereal Chemists St.Paul pp 69-106.

Weatherspoon J. H. (1973). Usefulness of recurrent selection schemes in commercial corn breeding program. *Annu. Corn Sorghum Res. Conf. Proc.* 28:137-143.

Weimer P. J., Dien B. S., Springel T. L., and Vogel K. P. (2005). In vitro gas production as a surrogate measure of the fermentability of cellulosic biomass to ethanol. *Appl. Microbiol. Biotechnology* 67, 52-58.

White Pamela J. (2000). Property of Corn Starch. In Arnel R. Hallauer (ed) *Specialty Corn*. CRC Press LLC.

Wolf H. G., Coors J. G., Albercht K. A., Undersander D. J., and Carter P. R. (1993). Forage quality of maize genotypes selected for extreme fiber concentrations *Crop Science* 33:1353-1359.

Wyman Charles E. (2001). Applications of Corn Stover and Fiber. In: Pamela J. White and Lawrence A. Johnson (ed) *CORN Chemistry and Technology*. American Association of Cereal Chemists Inc. p 726.

Wyaman Charles E. (2003). Applications of corn stover and fiber. In: P. J. White and L. A. Johnson (eds) *Corn: Chemistry and Technology* 2ed American Association of Cereal Chemists St. Paul p 727.

Xiao J., Li J. and Tanksley S. D. (1995). Dominance is the major genetic basis of heterosis in rice as revealed by QTL analysis using molecular markers. *Genetics* 140:745–754.

Yang B., Wyaman C. E. (2008). Pretreatment: the key to unlocking low cost cellulosic ethanol. *Biofuels Bioref* 2:26-40.

Yilmaz Ibrahim, Handan Akcaoz and Burhan Ozkan (2005). An analysis of energy use and input costs for cotton production in Turkey. *Renewable Energy* (30) 145-155.

Yu S. B., J. X. Li, Y. F. Tan, Y. J. Gao, X. H. Li, Q. F. Zhang, and M. A. Saghai Maroof. (1997). Importance of epistasis as the genetic basis of heterosis in an elite rice hybrid. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 94:9226–9231.

Zaldivar J., J. Nielsen, and Olsson (2001). Fuel ethanol production from lignocelluloses: a challenge for metabolic engineering, and process integration. *Applied Microbiology and Biotechnology* 56(1-2):17-34.

Zhan X., Wang D., Tuinstra M. R., Bean S., Sieb P. A. and Sun X. S. (2003). Ethanol and lactic acid production as affected by sorghum genotype and location. *Industrial Crops and Products* 18:245-255 .

Zuber M. S., T. R. Colbert, and L. L. Darrah (1980). Effects of recurrent selection for crushing strength of several stalk components in maize. . *Crop Science* 20:711-717.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

Αγοραστός Α. Γ. και Γούλας Χ. Κ. (2003). Αξιολόγηση τοπικών ποικιλιών σκληρού σιταριού ως πηγή γενετικής παραλλακτικότητας. Χαρακτηριστικά ποιότητας και ύψος φυτού. *Αγροτική Έρευνα* 26 (2) σελ 11-22.

Αγοραστός Α. Γ. και Γούλας Χ. Κ. (2003). Αξιολόγηση τοπικών ποικιλιών σκληρού σιταριού ως πηγή γενετικής παραλλακτικότητας. Η Ανθεκτικότητα στα Παθογόνα *Puccinia* και *Erysiphe graminis*. *Αγροτική Έρευνα* 26 (2) σελ 23-32.

Γούλας Χρήστος (1994) Βελτίωση Φυτών. Πανεπιστημιακές παραδόσεις. Βόλος 1994.

Γούλας, Καρακαζιάς, Πανάγου (1997). *ΓΕΩΠΟΝΙΚΑ* 373/1115.

Διαμαντίδης Γρηγόρης (1994). Εισαγωγή στην Βιοχημεία. Εκδόσεις *University Press Studio* Θεσσαλονίκη 2^η έκδοση.

Ευγενίδης Λ. Γεώργιος (1998). Αναδόμηση του Απλού Υβριδίου της Pioneer Hi Bred International στο Καλαμπόκι (*Zea mays* L). Διδακτορική Διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Ευγενίδης Γεώργιος Λ. (2005). ΤΟ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ ΣΑΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ Ινστιτούτο Σιτηρών Θεσσαλονίκη.

Καλτσίκης Π. Ι. (1989). Βελτίωση φυτών. Αρχές και Μέθοδοι. *Εκδόσεις Α Σταμούλης*, Πειραιάς.

Καλτσίκης Π. Ι. (1992). Η Βελτίωση του Καλαμποκιού. Ειδική Βελτίωση φυτών *Εκδόσεις Α. Σταμούλης* Πειραιάς.

Μενεξές Γ. (2006). Πειραματικοί Σχεδιασμοί στην Ανάλυση Δεδομένων. Διδακτορική Διατριβή που υποβλήθηκε στο Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Μακεδονίας. Θεσσαλονίκη.

Μενεξές Γεώργιος (2011). Γεωργικός Πειραματισμός. *Πανεπιστημιακές παραδόσεις*, Θεσσαλονίκη.

Μιχαλακόπουλος Α. Παναγιώτης (2010). Επιλογή και Αξιολόγηση για απόδοση, πρωιμότητα και χαρακτηριστικά ποιότητας μεταξύ και εντος έξι διασταυρώσεων Βαμβακιού (*Gossypium hirsutum* L.). Διδακτορική Διατριβή. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Μπουντόνας Γ. και Καραλάζος Τ. (1968). Το Καλαμπόκι στην Ελλάδα. *Ινστιτούτο Σιτηρών Θεσσαλονίκη*. ΔΕΛΤΙΟ αρ. 26.

Σκαράκης Γ. Ν., Ν. Κορρές and Ο. Ι. Παυλή (2008). Εγχειρίδιο Ενεργειακών Καλλιεργειών. ΥΠ.Α.Α.Τ. Αθήνα, Ελλάδα.

Σκαράκης Ν. Γεώργιος (2013). Βελτίωση Φυτών. Πανεπιστημιακές παραδόσεις. *Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών*.

Σφακιανάκης Ν. Ιωαννης, Κατσαντώνης Δ. Νικόλαος (1985). Δυο Ελληνικά παραγωγικά απλά υβρίδια αραβοσίτου ΑΡΗΣ και ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ. *Γεωργική Έρευνα* Αθήνα 9 (1): 5-16.

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ: WWW.ETHANOLRFA.ORG/PAGES/STATISTICS

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Γενεαλογία και Περιγραφή Πληθυσμών

Ελληνικοί Βελτιωμένοι Πληθυσμοί

Οι πληθυσμοί στενής γενετικής βάσης προέρχονται ο καθένας από τα αντίστοιχα απλά υβρίδια IS027, PX95, PR3183, PR3165, ARIS (B73 x Mo17). Ο πληθυσμός IS027 εισήχθη το 1976 ενώ οι άλλοι τρεις [PR3183, PX95, ARIS (B73 x Mo17)] το 1983. Οι τέσσερις πληθυσμοί συντηρήθηκαν με την καλλιέργεια 1000 φυτών σε απομονωμένους αγρούς μέχρι το 1986. Κατά τα έτη 1987 έως 1990 υπέστησαν 2 έτη Μαζική Επιλογή και 2 έτη ear to row Επιλογή (Sfakianakis J., Fotiadis N., Evgenidis G., Katranis N. 1996).

GROP316/PR3183: Υβρίδιο της PR Hi Bred International, ευρέως καλλιεργούμενο στην Ελλάδα την Δεκαετία του 80 και νωρίς το 90. Οι γονείς του κρατήθηκαν μυστικοί από την εταιρεία. Πριν χρησιμοποιηθεί για πειραματικούς σκοπούς, ο πληθυσμός που προήρχετο από την F₂ γενεά του υβριδίου υπέστη σε 3 κύκλους ear to row επιλογή για τα χαρακτηριστικά υψηλή απόδοση σε καρπό, ύψος φυτού και ύψος σπαδικα, και αντοχή σε ασθένειες.

GROP319/ PX95: Υβρίδιο της Northup King Company, καλλιεργούμενο στην Ελλάδα την Δεκαετία του 80. Οι γονείς δεν γνωστοποιήθηκαν από την εταιρεία. Πριν χρησιμοποιηθεί για πειραματικούς σκοπούς, ο πληθυσμός που προήρχετο από την F₂ γενεά του υβριδίου υπέστη Μαζική Επιλογή για 2 έτη για τα χαρακτηριστικά υψηλή απόδοση σε καρπό, ύψος φυτού και ύψος σπαδικα, και αντοχή σε ασθένειες.

