

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΦΥΤΩΝ & ΓΕΩΡΓΙΚΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΟΥ**

**ΘΕΟΦΙΛΟΣ Μ. ΜΕΤΑΞΑΚΗΣ**

**Μεταπτυχιακή διατριβή**

**«Διαλογή δώδεκα ποικιλιών σκληρού σίτου *Triticum durum* Desf.»**



**Συμβουλευτική Εξεταστική Επιτροπή:**

**Συμιλλίδης Γεράσιμος (Λέκτορας- Επιβλέπων)**

**Μπεμπέλη Πηνελόπη (Καθηγήτρια- Μέλος)**

**Γεώργιος Σκαράκης (Καθηγητής- Μέλος)**

**ΑΘΗΝΑ, 2012**

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΦΥΤΩΝ & ΓΕΩΡΓΙΚΟΥ  
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΟΥ**

**ΘΕΟΦΙΛΟΣ Μ. ΜΕΤΑΞΑΚΗΣ**

**Μεταπτυχιακή διατριβή**

**«Διαλογή δώδεκα ποικιλιών σκληρού σίτου *Triticum durum desf.*»**

**Συμβουλευτική Εξεταστική Επιτροπή:**  
**Συμιλλίδης Γεράσιμος (Λέκτορας- Επιβλέπων)**  
**Μπεμπέλη Πηνελόπη (Καθηγήτρια- Μέλος)**  
**Γεώργιος Σκαράκης (Καθηγητής- Μέλος)**

**ΑΘΗΝΑ, 2012**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**«Διαλογή δώδεκα ποικιλιών σκληρού σίτου *Triticum durum desf.*»**

**ΘΕΟΦΙΛΟΣ Μ. ΜΕΤΑΞΑΚΗΣ**

**Συμβουλευτική Εξεταστική Επιτροπή:**

**Συμιλλίδης Γεράσιμος (Λέκτορας- Επιβλέπων)**

**Μπεμπέλη Πηνελόπη (Καθηγήτρια- Μέλος)**

**Γεώργιος Σκαράκης (Καθηγητής- Μέλος)**

**ΑΘΗΝΑ, 2012**

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

---

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Συμμιλίδη Γεράσιμο για την αμέριστη βοήθεια και καθοδήγηση του ως προς την πραγματοποίηση όσο και τη συγγραφή της παρούσας μελέτης. Επιπρόσθετα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον διευθυντή του εργαστηρίου Βελτίωσης Φυτών και Γεωργικού Πειραματισμού, κ. Σκαράκη Γεώργιο για την παροχή όλου του απαραίτητου εξοπλισμού ώστε να γίνει εφικτή η πραγματοποίηση του πειράματος, καθώς και για τις χρήσιμες συμβουλές του. Ακόμα, ευχαριστώ θερμά την κα Μπεμπέλη Πηνελόπη για τις πολύτιμες συμβουλές της και την υποστήριξη που μου πρόσφερε.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τους υποψήφιους διδάκτορες, υποψήφιους μεταπτυχιακούς, φοιτητές και όλο το προσωπικό του εργαστηρίου Βελτίωσης Φυτών και Γεωργικού Πειραματισμού για τη σημαντική βοήθεια που μου πρόσφεραν κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Ιδιαίτερη μνεία στον αδελφό μου Πέτρο και στους φίλους μου για την σημαντική βοήθεια που μου πρόσφεραν στις μεταχειρίσεις και στις εργασίες στο πειραματικό αγρό του εργαστηρίου Βελτίωσης Φυτών και Γεωργικού Πειραματισμού.

Να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Άγγελο Κυραντζή από το Ινστιτούτο Γεωργικών Ερευνών Κύπρου για τη προσφορά του φυτικού υλικού και των δεδομένων απόδοσης.

Τέλος, να απευθύνω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην φιλόλογο κα. Παπακώστα Μαργαρίτα για την διόρθωση του κειμένου.

Στην οικογένεια μου

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

---

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b>	<b>3</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>4</b>
<b>ΥΠΟΜΝΗΜΑ</b>	<b>5</b>
<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	<b>6</b>
1.1 Ιστορικά στοιχεία και η Εξέλιξη του σιταριού	6
1.2 Γενετική του σιταριού	10
1.3 Το σιτάρι στον Κόσμο, στην Ελλάδα και στην Κύπρο	11
1.4 Προσαρμοστικότητα	22
1.5 Αλληλεπιδράσεις γονότυπου-περιβάλλοντος	27
1.6 Μοντέλα για την ανάλυση και την ερμηνεία της αλληλεπίδρασης γονότυπου περιβάλλοντος	32
1.6.1 Γραμμικό-διγραμμικό μοντέλο σταθερών επιδράσεων (Fixed effect Linear-bilinear Model)	32
1.6.2 Μοντέλο Παλινδρόμησης Περιβαλλόντων Σταθερών Επιδράσεων (Fixed Effects Sites Regression Model)	33
1.6.3 Γραμμικό-Διγραμμικό Μοντέλων Ανάμεικτων Επιδράσεων (Mixed Effect Linear-bilinear Models)	34
1.6.4 Επιπρόσθετες εναλλακτικές για την αξιολόγηση της διασταυρωτής αλληλεπίδρασης (COI) και της μη διασταυρωτής αλληλεπίδρασης (non COI)	34
1.6.5 Ενσωμάτωση εξωτερικών συνδιασπορών για την εξήγηση της αλληλεπίδρασης Γονότυπου-Περιβάλλοντος	35
1.6.6 Στατιστικές Μέθοδοι Σταθερότητας (Stability tests)	37
1.6.7 Φαινοτυπική πλαστικότητα	40
1.7 Τάσεις και εξελίξεις στη καλλιέργεια του σιταριού	41
<b>2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ</b>	<b>44</b>
2.1 Φυτικό και γενετικό υλικό	44
2.2 Διαδικασία καλλιέργειας και εγκατάσταση του πειράματος	45
2.3 Το πειραματικό σχέδιο	46

2.4 Μελέτη αγρονομικών χαρακτηριστικών	51
2.5 Στατιστική ανάλυση	54
<b>3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</b>	<b>56</b>
3.1 Αγρονομικά χαρακτηριστικά	56
3.2 Βήμα προς βήμα παλινδρόμηση	76
3.3 Ανάλυση κύριων συνιστωσών	77
3.4 Ανάλυση συστάδων	78
3.5 Συνδυασμένη ανάλυση της διασποράς για έξι ποικιλίες σε έξι περιβάλλοντα	80
3.6 Παλινδρόμηση ως προς το χαρακτηριστικό της απόδοσης	81
3.7 Συντελεστές συσχέτισης με εφαρμογή Πολυμεταβλητής Ανάλυσης	82
<b>4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b>	<b>84</b>
<b>5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	<b>86</b>
<b>6 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ</b>	<b>96</b>
Παράρτημα Α	97
Παράρτημα Β	101

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

---

Η καλλιέργεια του σιταριού εκτείνεται στα βάθη της ιστορίας. Το σιτάρι ήταν ένα από τα πρώτα φυτά που καλλιεργήσε ο άνθρωπος και για 8000 χρόνια αποτελεί το βασικό είδος διατροφής για σημαντικούς πολιτισμούς της Ευρώπης, Δ. Ασίας και της Β. Αφρικής. Σήμερα, για το σιτάρι διατίθενται οι περισσότερες εκτάσεις για την καλλιέργειά του, περισσότερες από κάθε άλλη καλλιέργεια και συνεχίζει να αποτελεί τη βασική τροφή για τον άνθρωπο. Οι περισσότερες προβλέψεις αναφέρουν ότι το σιτάρι θα είναι το βασικό είδος διατροφής ενόψει του ότι, απαιτείται η παραγωγή ενός δισεκατομμυρίου τόνων σιταριού μέχρι το 2020.