GROP318/PX95IS027: Υβρίδιο το οποίο προέκυψε από διασταύρωση της Αυστραλιανής καθαρής σειράς NE2 (Dent καρπός με κίτρινο περικάρπιο και της Γαλλικής FS-68 Flint καρπός με πορτοκαλί περικάρπιο) που προέρχεται από την Αργεντινική Open Pollinated PI 198-902 (Henderson 1972). Ο πληθυσμός που προήρχετο από την F₂ γενεά του υβριδίου υπέστη 3 κύκλους Μαζική Επιλογή και 2 κύκλους ear to row Επιλογή για τα χαρακτηριστικά υψηλή απόδοση σε καρπό, ύψος φυτού και ύψος σπαδικα, και αντοχή σε ασθένειες.

GROP317/ARIS (B73 x Mo17): Υβρίδιο γνωστό στην ζώνη καλαμποκιού των ΗΠΑ. Η σειρά B73 προέρχεται από την Iowa Stiff Stalk Synthetic, μια συνθετική ποικιλία αντιπροσωπευτική του Reid Yellow Dent. Η σειρά Mo17 προέρχεται από την διασταύρωση των σειρών 187-2 και C 103. Η πρώτη από τις οποίες προέρχεται από Reid Yellow Dent και η δεύτερη από Lancaster Sure Crop (Halauer et al, 1980). Είναι υβρίδιο το οποίο καλλιεργήθηκε από τους Έλληνες παραγωγούς, τις προηγούμενες δεκαετίες. Πριν χρησιμοποιηθεί για πειραματικούς σκοπούς, ο πληθυσμός που προήρχετο από την F₂ γενεά του υβριδίου υπέστη 3 κύκλους Μαζική

Επιλογή για τα χαρακτηριστικά υψηλή απόδοση σε καρπό, ύψος φυτού και ύψος σπαδικα, και αντοχή σε ασθένειες. (Προσωπική Επικοινωνία Κοσ Ευγενίδης)

GR0P320/PR3165: Υβρίδιο της PR Hi Bred International, ευρέως καλλιεργούμενο στην Ελλάδα στα τέλη της Δεκαετίας του 80 και έως τα μέσα του 90. Ο πληθυσμός σχηματίστηκε από την F₂ του υβριδίου το έτος 1988. Ακολούθησε μαζική επιλογή για τρία χρόνια 1989-1992 και ο πληθυσμός επιλέχθηκε και διαχωρίστηκε για πολυδυμία (ένα ή δύο σπάδικες/φυτό) και προσαρμογή (Προσωπική Επικοινωνία Κοσ Ευγενίδης)

GR0P379/University of Illinois RSL (LANCASTER): Ο πληθυσμός του Illinois είναι ο γνωστός πληθυσμός από το Πανεπιστήμιο του Illinois, από τον οποίο προήλθαν πολλές καθαρές σειρές την δεκαετία του '70 μεταξύ των οποίων και η B73. Εισήχθη στην Ελλάδα το 1985 σε μικρή σχετικά ποσότητα σπόρων (περίπου 500 φυτά). Πριν χρησιμοποιηθεί για πειραματικούς σκοπούς, υποβλήθηκε τόσο σε Μαζική επιλογή για απόδοση (τρία χρόνια), όσο και σε τροποποιημένη οικογενειακή σε τρεις τοποθεσίες για άλλα δύο χρόνια (Προσωπική Επικοινωνία Κοσ Ευγενίδης).

Ξένοι Βελτιωμένοι Πληθυσμοί CIMMYT

GRPO327/CIMMYT 9131: Ο πληθυσμός προήλθε από μικρή σχετικά ποσότητα σπόρων (περίπου 100 φυτά) του Population 31 του CIMMYT και δοκιμάστηκε στην χώρα μας το έτος 1991. Εφαρμόστηκε μαζική επιλογή κατά τα έτη 1992-93 με ελαφρά επιλογή για την απομάκρυνση των ευαίσθητων σε ασθένειες φυτών (Ustilago Maydis) και προσαρμογή (εγκλιματισμό, πρωιμότητα).

GRPO324/CIMMYT 8945: Ο πληθυσμός προήλθε από μικρή σχετικά ποσότητα σπόρων (περίπου 100 φυτά) του Population 45 του CIMMYT και δοκιμάστηκε στην χώρα μας το έτος 1989. Εφαρμόστηκε η μαζική επιλογή σε δυο κύκλους για πρωιμότητα, και ύψος φυτού και ύψος σπαδικα.

GRPO325/CIMMYT 8931: Ο πληθυσμός προήλθε από μικρή σχετικά ποσότητα σπόρων του πληθυσμού Population 31 (περίπου 100 φυτά) του CIMMYT και δοκιμάστηκε στην χώρα μας το έτος 1989. Εφαρμόστηκε μαζική επιλογή σε δυο κύκλους 1990-91 για την απομάκρυνση των ευαίσθητων σε ασθένειες φυτών (Ustilago Maydis) και προσαρμογή.

GRPO325/CIMMYT 8946: Ο πληθυσμός προήλθε από μικρή σχετικά ποσότητα σπόρων του Population 46 (περίπου 100 φυτά) του CIMMYT και δοκιμάστηκε στην χώρα μας το έτος 1989. Εφαρμόστηκε μαζική επιλογή σε δυο κύκλους 1990-91 για απόδοση και προσαρμογή. (Προσωπική Επικοινωνία Κοσ Ευγενίδης)

Population 31 (Amarillo Cristalino 2): Τροπικός πληθυσμός, πολύ πρώιμος με κίτρινο flint έως semi-flint καρπό. Σχετικά χαμηλού ύψους φυτό. Προέρχεται από το πρώιμο υλικό αρκετών (96) όψιμων τροπικών πληθυσμών του CIMMYT και από την διασταύρωση τροπικών x εύκρατων γενετικών υλικών. Βελτιώθηκε για αντοχή στις ασθένειες φυλλώματος σήψεις του σπαδικα και του στελέχους.

Population 45 (Templado Amarillo Cristalino): Πληθυσμός Υποτροπικός / Εύκρατος, μέσου βιολογικού κύκλου, με κίτρινο dent καρπό. Πληθυσμός Ευρείας γενετικής βάσης προερχόμενος από την διασταύρωση γενετικού υλικού από low land tropical maize του Mexico, των Carribean islands και 45 USA Corn Belt dents. Είναι βελτιωμένος ως προς την κάλυψη των βρακτίων, αντοχή στις σήψεις της ρόκας, αντοχή στις ασθένειες φυλλώματος (E. Turcicum), και τέλος για αντοχή στο πλάγιασμα του ριζικού συστήματος και το σπάσιμο του στελέχους.

Population 46 (Templado Amarillo Cristalino): Πληθυσμός Υποτροπικός / Εύκρατος, πρώιμος ως προς τον βιολογικό κύκλο, με κίτρινο flint καρπό και άριστο τύπο φυτού. Πληθυσμός Ευρείας γενετικής βάσης, ο οποίος περιέχει γενετικό υλικό από την Ευρώπη, τον Λίβανο, την US Corn belt, το Πακιστάν, την Ινδονήσια και την Ν Αμερική. Είναι βελτιωμένος ως προς αντοχή στις ασθένειες φυλλώματος (E. turcicum, P sorghi) και την αντοχή στο πλάγιασμα του ριζικού συστήματος και το σπάσιμο του στελέχους. CIMMYT: Completed listing of improved maize germplasm.

Ελληνικοί Αβελτίωτοι Πληθυσμοί

Η συλλογή τους πραγματοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Σιτηρών την δεκαετία '60 ή '70 όπως αναφέρεται για τον καθένα στον πίνακα χαρακτηριστικών και καλύπτουν περίπου το 75% της επιφάνειας της χώρας. Οι πηγές προέλευση είναι τρεις (3) και διακρίνονται σε lowland, midland, highland without irrigation. Μερικοί από αυτούς είναι ιδιαίτερα πρώιμοι καθώς χρειάζονται 50-55 ημέρες από την σπορά έως την ανάδυση της θηλυκής ταξιανθίας. Μερικοί έχουν χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία καθαρών σειρών με αντοχή στην περιορισμένη άρδευση και στην μικρή εισροή αζώτου (N). Η συλλογή πραγματοποιήθηκε με την συγκέντρωση και ανάμειξη πολλών σπαδικών. Διατηρούνται στο Ινστιτούτο Σιτηρών (ex situ) με την συντήρηση τους να πραγματοποιείται σε συνθήκες ελεγχόμενης θερμοκρασίας (7⁰C) και υγρασίας (50-70% RH ανάλογα με την περίοδο του έτους). Το ποσόν των συντηρουμένων σπόρων κάθε πληθυσμού κυμαίνεται από 700 έως 1000. Η ανανέωση του γενετικού υλικού γίνεται κάθε 3-5 χρόνια χωρίς καμία βελτίωση, και πραγματοποιείται με τη σπορά 100 φυτών. Η αρσενική και η θηλυκή ταξιανθία καλύπτονται με χάρτινες σακούλες και η συλλεγόμενη γύρης από όσα περισσότερα φυτά είναι δυνατόν μεταφέρεται άμεσα στα μετάξια κάθε φυτού (half sib crossing). Τουλάχιστον 20 σπάδικες πρέπει να συγκομισθούν. Το έτος 1997 στα πλαίσια προγράμματος της ΕΕ σπάρθηκαν σε ενιαίο αγροτεμάχιο στο Ινστιτούτο όλοι οι Ελληνικοί πληθυσμοί (202) για την εκτίμηση των πρωτογενών χαρακτηριστικών (Primary descriptors), και την επόμενη χρονιά με άλλους 44 (σύνολο 50 πληθυσμοί που βρίσκονται στην Ευρωπαϊκή συλλογή EUMLDB) για την εκτίμηση των δευτερευόντων χαρακτηριστικών. Στη συνέχεια το έτος 2001 για τους 12 πληθυσμούς που εντάχθηκαν στη κεντρική συλλογή (EUMLCC) έγινε εκτίμηση αντοχής στην

ξηρασία, αξιοποίησης αζώτου και αντοχής στη Sesamia. (Προσωπική Επικοινωνία
Κος Ευγενίδης- Αρχεία Ινστιτούτου Σιτηρών).