Δώδεκα ποικιλίες σκληρού σιταριού που προέρχονται από την Ελλάδα, την Κύπρο και την Ιταλία αξιολογήθηκαν για διάφορα αγρονομικά χαρακτηριστικά σε δύο τοποθεσίες στον αγρό του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών και τον αγρό του αγροκτήματος του Γ.Π.Α., στη περιοχή της Κωπαΐδας, σύμφωνα με το σχέδιο των τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων με τέσσερις επαναλήψεις.

Η ανάλυση της διασποράς για όλα τα χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν, ήταν στατιστικά σημαντική, καθώς και η αλληλεπίδραση γονότυπου-περιβάλλοντος. Υπήρξαν ποικιλίες που η μέση τιμή για το χαρακτηριστικό, βάρος χιλίων κόκκων, δεν διέφερε σημαντικά και στα δύο περιβάλλοντα με αποτέλεσμα να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης για έμμεση επιλογή γονοτύπων στα πειράματα βελτίωσης. Ο λόγος του μήκους κολεού προς το ύψος φυτού παρουσιάστηκε να είναι σταθερός για τις επτά από τις δώδεκα ποικιλίες του πειράματος και για τις δύο τοποθεσίες, αν και η αλληλεπίδραση των ποικιλιών με τις δύο τοποθεσίες ήταν σημαντική. Η ποικιλία Εκάβη φαίνεται να υπερτερεί σε πολλά από τα χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν στις δύο τοποθεσίες.

Όσον αφορά την απόδοση των έξι κυπριακών ποικιλιών στα δύο περιβάλλοντα της παρούσας μελέτης μαζί με πειραματικά δεδομένα από την Κύπρο, ανέδειξε την Εκάβη, ως πιο αποδοτική ποικιλία χωρίς όμως να διαφέρει σημαντικά από τις Μακεδονία και Ουρανία. Τέλος, οι πιο προσαρμοσμένες ποικιλίες για τα έξι περιβάλλοντα ανεδείχθησαν οι ποικιλίες Εκάβη και Ουρανία αφού ο συντελεστής συμμεταβολής τους πλησιάζει την μονάδα.

## ABSTRACT

---

The cultivation of wheat reaches far back into history. Wheat was one of the first domesticated food crops and for 8 000 years has been the basic staple food of the major civilizations of Europe, West Asia and North Africa. Today, wheat is grown on more land area than any other commercial crop and continues to be the most important food grain source for humans. Most projections suggest that wheat, already is the most important food source for human-kind, will also be the primary food staple in the developing world within 15 years and it was recently postulated that there would be a need to produce 1 billion tons of wheat by the year 2020.

Twelve durum wheat varieties from Greece, Cyprus and Italy, were evaluated for some agronomical traits and grown at two locations (the experimental field of Agricultural University of Athens in Athens and Kwpaida) in a complete block design with four replications.

The analysis of variance and genotype-environment interaction were significant for all traits. Mean values for thousand kernel weight were stable within locations, so it can be considered as indirect selection criterion for better yield in durum breeding programs. The ratio of peduncle length and plant height, was stable for seven of twelve varieties in this experiment, although the genotype-environment interaction was significant. The cultivar 'Εκάβη' had the highest mean values for the most traits that were evaluated in this experiment.

Furthermore, 'Εκάβη' was the most productive variety in stability analysis for the two locations in this experiment and at four locations in Cyprus. In conclusion, the cultivars 'Εκάβη' and 'Ουρανία', have a wide adaptation, due to a regression coefficient close to one.



## ΥΠΟΜΝΗΜΑ

---

GEi: Αλληλεπίδραση Γονότυπου-Περιβάλλοντος (ΑΓΠ)

AMMI Model: Μοντέλο Αθροιστικών Κύριων Επιδράσεων και Πολλαπλασιαστικών Αλληλεπιδράσεων

CIMMYT: International Maize and Wheat Improvement Center

COMM: Εντελώς Πολλαπλασιαστικό Μοντέλο

Crossover Interaction: Διασταυρωτή Αλληλεπίδραση (COI)

FA: Ανάλυση Παραγόντων

FR: Παραγοντική Παλινδρόμηση

Fixed effect: σταθερή επίδραση

GREG: Μοντέλο Παλινδρόμησης Γονοτύπων

ICARDA: International Center for Agricultural Research in the Dry Areas

Main Effect: Κύρια Επίδραση

METs: Μέγα-Περιβάλλοντα

OP (Open Pollination): Ελεύθερη Επικονίαση

PLS: Ανάλυση Μερικών Ελαχίστων Τετραγώνων

QTL: Γονιδιακός τόπος ποσοτικών χαρακτήρων

SHMM: Μμετακινούμενο Πολλαπλασιαστικό Μοντέλο

SEM: Μοντέλο Δομικής Συνάρτησης

SREG: Μοντέλο Παλινδρόμησης Περιβαλλόντων

## 1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

---

Η καλλιέργεια του σιταριού είναι μία από τις ευρέως διαδεδομένες καλλιέργειες στο κόσμο. Έχει υπάρξει τροφή για σημαντικούς πολιτισμούς στην Ευρώπη και Βόρεια Αφρική για 8.000 χρόνια. Κατά τον Curtis, (2002) η τωρινή παραγωγή έχει ξεπεράσει τους 600 εκατομμύρια τόνους και οι προβλέψεις αναφέρουν ότι η παραγωγή είναι απαραίτητο να φτάσει τους 850 εκατομμύρια τόνους μέχρι το έτος 2030. Η απαίτηση για αύξηση της παραγωγής προκύπτει από τον ρυθμό αύξησης του πληθυσμού της γης που υπολογίζεται σε 1,15% ετησίως και αναμένεται σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα να φτάσει τα 9 δισεκατομμύρια το 2042. Επομένως, είναι υψίστης ανάγκης η διεύρυνση της παραγωγής ώστε να μπορεί να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις του πληθυσμού και την μεγαλύτερη κατανάλωση από συγκεκριμένες περιοχές, όπως η Ασία. Σήμερα, το σιτάρι καλλιεργείται σε έκταση μεγαλύτερη από κάθε άλλο, συνεχίζοντας να είναι η σημαντικότερη τροφή για ανθρώπινη κατανάλωση. Μερικοί από τους λόγους που το σιτάρι κατέχει πρωτεύουσα θέση στην παγκόσμια διατροφή, είναι η παροχή πάνω από το 20% των θερμίδων και των πρωτεϊνών στον άνθρωπο, καθώς και η ευκολία μεταφοράς και η ικανότητα διατήρησης για μεγάλα χρονικά διαστήματα (Bushuk, 1998).

### 1.1 Ιστορικά στοιχεία και η Εξέλιξη του σιταριού

Το σιτάρι καλλιεργείται σε περισσότερα από 250 εκατομμύρια εκτάρια σε ολόκληρο τον κόσμο. Οι άγριοι πρόγονοί του βρίσκονται σε μια σημαντικά περιορισμένη περιοχή κατά μήκος της ανατολικής ακτής της Μεσογείου. Παρόλα αυτά δεν ήταν από καθαρή τύχη η εξάπλωση της καλλιέργειας του σιταριού σε πολλές περιοχές του κόσμου, αφού θεωρείται ένα από τα πρώτα είδη που καλλιεργήθηκε για τη διατροφή του ανθρώπου. Η ιστορία του σιταριού και του ανθρώπινου πολιτισμού είναι άρρηκτα συνδεδεμένες μεταξύ τους εδώ και τουλάχιστον 10.000 χρόνια. Σύμφωνα μάλιστα με κάποια αρχαιολογικά ευρήματα η καλλιέργεια του σιταριού τοποθετείται γύρω στο 15.000 π.Χ. (Harlan 1981, αναφερόμενος από Gooding και Davies, 1997). Υπάρχουν πολλές ενδείξεις ότι ο κόσμος έτρωγε "ζυμαρικά" από σιτάρι πολύ νωρίς (5.000 π.Χ.).