Π.Π. 2.1: Εκτίμηση Συστατικών Διακύμανσης, Επιμερισμός Φαινοτυπικής Διακύμανσης, Γενετικές Παράμετροι του Γενετικού Υλικού σε έξι Αγρονομικά Περιβάλλοντα 2008-2011.

Συστατικά Διακύμανσης	Εκτίμηση Συστατικών Διακύμανσης					
	Πρωτεΐνη % ξο	Λιπαρά % ξο	Υγρασία Συγκομιδής	Ύψος Φυτού	Ημέρες Άνθισης	ASI
$\sigma^2_{(E)}$	1.02	0.016	0.25	880.79	26.65	1.05
σ^2_G	0.11	0.01	0.72	116.39	3.92	0.17
$\sigma^2_{(GxE)}$	0.11	0.03	0.09	0.00	0.99	0.13
σ^2_e	0.16	0.02	0.33	179.17	1.74	0.41
Επιμερισμός Φαινοτυπικής Διακύμανσης						
$\sigma^2_{p(=100)}$	0.14	0.02	0.81	122.79	4.16	0.21
% σ^2_G	78.13	65.75	89.36	94.79	94.30	81.52
% $\sigma^2_{(GxE)}$	16.28	29.91	5.61	0.00	3.95	10.36
% σ^2_e	5.59	4.34	5.13	5.21	1.74	8.11
Γενετικές Παράμετροι						
GCV%	3.91	2.73	4.93	4.85	2.85	22.66
PCV%	4.43	3.36	5.22	4.90	2.92	25.07

Π. Π. 2.2.: Αξιολόγηση της Μέσης Παραγωγικής Συμπεριφοράς του Γενετικού Υλικού Κωπαιδα 2008

Υβρίδια	Απόδοση Καρπού ύ kg/στμ	Απόδοση Αμύλου kg/στμ	Άμυλο % ξ. ο.	Απόδοση Αξόνων kg/στμ	Απόδοση Βιομάζας kg/στμ	Απόδοση Βιοαιθανόλη Καρπού lt/στμ	Απόδοση Βιοαιθανόλη Βιομάζας lt/στμ	Απόδοση Συνολικής Βιοαιθανόλης lt/στμ	Πρωτεΐνη % ξ. ο.	Λιπαρά % ξ. ο.	Ύψος Φυτού cm	Ημέρες Ανθοφορίας	ASI
H9	1532	975	74,85	182	1047	631,92	283,28	915,20	7,73	3,93	172,50		
H2	1608	1015	74,23	210	821	657,99	222,13	880,12	8,90	4,05	201,25		
H3	1530	972	74,75	188	632	630,30	170,92	801,21	8,08	4,25	206,25		
H10	1528	974	74,98	176	613	631,71	165,73	797,43	7,25	3,80	196,25		
H11	1441	926	75,63	189	679	600,62	183,67	784,29	6,93	4,33	192,50		
H8	1370	849	72,90	187	847	550,59	229,11	779,69	8,33	4,13	197,50		
H18	1402	892	74,88	155	734	578,70	198,70	777,40	7,78	3,85	191,25		
H4	1378	865	73,93	139	753	561,15	203,81	764,95	8,18	4,60	196,25		
H5	1322	838	74,60	149	704	543,45	190,59	734,04	7,63	4,35	195,00		
H13	1436	917	75,10	157	453	594,83	122,58	717,41	8,15	4,20	177,50		
H12	1320	841	74,95	155	552	545,11	149,27	694,37	7,25	3,93	181,25		
H7	1288	812	74,15	145	611	526,50	165,23	691,73	7,33	3,95	193,75		
H19	1317	841	75,10	184	500	545,14	135,20	680,34	7,43	3,93	201,25		
H1	1171	740	74,40	187	612	480,13	165,54	645,66	8,60	4,35	192,50		
H16	1257	798	74,70	152	442	517,38	119,56	636,94	8,03	4,48	187,50		
H17	1088	690	74,55	155	426	447,09	115,15	562,23	7,93	4,00	175,00		
H15	1081	686	74,68	125	397	444,90	107,54	552,44	8,20	4,25	172,50		
H20	846	537	74,73	143	514	348,17	139,14	487,31	7,75	4,18	211,25		
H6	849	539	74,60	128	506	349,17	136,96	486,13	7,65	4,33	177,50		
H14	810	515	74,75	115	543	333,85	147,00	480,85	8,30	4,30	187,50		
MO	1278	811	74,62	161,03	619,28	525,92	167,55	693,48	7,87	4,16	190,31		
F₀₅	**	*	**	*	*	**	*	**	**	**	*		
ΕΣΔ	267,78	171,47	0,53	44,27	260,83	111,88	70,37	138,08	0,50	0,16	17,55		
ΣΠ %	14,79	14,20	0,49	19,41	29,66	14,92	29,65	14,06	4,44	2,65	6,51		

Π. Π. 2.3.: Αξιολόγηση της Μέσης Παραγωγικής Συμπεριφοράς του Γενετικού Υλικού Κωπαιδα 2011

Υβρίδια	Απόδοση Καρπού kg/στμ	Απόδοση Αμύλου kg/στμ	Αμύλο % ξ.ο.	Απόδοση Αξόνων kg/στμ	Απόδοση Βιομάζας kg/στμ	Απόδοση Βιοαιθανόλης Καρπού lt/στμ	Απόδοση Βιοαιθανόλης Βιομάζας lt/στμ	Απόδοση Συνολικής Βιοαιθανόλης lt/στμ	Πρωτεΐνη % ξ.ο.	Λιπαρά % ξ.ο.	Ύψος Φυτού cm	Ημέρες Ανοθοφορίας	ASI
H7	1580	986	73,45	228	810	639,30	219,15	858,45	8,93	4,45	285,00	79,25	1,00
H2	1416	890	73,95	222	912	577,23	246,67	823,90	8,50	4,45	284,50	80,75	1,00
H3	1437	907	74,23	180	687	587,92	185,82	773,74	8,30	4,40	288,75	81,25	0,50
H9	1334	831	73,28	187	789	539,00	213,42	752,42	8,33	4,43	248,25	78,25	1,75
H18	1443	903	73,63	198	586	585,75	158,54	744,29	8,60	4,45	275,00	72,75	2,25
H5	1383	866	73,70	189	639	561,46	172,90	734,36	8,83	4,53	272,75	82,00	1,50
H19	1346	848	74,10	130	672	549,77	181,88	731,65	7,95	4,38	276,00	79,75	3,50
H13	1258	787	73,55	234	780	510,60	211,14	721,74	8,58	4,55	268,75	75,75	1,25
H8	1210	765	74,28	204	757	495,88	204,86	700,74	8,10	4,23	281,25	76,75	1,00
H4	1271	802	74,25	208	616	520,08	166,70	686,77	8,15	4,25	271,75	79,75	1,00
H10	1264	789	73,58	198	620	511,66	167,72	679,39	9,03	4,38	260,00	78,75	2,00
H16	1298	818	74,15	189	545	530,57	147,38	677,95	8,28	4,28	249,00	74,25	2,00
H12	1268	796	73,88	183	556	516,42	150,51	666,93	8,38	4,33	245,25	77,50	1,25
H1	1157	723	73,55	212	726	468,73	196,39	665,12	8,30	4,33	284,25	80,75	1,75
H14	1285	813	74,50	194	506	527,39	136,87	664,26	8,00	4,35	263,25	73,50	3,00
H17	1190	742	73,30	204	623	480,84	168,52	649,35	8,83	4,58	255,50	78,50	1,25
H11	1135	711	73,70	208	683	461,13	184,91	646,04	8,63	4,50	263,75	79,50	2,25
H20	1055	663	73,98	241	784	430,11	212,13	642,24	8,55	4,28	288,25	82,75	3,00
H15	1231	772	73,85	152	504	500,71	136,31	637,02	8,23	4,40	250,75	74,75	1,75
H6	1094	686	73,80	207	534	444,95	144,52	589,47	8,35	4,33	235,75	73,75	2,00
MO	1283	805	73,83	198	666	521,97	180,32	702,29	8,44	4,39	267,39	78,01	1,75
F _{.05}	**	**	ns	*	*	**	*	*	ns	ns	**	**	**
ΕΣΔ	183,13	113,34	0,97	53,02	196,18	73,49	53,08	96,90	0,84	0,22	11,41	2,12	1,00
ΣΠ %	10,08	9,94	0,92	18,87	20,78	9,94	20,79	9,40	6,99	3,64	3,01	1,92	40,00