Το κέντρο καταγωγής και η παραλλακτικότητα του σκληρού σίτου (*T. durum* Desf.), έχει συζητηθεί διεξοδικά τον εικοστό αιώνα. Με βάση τις συλλογές γενετικού υλικού του σκληρού σίτου, ο Orlof, (1923) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το κύριο κέντρο καταγωγής του σκληρού σιταριού είναι η περιοχή της Βόρειας Αφρικής (Αιθιοπία, Αίγυπτος, Αλγερία). Κατά τον Vavilov, (1931) το σκληρό σιτάρι κατάγεται από την Αιθιοπία, όπου είναι το πρωταρχικό κέντρο της παραλλακτικότητας για τα τετραπλοειδή σιτάρια, εξαιτίας της μεγάλης παραλλακτικότητας και των ενδημικών μορφών του σκληρού σίτου που είναι παρόντες στην Αιθιοπία (Zeven και Zhukovsky, 1975). Ωστόσο, η έλλειψη άγριων συγγενών του σιταριού στην Αιθιοπία, δείχνουν ότι τα τετραπλοειδή σιτάρια έχουν εισαχθεί από άλλες περιοχές πιθανότατα, καθώς η Αιθιοπία είναι ένα δευτερογενές κέντρο της παραλλακτικότητας για τα τετραπλοειδή είδη σιταριού. Ακόμα, στην Αιθιοπία υπάρχει μια συγκέντρωση τετραπλοειδών ειδών σιταριού όπως, το *T. polomicum*, *T. dicoccum*, και *T. turgidum* (Philips, 1995). Ως εκ τούτου, επιβεβαιώνεται ότι το *T. durum* Desf. εισήχθη από τη Δυτική Ασία και Βόρεια Αφρική στη νότια και κεντρική Ευρώπη, στις περιοχές του Καύκασου, την Κεντρική Ασία και τη δυτική Σιβηρία.

Αρχαιολογικές ανασκαφές στη Μέση Ανατολή και τη Βαλκανική Χερσόνησο ανέδειξαν ευρήματα, που ανήκουν στα τετραπλοειδή *T. parvicoccum* (Kislev, 1980) με βάση τα μορφολογικά χαρακτηριστικά τους, τα οποία θα μπορούσαν να χρονολογηθούν από 8900 έως 7000 π.Χ. Γυμνοί σπόροι έχουν βρεθεί κοντά στην Δαμασκό (8.200 π.Χ.) και στα σύνορα της Συρίας (8.200 π.Χ.). Σπόροι σκληρού σιταριού έχουν βρεθεί σε αρχαιολογικές ανασκαφές από τον Hillman το 1978 σε κεραμικά σκεύη της Νεολιθικής Εποχής που χρονολογούνται 7.500-6.200 π.Χ. (Feldman, 2001). Ως εκ τούτου, μπορούμε να συμπεράνουμε, ότι το σκληρό σιτάρι προέρχεται από τη νοτιοδυτική Ασία. Η καλλιέργεια του σκληρού σίτου στις χώρες της Βαλκανικής χερσονήσου ξεκινά το 2.500 έως 2.000 π.Χ. και περίπου την ίδια περίοδο στις χώρες της Κεντρικής Ασίας.