Π. Π. 2.4.: Αξιολόγηση της Μέσης Παραγωγικής Συμπεριφοράς του Γενετικού Υλικού Κωπαιδα 2010

Υβρίδια	Απόδοση Καρπού kg/στμ	Απόδοση Αμύλου kg/στμ	Αμύλο % ξ.ο.	Απόδοση Αξόνων kg/στμ	Απόδοση Βιομάζας kg/στμ	Απόδοση Βιοαιθανόλης Καρπού lt/στμ	Απόδοση Βιοαιθανόλης Βιομάζας lt/στμ	Απόδοση Συνολικής Βιοαιθανόλης lt/στμ	Πρωτεΐνη % ξ.ο.	Λιπαρά % ξ.ο.	Ύψος Φυτού cm	Ημέρες Ανθοφορίας	ASI
H7	1309	833	74,90	197	841	540,38	227,63	768,01	8,33	4,33	251,25	71,00	2,00
H9	1212	771	74,78	180	980	499,62	265,10	764,72	8,38	4,08	222,30	70,00	2,00
H1	1298	828	75,13	159	779	537,17	210,73	747,90	8,10	3,78	236,45	70,75	1,25
H2	1306	828	74,68	146	719	537,17	194,56	731,73	8,10	3,98	240,83	71,75	1,00
H10	1227	788	75,58	154	664	510,93	179,63	690,56	7,83	3,83	237,70	68,00	1,25
H4	1168	741	74,60	176	774	480,35	209,31	689,66	8,78	4,00	246,68	69,25	2,25
H13	1333	848	74,88	181	504	550,07	136,38	686,45	8,48	4,10	230,00	69,00	0,25
H3	1115	720	75,88	133	750	466,66	202,87	669,53	7,30	4,03	251,68	72,00	0,00
H5	1317	839	74,98	150	455	544,20	123,00	667,20	8,38	4,10	224,80	72,00	1,25
H6	1211	770	74,80	118	603	499,24	163,21	662,45	8,13	4,00	223,75	67,75	0,00
H19	1289	817	74,60	206	438	529,77	118,52	648,29	8,88	4,30	242,50	69,25	2,50
H12	1193	757	74,73	177	521	490,91	140,99	631,90	8,13	4,30	220,83	66,25	1,00
H18	1202	756	74,03	159	451	490,19	122,15	612,34	8,53	4,23	235,63	69,75	1,25
H8	1044	658	74,18	132	672	426,84	181,90	608,74	8,60	4,50	241,45	68,25	0,75
H11	937	594	74,63	166	808	385,45	218,58	604,03	8,20	4,30	226,05	73,00	0,75
H16	1111	707	74,83	157	517	458,19	139,85	598,04	7,78	4,13	238,55	66,25	1,00
H14	1080	694	75,60	152	545	449,82	147,49	597,31	7,78	4,28	241,68	66,25	1,00
H20	790	500	74,40	173	1004	324,33	271,75	596,08	8,73	4,18	251,25	72,25	2,50
H17	1062	680	75,23	146	573	441,07	154,93	596,00	8,10	4,03	224,18	68,25	2,75
H15	1102	698	74,58	157	395	452,84	106,80	559,64	8,33	4,08	216,68	66,00	1,25
MO	1165	741	74,84	161	650	480,76	175,77	656,53	8,24	4,13	235,21	69,35	1,30
F _{.05}	**	**	*	ns	**	**	**	*	**	**	*	**	**
ΕΣΔ	157,59	101,97	0,71	49,43	204,93	66,12	55,46	96,80	0,58	0,20	16,97	1,24	1,03
ΣΠ %	9,55	9,71	0,65	21,68	22,27	9,71	22,28	10,41	4,97	3,39	5,09	1,25	56,15

Π. Π. 2.5.: Αξιολόγηση της Μέσης Παραγωγικής Συμπεριφοράς του Γενετικού Υλικού Θεσ_κη 2009

Υβρίδια	Απόδοση Καρπού kg/στμ	Απόδοση Αμύλου kg/στμ	Αμύλο % ξ.ο.	Απόδοση Αξόνων kg/στμ	Απόδοση Βιομάζας kg/στμ	Απόδοση Βιοαιθανόλης Καρπού lt/στμ	Απόδοση Βιοαιθανόλης Βιομάζας lt/στμ	Απόδοση Συνολικής Βιοαιθανόλης lt/στμ	Πρωτεΐνη % ξ.ο.	Λιπαρά % ξ.ο.	Ύψος Φυτού cm	Ημέρες Ανθοφορίας	ASI
H9	1298	827	74,98	130	1054	536,22	285,06	821,28	7,6	4,15	183,25	66	2,75
H11	1112	714	75,53	132	1003	462,91	271,38	734,29	7,08	4,40	177,5	65	2,75
H7	1233	788	75,15	145	814	510,88	220,37	731,25	9,13	4,45	191,25	65,25	2,75
H4	1122	707	74,25	141	896	458,55	242,50	701,05	8,40	4,50	195	65,25	2,75
H8	1129	715	74,45	128	819	463,39	221,63	685,02	8,625	4,375	206,25	62,75	2,5
H2	1051	666	74,60	124	926	431,87	250,55	682,42	8,73	4,23	195,5	66	2,75
H17	1108	706	75,03	105	796	458,03	215,23	673,27	8,60	4,00	187,25	64,75	3
H3	1027	654	75,03	136	859	424,36	232,31	656,67	8,38	4,20	191,25	66,25	2,25
H5	1077	685	74,83	123	723	443,97	195,50	639,47	7,48	4,18	195,75	65	2,75
H13	1123	719	75,35	117	626	466,15	169,38	635,53	8,15	4,28	197	61,75	3,25
H10	1028	659	75,50	99	650	427,54	175,84	603,37	6,93	3,63	193,25	63,25	3,5
H12	1028	661	75,70	97	483	428,85	130,60	559,45	7,18	3,85	179,5	62	3,25
H1	947	605	75,13	124	602	392,11	162,76	554,87	8,83	4,28	169	66,75	2,75
H15	993	629	74,45	105	451	407,61	122,15	529,76	8,38	4,35	185,75	62,75	2,75
H14	877	560	75,18	102	590	363,29	159,62	522,91	8,80	4,23	181,5	61,75	3,25
H19	993	637	75,48	148	391	413,01	105,71	518,72	7,58	4,00	189	65,25	3,25
H6	916	583	74,78	107	518	377,71	140,03	517,74	8,10	4,43	162	62	2,75
H18	903	581	75,65	80	415	376,56	112,34	488,90	7,78	4,05	199,5	63	3,75
H20	749	481	75,50	115	613	311,60	165,73	477,33	8,10	4,38	204,25	68	2,75
H16	873	556	74,88	119	406	360,23	109,90	470,13	8,40	4,28	188,75	61,25	3,5
MO	1029	656,57	75,07	18,9	681,65	425,74	184,43	610,17	8,11	4,21	188,65	64,2	2,95
F _{.05}	*	*	**	**	**	*	**	**	**	**	*	**	ns
ΕΣΔ	227,34	144,03	0,49	36,31	236,70	93,39	64,04	125,74	0,51	0,18	19,86	1,61	0,93
ΣΠ %	15,59	15,49	0,47	21,57	24,52	15,49	24,52	14,55	4,44	2,85	7,44	1,77	22,37

Π. Π. 2.6.: Αξιολόγηση της Μέσης Παραγωγικής Συμπεριφοράς του Γενετικού Υλικού Θεσ_κη 2010

Υβρίδια	Απόδοση Καρπού kg/στμ	Απόδοση Αμύλου kg/στμ	Αμύλο % ξ.ο.	Απόδοση Αζόνων kg/στμ	Απόδοση Βιομάζας kg/στμ	Απόδοση Βιοαιθανόλης Καρπού lt/στμ	Απόδοση Βιοαιθανόλης Βιομάζας lt/στμ	Απόδοση Συνολικής Βιοαιθανόλης lt/στμ	Πρωτεΐνη % ξ.ο.	Λιπαρά % ξ.ο.	Ύψος Φυτού cm	Ημέρες Ανθοφορίας	ASI
H7	1133	702	72,88	169	520	454,97	140,83	595,79	10,43	3,68	262,75	70,75	0,25
H8	858	525	72,10	127	630	340,74	170,40	511,13	10,53	4,53	255,25	68,00	0,75
H4	873	539	72,65	124	552	349,61	149,47	499,08	10,08	3,75	255,00	70,50	0,75
H6	869	541	73,30	154	507	351,07	137,30	488,37	9,58	3,63	231,25	66,25	1,25
H1	926	570	72,50	146	397	369,60	107,49	477,09	11,00	3,70	255,50	70,75	1,75
H12	951	579	71,60	122	368	375,48	99,45	474,93	10,05	4,20	242,50	67,25	1,00
H14	864	534	72,78	130	436	346,08	117,89	463,98	10,38	3,80	249,50	65,75	2,75
H11	898	550	72,13	144	391	356,89	105,91	462,80	9,58	4,20	239,00	69,00	2,00
H18	902	560	73,15	95	359	363,30	97,16	460,47	9,28	3,75	256,75	67,50	1,50
H3	853	525	72,38	123	428	340,34	115,72	456,07	10,68	3,75	265,75	72,50	0,00
H2	807	498	72,78	134	466	323,21	126,04	449,26	11,08	3,70	267,50	70,75	0,50
H13	854	526	72,55	123	392	341,37	106,17	447,54	10,70	3,90	254,25	70,00	0,50
H17	867	536	72,80	120	364	347,83	98,43	446,26	10,95	3,38	238,25	69,50	1,25
H5	857	530	72,80	126	360	343,54	97,28	440,82	10,08	3,83	252,75	72,25	0,75
H10	839	514	72,03	121	379	333,19	102,44	435,63	9,43	3,93	249,50	67,25	1,25
H16	816	502	72,50	119	377	325,57	101,93	427,51	10,70	3,95	238,00	65,75	2,00
H9	791	491	73,05	98	402	318,34	108,87	427,20	10,30	3,78	227,00	70,25	1,00
H15	744	455	71,88	99	419	294,80	113,26	408,06	10,80	4,10	241,00	66,75	1,00
H19	715	435	71,63	113	342	281,93	92,56	374,50	11,10	3,90	243,00	69,00	2,25
H20	557	342	72,15	106	453	221,50	122,69	344,18	11,00	4,20	274,00	72,75	2,75
MO	849	522	72,48	124,69	427,13	338,97	115,56	454,53	10,38	3,89	249,93	69,13	1,26
F ₀₅	*	*	**	*	ns	*	ns	*	**	**	**	**	**
ΕΣΔ	183,03	112,40	0,64	33,77	190,56	72,88	51,56	90,21	0,72	0,18	15,29	1,76	1,00
ΣΠ %	15,23	15,18	0,62	19,12	31,51	15,18	31,51	14,01	4,91	3,35	4,32	1,79	56,34

Π. Π. 2.7.: Αξιολόγηση της Μέσης Παραγωγικής Συμπεριφοράς του Γενετικού Υλικού Θεσ_κη 2011

Υβρίδια	Απόδοση Καρπού kg/στμ	Απόδοση Αμύλου kg/στμ	Αμύλο % ξ.ο.	Απόδοση Αξόνων kg/στμ	Απόδοση Βιομάζας kg/στμ	Απόδοση Βιοαιθανόλης Καρπού lt/στμ	Απόδοση Βιοαιθανόλης Βιομάζας lt/στμ	Απόδοση Συνολικής Βιοαιθανόλης lt/στμ	Πρωτεΐνη % ξ.ο.	Λιπαρά % ξ.ο.	Ύψος Φυτού cm	Ημέρες Ανθοφορίας	ASI
H11	1042	666	75,23	155	959	432,16	259,43	691,59	7,40	4,28	207,10	65,25	0,50
H7	1114	703	74,28	162	825	455,88	223,34	679,22	9,20	4,30	232,08	66,75	0,25
H2	1106	694	73,90	151	801	450,18	216,60	666,79	8,50	4,10	234,15	65,00	0,00
H9	998	629	74,18	115	895	408,08	242,15	650,23	8,28	4,10	203,33	64,25	1,00
H6	991	624	74,10	150	758	404,78	205,13	609,91	8,18	4,35	196,68	60,75	0,00
H5	963	604	73,68	138	764	391,45	206,68	598,12	8,08	4,25	220,43	68,00	0,25
H1	958	608	74,65	133	684	394,45	185,04	579,49	8,43	4,03	205,03	66,00	0,75
H3	938	595	74,68	112	667	385,97	180,43	566,40	8,63	4,10	221,68	68,25	-0,25
H10	1018	643	74,23	155	549	416,79	148,64	565,43	7,58	3,75	206,68	63,00	0,00
H17	958	608	74,68	128	609	394,54	164,84	559,38	8,70	3,98	211,25	65,75	1,00
H13	849	538	74,50	134	748	348,67	202,38	551,06	8,78	4,00	211,23	65,25	0,75
H14	930	590	74,65	133	605	382,73	163,67	546,40	8,45	4,13	215,00	62,50	0,25
H8	944	586	73,10	152	581	380,24	157,17	537,41	9,03	4,08	232,50	62,75	0,00
H12	990	630	74,85	154	445	408,77	120,41	529,18	7,60	3,93	205,00	62,25	0,50
H4	926	580	73,65	126	535	376,24	144,79	521,03	8,20	4,53	230,00	64,75	0,50
H16	857	542	74,38	121	534	351,25	144,56	495,82	8,35	4,25	211,25	60,75	0,25
H15	867	544	73,75	126	424	352,60	114,59	467,19	9,05	4,28	193,78	62,75	0,25
H19	812	512	74,10	124	486	332,16	131,38	463,54	8,20	4,00	217,50	65,00	2,00
H20	740	469	74,58	118	555	304,21	150,11	454,32	8,45	4,20	248,75	66,50	1,25
H18	697	442	74,48	91	574	286,58	155,41	441,99	8,18	4,10	219,60	64,50	1,00
MO	935	590	74,28	113,86	649,9	382,88	174,84	558,72	8,36	4,16	216,15	64,5	0,51
F ₀₅	ns	ns	**	ns	**	ns	**	*	**	**	*	**	**
ΕΣΔ	274,98	174,79	0,61	43,23	155,00	113,33	41,94	120,96	0,51	0,19	28,00	1,72	0,70
ΣΠ %	20,77	20,90	0,57	22,81	16,84	20,90	16,84	15,20	4,30	3,17	9,15	1,89	96,08

Π. Π. 3.1.: Αξιολόγηση της Μέσης Παραγωγικής Συμπεριφοράς του Γενετικού Υλικού Θεσσαλονίκη 2008

Γενετικό Υλικό	Κατηγορία Γενετικού Υλικού	Προέλευση	Αποδόση Καρπού kg/στμ	Υγρασία Συγκομιδής	Ύψος Φυτού cm	Ημέρες Ανθοφορίας	ASI	Άμυλο % ξ ο	Πρωτεΐνη % ξ.ο.	Λιπαρά % ξ.ο.	
GROP012	Ελληνικοί Αβελτίστοι Πληθυσμοί	Κ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	516	14,53	52,50	44,75	6,25				
GROP084		Δ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	405	14,90	35,00	47,25	4,75				
GROP174		ΗΠΕΙΡΟΣ	427	16,25	55,00	41,50	4,50				
GROP179		ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	303	14,28	66,25	36,75	2,75				
GROP183		Α. Στ. ΕΛΛΑΔΑ	341	14,70	40,00	42,50	5,75				
GROP279		UN of ILLINOIS	175	16,15	78,75	55,75	4,75				
GROP316		Ξένοι Βελτιωμένοι Πληθυσμοί	PR3183	680	19,58	76,25	57,00	4,75			
GROP317			ARIS	697	17,88	93,75	54,25	4,75			
GROP318			IS017	300	15,58	78,75	59,50	4,00			
GROP319	PX95		560	19,30	91,25	55,50	5,25				
GROP320	PR3165		642	21,50	81,25	55,75	7,25				
GROP323	CIMMYT		694	20,23	63,75	58,75	4,25				
GROP324	Ξένοι Βελτιωμένοι Πληθυσμοί CIMMYT	CIMMYT	384	23,88	93,75	61,75	3,75				
GROP325		CIMMYT	332	27,00	92,50	64,50	3,00				
GROP327		CIMMYT	459	30,00	97,50	58,25	2,75				
		CIMMYT									
H3.1	Υβρίδια	Μάρτυρας	1029	17,93	81,25	59,50	3,50				
H3.2		Μάρτυρας	917	17,03	66,25	58,25	3,25				
H3.3		Μάρτυρας	918	17,23	80,00	53,75	4,50				
MO			543	18,77	73,54	53,63	4,43				
F _{.05}			**	**	**	ns	**				
ΕΣΔ			161,86	2,97	26,35	7,87	2,65				
ΣΠ %			20,99	11,34	25,24	10,33	42,21				

Π. Π. 3.2.: Αξιολόγηση της Μέσης Παραγωγικής Συμπεριφοράς του Γενετικού Υλικού Θεσσαλονίκη 2009

Γενετικό Υλικό	Κατηγορία Γενετικού Υλικού	Προέλευση	Αποδόση Καρπού kg/στμ	Υγρασία Συγκομιδής	Ύψος Φυτού cm	Ημέρες Ανθοφορίας	ASI	Άμυλο % ξ ο	Πρωτεΐνη % ξ.ο.	Λιπαρά % ξ.ο.
GROP012	Ελληνικοί Αβελτίωτοι Πληθυσμοί	K. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	822	17,60		56,50	5,75	74,50	8,88	4,28
GROP084		Δ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	593	17,60		54,75	4,00	73,93	9,38	4,35
GROP174		ΗΠΕΙΡΟΣ	446	17,63		54,00	4,25	75,03	8,85	4,45
GROP179		ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	271	16,93		48,75	4,50	73,48	8,98	4,30
GROP183		Α. Στ. ΕΛΛΑΔΑ	448	16,70		55,75	5,00	73,83	9,28	4,23
GROP279	Ξένοι Βελτιωμένοι Πληθυσμοί	UN of ILLINOIS	572	16,98		66,50	9,25	74,23	9,45	4,48
GROP316		PR3183	794	17,90		68,75	5,75	75,73	8,10	4,28
GROP317		ARIS	715	17,80		67,25	9,75	75,30	7,90	4,05
GROP318		IS017	419	17,88		66,75	6,25	74,88	8,73	4,38
GROP319		PX95	887	17,90		68,75	4,00	74,55	8,00	4,20
GROP320	Ξένοι Βελτιωμένοι Πληθυσμοί CIMMYT	PR3165	694	17,75		72,75	7,25	75,20	7,85	4,40
GROP323		CIMMYT	766	18,13		66,75	9,25	75,88	8,75	4,20
GROP324		CIMMYT	492	17,95		77,50	4,25	76,15	8,68	4,33
GROP325		CIMMYT	792	19,00		71,75	6,25	74,98	9,25	4,40
GROP327		CIMMYT	585	18,35		72,75	4,00	75,55	8,90	3,88
H3.1	Υβρίδια	Μαρτυρας	1283	17,70		66,75	3,00	75,20	8,23	4,13
H3.2		Μαρτυρας	1123	17,85		65,25	3,00	74,73	7,70	4,35
H3.3		Μαρτυρας	1144	17,80		64,00	3,00	73,53	8,60	4,43
MO			714	17,74		64,74	5,47	74,81	8,64	4,28
F_{.05}			**	ns		**	**	**	**	**
ΕΣΔ			148,17	1,30		2,68	2,82	0,90	0,49	0,17
ΣΠ %			14,63	5,13		2,92	36,38	0,84	3,84	2,80

Π. Π. 3.3.: Αξιολόγηση Μέσης Παραγωγικής Συμπεριφοράς του Γενετικού Υλικού Θεσσαλονίκη 2010

Γενετικό Υλικό	Κατηγορία Γενετικού Υλικού	Απόδοση Καρπού kg/στμ	Απόδοση Αμύλου kg/στμ	Απόδοση Αξόνων kg/στμ	Υγρασία Συγκομιδής	Ύψος Φυτού cm	Ημέρες Ανθοφορίας	ASI	Άμυλο % ξ.ο.	Πρωτεΐνη % ξ.ο.	Λιπαρά % ξ.ο.
H3.11	Εμπορικά	1250	792,35	172,79	14,10	225,00	68,25	2,00	74,53	4,05	8,73
PRH3.12	Υβρίδια	1079	684,35	152,07	14,35	211,75	67,25	2,75	74,60	4,05	8,20
PRH3.12 F₂		833	525,75	135,48	14,50	175,50	61,50	3,00	74,28	4,18	8,83
H3.11 F₂		798	505,55	103,20	14,28	209,50	71,50	2,00	74,50	4,00	8,45
PRH3.12xGROP324		1165	739,08	160,87	14,05	216,25	64,50	3,25	74,60	4,20	8,48
H3.11xGROP319		1081	682,88	140,55	14,23	206,25	65,75	3,25	74,30	4,10	8,45
PRH3.12xGROP319		1065	676,80	146,08	14,88	216,00	67,25	2,50	74,70	4,08	8,30
H3.11xGROP324	Υβρίδια	1041	663,53	156,92	14,10	240,00	71,75	3,50	74,98	4,05	8,48
H3.11xGROP179		840	529,78	110,98	14,68	197,25	61,75	4,00	74,15	4,18	8,60
PRH3.12xGROP174		776	494,08	113,75	14,90	200,00	60,75	3,75	74,85	4,20	8,35
PRH3.12 xGROP179		760	479,20	96,66	14,20	220,25	65,25	3,00	74,15	4,33	8,40
H3.11xGROP174		746	471,08	115,61	14,58	208,50	72,00	2,00	74,15	4,33	8,45
GROP319	Ξένοι	879	556,33	106,01	14,73	238,25	73,25	5,25	74,45	4,25	8,40
GROP174	Βελτιωμένοι Πληθυσμοί	514	325,90	74,22	14,20	184,50	59,25	3,50	74,58	4,35	8,53
GROP324	Ελληνικοί	510	323,78	177,55	14,83	228,25	72,00	4,00	74,70	4,05	8,93
GROP179	Αβελτίωτοι Πληθυσμοί	249	154,83	44,35	14,43	192,75	60,25	5,00	73,05	4,35	9,40
MO		849,20	537,83	125,44	14,40	210,60	66,40	3,29	74,40	4,17	8,61
F_{.05}		**	**	**	*	ns	*	ns	**	**	**
ΕΣΔ		262,90	166,88	43,16	0,58	45,30	8,65	2,86	0,56	0,24	0,49
ΣΠ %		21,40	21,79	24,15	2,70	15,40	9,44	63,10	0,55	3,59	3,39

Π. Π. 3.4.: Αξιολόγηση Μέσης Παραγωγικής Συμπεριφοράς του Γενετικού Υλικού Νέα Ζωή 2010

Γενετικό Υλικό	Κατηγορία Γενετικού Υλικού	Απόδοση Καρπού kg/στμ	Απόδοση Αμύλου kg/στμ	Απόδοση Αξόνων kg/στμ	Υγρασία Συγκομιδής	Ύψος Φυτού cm	Ημέρες Ανθοφορίας	ASI	Άμυλο % ξ.ο.	Πρωτεΐνη % ξ.ο.	Λιπαρά % ξ.ο.
H3.11	Εμπορικά	1514	967,18	234,37	16,85	263,75			75,20	4,03	8,83
PRH3.12	Υβρίδια	1392	890,00	209,52	16,63	248,50	66,25	2,00	75,20	4,20	8,13
PRH3.12 F₂		815	516,68	113,92	16,58	231,25			74,70	4,05	8,83
H3.11 F₂		767	486,08	131,48	16,55	209,50			74,58	4,23	8,78
PRH3.12xGROP324		1188	762,10	224,80	16,65	268,75			75,50	4,10	8,80
H3.11xGROP319		1148	735,88	161,68	16,70	254,25			75,43	4,10	8,50
PRH3.12xGROP319		1134	728,63	200,50	16,90	248,75			75,58	4,18	8,10
H3.11xGROP324	Υβρίδια	1050	672,23	165,72	17,20	259,50			75,33	4,15	8,48
H3.11xGROP179		914	583,48	128,08	17,05	227,75	68,00	2,25	75,10	4,25	8,38
PRH3.12xGROP174		826	524,23	142,09	17,35	241,25	65,00	6,00	74,65	4,23	8,85
PRH3.12 xGROP179		821	525,75	141,10	17,00	239,25	67,50	3,00	75,33	4,28	8,15
H3.11xGROP174		713	449,15	104,50	17,60	203,50	62,50	3,00	74,13	4,25	8,53
GROP319	Ξένοι	903	579,13	157,84	17,18	236,25			75,43	4,05	8,30
GROP174	Βελτιωμένοι Πληθυσμοί	570	365,75	172,41	16,63	259,00			75,45	4,00	8,95
GROP324	Ελληνικοί	457	291,78	80,52	16,75	187,50	61,75	3,50	75,05	4,53	9,00
GROP179	Αβελτίωτοι Πληθυσμοί	252	156,90	60,30	17,28	143,50	59,00	3,75	73,28	4,38	9,25
MO		903,90	577,18	151,80	16,90	232,60	64,29	3,36	74,99	4,18	8,61
F₀₅		**	**	**	*	**	**	**	**	*	*
ΕΣΔ		153,80	96,16	42,21	0,58	25,20	3,17	0,97	0,58	0,24	0,49
ΣΠ %		11,62	11,57	19,53	1,97	7,92	3,31	19,64	0,49	4,15	4,07

Π. Π. 3.5.: Αξιολόγηση της μέσης παραγωγικής συμπεριφοράς του γενετικού υλικού Νέα Ζωή (Θεσσαλονίκη) 2014

Κύκλοι Επιλογής/ Υβρίδια	Απόδοση Αμύλου kg/στμ	Απόδοση Καρπού kg/στμ	Άμυλο % ξ.ο.	Υγρασία Συγκομιδής	Απόδοση Αξόνων kg/στμ	Πρωτεΐνη % ξ.ο.	Λιπαρά % ξ.ο.	Ημέρες Άνθησης	ASI	Ύψος Φυτού cm
C0	472,12	755	73,54	15,26	131,73	8,28	4,00	56,00	3,25	185,50
C_{1syn0}H	530,03	852	73,21	15,60	112,50	8,11	4,18			185,50
C_{1syn0}L	459,16	738	73,24	15,55	142,05	7,67	4,18			194,38
C1H	459,17	744	72,57	15,41	118,56	8,25	4,26	55,75	1,25	192,94
C_{2syn0}H	533,60	856	73,33	14,97	172,78	7,88	4,08			185,25
C1L	514,30	824	73,43	15,64	150,29	8,38	4,41	56,00	1,50	190,13
C_{2syn0}L	455,17	736	72,67	14,97	145,01	8,29	4,22			199,13
C2H	540,31	877	72,49	14,97	154,64	8,07	4,10	55,75	1,50	189,75
C_{3syn0}H	638,46	1019	73,77	14,67	180,94	7,86	4,16			201,13
C2L	460,61	736	73,67	15,03	165,65	7,78	4,15	57,00	1,25	205,88
C_{3syn0}L	499,69	800	73,45	15,40	144,04	8,18	4,08			194,13
C3H	609,35	981	73,08	15,55	165,76	7,98	4,19	56,75	3,00	199,31
C_{4syn0}H	696,07	1102	74,38	15,14	161,47	7,94	3,98			201,50
C3L	489,92	788	73,09	15,23	151,85	8,25	4,04	56,00	2,50	193,50
C_{4syn0}L	444,16	721	72,50	15,48	134,58	8,30	4,32			197,88
MO	580,40	928	73,48	15,26	164,31	8,02	4,15	57,16	1,48	198,08
ΕΣΔ	85,55	251,56	1,69	1,74	52,38	1,09	0,44	1,19	1,27	18,06
PRH3.12	924,93	1456	74,71	15,19	230,09	7,51	3,96	60,00	0,25	217,19
PRH3.12_{F2}	751,08	1188	74,37	14,63	181,88	7,64	4,14	60,75	1,25	204,19
GROP179	542,54	871	73,32	15,84	181,08	8,24	4,20	56,00	1,00	192,44
PRH3.12xGROP179	597,83	951	73,93	15,53	161,19	8,12	4,09	55,50	1,00	199,75
H3.13	989,48	1557	74,75	15,13	300,08	7,66	4,31	60,00	0,00	232,19

Π. Π. 3.6.: Αξιολόγηση της μέσης παραγωγικής συμπεριφοράς του γενετικού υλικού Μουριές (Κιλκίς) 2014

Κύκλοι Επιλογής/ Υβρίδια	Απόδοση Αμύλου kg/στμ	Απόδοση Καρπού kg/στμ	Αμυλο % ξ.ο.	Υγρασία Συγκομιδής	Απόδοση Αξόνων kg/στμ	Πρωτεΐνη % ξ.ο.	Λιπαρά % ξ.ο.	Ημέρες Άνθησης	ASI	Ύψος Φυτού cm
C0	470,33	749	73,89	15,04	118,98	7,95	4,11	56,75	4,25	157,08
C_{1syn0}H	469,99	750	73,70	15,35	113,75	7,42	4,46			161,75
C_{1syn0}L	500,84	800	73,69	15,16	127,56	7,88	4,01			178,75
C1H	519,36	833	73,42	15,05	110,89	7,81	4,26	57,25	4,25	174,33
C_{2syn0}H	606,53	955	74,70	15,41	153,47	7,69	4,14			173,83
C1L	525,95	839	73,76	15,03	126,49	7,54	4,38	59,00	3,00	172,58
C_{2syn0}L	480,65	778	72,74	14,77	125,50	8,17	4,44			180,83
C2H	578,44	920	73,95	15,18	127,30	8,06	3,95	59,25	2,25	187,00
C_{3syn0}H	593,23	942	74,08	14,55	149,14	7,63	4,27			174,61
C2L	451,52	718	74,05	15,37	113,28	7,68	4,35	58,75	3,75	170,75
C_{3syn0}L	555,59	880	74,33	15,82	133,12	7,64	4,43			196,33
C3H	663,37	1056	73,94	15,86	148,20	7,19	4,44	60,25	2,25	168,08
C_{4syn0}H	617,40	974	74,61	15,83	146,20	7,44	4,32			196,50
C3L	496,30	783	74,63	14,92	141,08	7,37	4,28	58,25	4,00	170,42
C_{4syn0}L	526,82	832	74,47	15,31	147,68	7,65	4,31			182,83
MO	594,10	943	74,10	15,16	146,43	7,54	4,29	59,46	2,65	181,58
ΕΣΔ	87,84	259,48	1,37	1,55	25,42	1,03	0,61	1,36	0,99	14,01
PRH3.12	931,91	1459	75,08	15,01	224,43	6,81	4,26	62,75	0,00	207,75
PRH3.12_{F2}	702,52	1113	74,25	14,54	179,42	6,71	4,12	64,75	0,00	192,33
GROP179	528,80	841	73,95	15,77	141,69	7,61	4,39	56,25	5,75	170,33
PRH3.12xGROP179	681,45	1070	74,96	15,06	184,45	7,04	4,53	56,25	3,25	192,92
H3.13	980,98	1564	73,86	14,27	216,00	7,56	4,42	64,00	-1,00	222,67

Π. Π. 3.7.: Αξιολόγηση της μέσης παραγωγικής συμπεριφοράς του γενετικού υλικού Θέρμη (Θεσσαλονίκη) 2014

Κύκλοι Επιλογής/ Υβρίδια	Απόδοση Αμύλου kg/στμ	Απόδοση Καρπού kg/στμ	Αμυλο % ξ.ο.	Υγρασία Συγκομιδής	Απόδοση Αξόνων kg/στμ	Πρωτεΐνη % ξ.ο.	Λιπαρά % ξ.ο.	Ημέρες Άνθησης	ASI	Ύψος Φυτού cm
C0	527,55	829	74,82	16,58	162,12	8,03	4,11			
C_{1syn0}H	490,18	779	73,99	15,97	185,05	8,07	4,28			
C_{1syn0}L	445,45	712	73,61	16,50	137,87	7,91	4,06			
C1H	512,28	824	73,14	15,38	136,34	7,94	4,20			
C_{2syn0}H	485,08	777	73,46	16,37	166,26	7,93	3,96			
C1L	444,73	713	73,31	15,87	182,20	8,21	4,16			
C_{2syn0}L	457,74	729	73,94	16,80	139,61	8,02	4,15			
C2H	533,18	847	74,04	16,00	146,73	7,51	4,06			
C_{3syn0}H	579,49	920	74,11	16,54	165,33	7,52	4,22			
C2L	446,13	709	74,01	16,27	141,74	7,94	4,24			
C_{3syn0}L	469,95	746	74,14	16,00	193,36	7,88	4,09			
C3H	498,63	799	73,44	15,69	156,23	7,68	4,18			
C_{4syn0}H	665,43	1055	74,22	16,34	205,98	7,61	4,18			
C3L	500,63	805	73,18	15,87	146,70	8,16	4,23			
C_{4syn0}L	529,19	841	74,05	16,30	163,53	8,03	4,23			
MO	558,18	887	73,97	16,13	171,66	7,85	4,18			
ΕΣΔ	91,16	270,32	1,80	2,56	50,19	1,15	0,63			
PRH3.12	837,67	1322	74,55	15,40	216,93	7,63	4,35			
PRH3.12_{F2}	648,52	1022	74,68	16,47	204,24	7,64	3,99			
GROP179	533,61	846	74,14	15,97	171,72	7,73	4,42			
PRH3.12xGROP179	600,31	956	73,88	16,48	176,58	8,10	4,32			
H3.13	957,93	1509	74,72	15,79	234,54	7,51	4,20			

Π. Π. 4.1.: Αξιολογήση της εμμεσης επιδρασης της αμφιπλευρης επιλογης για αποδοση σε ολικο αμυλο στα χαρακτηριστικα του αξονα. Νεα Ζωη (Θεσσαλονικη) 2014

Κύκλοι Επιλογή/ Υβρίδια	Απόδοση Αξόνων kg/στμ	Πυκνότητα Αξόνων g/cm ³	Διάμετρος Αξόνων cm	Βάρος Αξόνων g	Μήκος Αξόνων cm	Όγκος Αξόνων cm ³
C ₀	131,73	0,250	3,05	27,18	14,84	108,53
C _{1syn0} H	112,50	0,246	3,19	29,90	15,18	121,83
C _{1syn0} L	142,05	0,246	3,02	27,99	15,72	112,58
C ₁ H	118,56	0,219	2,99	22,31	14,56	102,60
C _{2syn0} H	172,78	0,235	3,11	28,05	15,78	119,74
C ₁ L	150,29	0,241	3,09	27,43	15,16	114,03
C _{2syn0} L	145,01	0,253	3,08	26,93	14,34	106,66
C ₂ H	154,64	0,226	3,20	29,09	15,97	128,56
C _{3syn0} H	180,94	0,255	3,08	31,16	16,34	121,95
C ₂ L	165,65	0,254	3,01	29,58	16,33	116,37
C _{3syn0} L	144,04	0,257	2,89	27,20	16,22	106,32
C ₃ H	165,76	0,231	3,03	29,03	17,44	126,09
C _{4syn0} H	161,47	0,249	3,01	31,17	17,53	125,04
C ₃ L	151,85	0,252	3,06	27,23	14,69	108,14
C _{4syn0} L	134,58	0,239	3,01	25,05	14,69	104,42
MO	164,31	0,247	3,04	29,10	16,14	117,61
ΕΣΔ	52,38	0,033	0,15	5,19	1,13	15,22
PRH3.12	230,09	0,310	2,96	41,23	19,41	133,41
PRH3.12_{F2}	181,88	0,268	2,81	28,28	17,00	105,69
GROP179	181,08	0,224	3,07	26,09	15,72	116,55
PRH3.12xGROP179	161,19	0,237	3,06	27,34	15,67	115,66
H3.13	300,08	0,252	3,15	39,77	20,31	158,08

Π. Π. 4.2.: Αξιολόγηση της έμμεσης επίδρασης της αμφίπλευρης επιλογής για απόδοση σε ολικό άμυλο στα χαρακτηριστικά του άξονα. Μουριές (Κιλκίς) 2014

Κύκλοι Επιλογής/ Υβρίδια	Απόδοση Αξόνων kg/στμ	Πυκνότητα Αξόνων g/cm ³	Διάμετρος Αξόνων cm	Βάρος Αξόνων g	Μήκος Αξόνων cm	Όγκος Αξόνων cm ³
C ₀	118,98	0,217	2,91	20,32	14,17	94,14
C _{1syn0} H	113,75	0,235	2,83	21,90	15,01	94,90
C _{1syn0} L	127,56	0,250	2,94	25,22	15,02	101,70
C ₁ H	110,89	0,250	2,80	21,33	13,96	85,93
C _{2syn0} H	153,47	0,227	3,03	24,15	14,84	106,73
C ₁ L	126,49	0,213	2,81	19,43	14,74	91,63
C _{2syn0} L	125,50	0,223	2,94	20,08	13,28	90,09
C ₂ H	127,30	0,217	3,00	24,19	15,92	111,75
C _{3syn0} H	149,14	0,251	2,87	24,08	14,79	95,60
C ₂ L	113,28	0,229	2,78	18,79	13,50	81,95
C _{3syn0} L	133,12	0,238	2,79	21,15	14,67	90,02
C ₃ H	148,20	0,230	2,95	24,12	15,29	104,61
C _{4syn0} H	146,20	0,234	2,78	22,15	15,67	95,47
C ₃ L	141,08	0,256	2,83	22,62	14,08	89,02
C _{4syn0} L	147,68	0,264	2,79	22,66	14,00	85,70
MO	146,43	0,237	2,85	22,87	15,06	96,57
ΕΣΔ	25,42	0,036	0,15	3,59	1,70	15,21
PRH3.12	224,43	0,279	2,81	31,29	18,04	111,89
PRH3.12_{F2}	179,42	0,238	2,80	21,82	15,17	93,71
GROP179	141,69	0,220	2,80	20,01	14,85	91,83
PRH3.12xGROP179	184,45	0,251	2,73	22,15	15,08	88,49
H3.13	216,00	0,239	2,90	29,91	19,14	126,57

Π. Π. 4.3.: Αξιολόγηση της έμμεσης επίδρασης της αμφίπλευρης επιλογής για απόδοση σε ολικό άμυλο στα χαρακτηριστικά του άξονα. Θερμη (Θεσσαλονίκη) 2014

Κύκλοι Επιλογής/ Υβρίδια	Απόδοση Αξόνων kg/στμ	Ποκνότητα Αξόνων g/cm ³	Διάμετρος Αξόνων cm	Βάρος Αξόνων †	Μήκος Αξόνων cm	Όγκος Αξόνων cm ³
C ₀	162,12	0,250	3,11	28,61	15,16	115,51
C _{1syn0} H	185,05	0,241	3,02	26,82	15,50	111,30
C _{1syn0} L	137,87	0,246	3,10	28,05	15,19	115,01
C ₁ H	136,34	0,191	3,03	21,79	15,91	115,02
C _{2syn0} H	166,26	0,232	3,03	27,70	16,56	119,19
C ₁ L	182,20	0,229	2,99	24,69	15,38	108,25
C _{2syn0} L	139,61	0,230	3,23	28,49	15,13	123,61
C ₂ H	146,73	0,215	3,16	26,79	15,97	125,02
C _{3syn0} H	165,33	0,216	3,17	27,60	16,25	128,93
C ₂ L	141,74	0,241	3,02	25,47	14,91	106,98
C _{3syn0} L	193,36	0,227	3,10	26,65	15,32	116,53
C ₃ H	156,23	0,228	2,85	23,37	15,97	102,27
C _{4syn0} H	205,98	0,254	3,11	33,99	17,72	134,29
C ₃ L	146,70	0,236	3,08	26,76	15,25	113,94
C _{4syn0} L	163,53	0,263	2,96	28,68	15,88	109,56
MO	171,65	0,236	3,05	28,22	16,27	119,56
ΕΣΔ	50,19	0,035	0,19	5,87	1,37	20,20
PRH3.12	216,93	0,262	2,93	33,84	19,13	129,10
PRH3.12_{F2}	204,24	0,252	2,93	30,84	18,13	122,66
GROP179	171,72	0,229	3,07	27,18	16,06	119,20
PRH3.12xGROP179	176,58	0,223	3,09	26,49	15,88	119,22
H3.13	234,54	0,259	3,13	40,53	20,19	155,64

Π. Π. 4.4: Αξιολόγηση της έμμεσης επίδρασης της αμφίπλευρης επιλογής για απόδοση σε ολικό άμυλο στα χαρακτηριστικά της βιομάζας. Θέρμη (Θεσσαλονίκη) 2014

Κύκλοι Επιλογής/ Υβρίδια	Ξηρά Ουσία %	NDF % ξ.ο.	ADF % ξ.ο.	NDF- ADF % ξ.ο.	Άμυλο % ξ.ο.	Πρωτεΐνη % ξ.ο.	Λιπαρά % ξ.ο.
C ₀	35,76	40,86	19,97	20,90	30,41	7,23	2,87
C _{1H}	33,02	40,30	19,36	20,94	31,38	7,07	2,76
C _{1L}	33,31	41,60	19,92	21,68	29,01	7,60	2,68
C _{2H}	32,15	40,88	19,64	21,24	29,64	7,33	2,92
C _{2L}	32,65	41,07	20,49	20,58	28,33	7,63	2,70
C _{3H}	35,64	39,31	19,42	19,90	30,93	7,64	3,02
C _{3L}	34,27	39,27	18,76	20,50	30,51	7,63	2,61
MO	33,88	39,47	19,49	19,98	30,45	7,40	2,79
ΕΣΔ	4,64	6,75	2,34	6,22	4,77	0,91	0,29
GROP179	32,28	40,51	19,03	21,48	29,99	7,54	2,82
PRH3.12	34,42	38,85	19,31	19,54	31,49	7,28	2,80
PRH3.12xGROP179	35,33	32,00	18,97	13,03	32,79	7,09	2,77

Π. Π. 4.5.: Αξιολόγηση της έμμεσης επίδρασης της αμφίπλευρης επιλογής για απόδοση σε ολικό άμυλο στα χαρακτηριστικά της βιομάζας. Νέα Ζωή (Θεσσαλονίκη) 2014

Κύκλοι Επιλογής/ Υβρίδια	Ξηρά Ουσία %	NDF % ξ.ο.	ADF % ξ.ο.	NDF- ADF % ξ.ο.	Άμυλο % ξ.ο.	Πρωτεΐνη % ξ.ο.	Λιπαρά % ξ.ο.
C ₀	32,11	41,51	21,65	19,85	29,85	8,01	2,88
C _{1H}	30,41	41,73	21,62	20,11	28,74	7,62	2,90
C _{1L}	33,75	40,99	21,07	19,93	29,20	7,92	2,86
C _{2H}	32,19	42,66	22,08	20,58	28,47	7,87	2,92
C _{2L}	28,68	40,87	21,52	19,35	27,65	8,44	2,62
C _{3H}	33,50	42,60	21,97	20,63	30,25	7,71	3,14
C _{3L}	31,56	43,16	22,17	20,99	27,02	8,27	2,78
MO	31,83	41,43	21,48	20,05	28,98	7,89	2,86
ΕΣΔ	4,96	4,88	3,08	2,69	5,31	0,88	0,50
GROP179	30,88	40,34	21,17	19,17	30,72	7,67	2,85
PRH3.12	32,42	41,04	20,64	20,40	26,91	7,83	2,82
PRH3.12xGROP179	32,79	40,42	20,92	19,50	31,04	7,62	2,82