Αναφορές για τη καλλιέργεια του σιταριού στην αρχαιότητα υπάρχουν από τον Όμηρο, τον Θεόφραστο κ.α. Σύμφωνα με μαρτυρίες οι αρχαίοι Έλληνες απέδιδαν τη καταγωγή του στη θεά Δήμητρα. Στη χώρα μας, η παρουσία του σκληρού σιταριού επιβεβαιώνεται από τους καρβουνιασμένους σπόρους των νεολιθικών οικισμών Διμήνι και Σέσκλου στη περιοχή του Βόλου. Εξ' άλλου η Ελλάδα συγκαταλέγεται

στα Παγκόσμια Κέντρα γενετικού υλικού για το φυτό αυτό (Ινστιτούτο Σιτηρών, 2012).

Για 40 αιώνες, το σιτάρι αποτελούσε και αποτελεί το κύριο είδος διατροφής του ανθρώπου και είναι βασικό υλικό για την παρασκευή του ψωμιού. Πρώτοι, οι Αιγύπτιοι ασχολήθηκαν με το ζύωμα του ψωμιού και ήταν οι πρώτοι αρτοφάγοι. Σύμφωνα με ιστορικές αναφορές σε αρχαία κείμενα του Αιγυπτιακού πολιτισμού, αναφέρεται η παραγωγή ψωμιού με χρήση μαγιάς (Gooding και Davies, 1997). Οι αρχαίοι Ρωμαίοι δεν γνώριζαν το ψωμί μέχρι το 168 π.Χ. Οι πρώτοι αρτοποιοί στην αρχαία Ρώμη ήταν Έλληνες αιχμάλωτοι.

Για την περιοχή της μεσογείου ευρήματα που χρονολογούνται στην Εποχή του Χαλκού, δείχνουν πως το μπουλγούρι ή μπλιγούρι (bulgur) αποτέλεσε βασικό συστατικό διατροφής (Valamoti, 2002). Η πραγματική επανάσταση στο ψωμί σημειώθηκε στην Ευρώπη το 1750 μ.Χ. και ολοκληρώθηκε σε 100 χρόνια όπου εξαπλώθηκε στη Νότια Ρωσία και Νότια Αμερική. Το σκληρό σιτάρι έφθασε στη Βόρεια Αμερική τον 20<sup>ο</sup> αιώνα. Η παραγωγή του αυξήθηκε πολύ γρήγορα στον Καναδά μετά το 1916 για αντικατάσταση αρτοποιήσιμων ποικιλιών που προσβλήθηκαν σοβαρά από σκωριάσεις. Μόλις, τα τελευταία χρόνια άρχισε η καλλιέργεια στη Μ. Βρετανία και την Κεντρική Ευρώπη.

Το σιτάρι είναι ένας θαυμάσιος οργανισμός-μοντέλο για την εξελικτική θεωρία της ειδογένεσης των αλλοπλοειδών, την προσαρμογή και την εξημέρωση στα φυτά (Gustafson et al. 2009). Η εξημέρωσή του προκάλεσε σημαντική γενετική διάβρωση, η οποία ενισχύθηκε κατά τη διάρκεια των σύγχρονων μεθόδων βελτίωσης και έτσι αυξήθηκε η ευαισθησία και η ευπάθεια στις περιβαλλοντικές καταπονήσεις, παράσιτα και ασθένειες.

Το σιτάρι είναι ένα αγρωστώδες που ανήκει στη μεγάλη οικογένεια *Graminae* Adans. Φυλογενετικά και ταξινομικά ανήκει στην υποομάδα ή φυλή *Triticeae* Dumont., στην οποία το σιτάρι έχει δανείσει το όνομά του. Οι πρόγονοί του, ήταν πιθανά όλοι διπλοειδείς, πολυετείς, αλλόγαμοι και σχημάτιζαν έναν στάχυ με τρία σταχύδια και αργότερα κυρίως ένα σταχύδιο σε κάθε ράχη μεσογονατίου (Sakamoto, 1973). Η οικογένεια *Graminae* (αγρωστώδη) εξελίχθηκε πριν 50-70 εκατομμύρια χρόνια (Huang et al 2002) και η υποοικογένεια *Pooideae*, που ανήκουν το σιτάρι, το κριθάρι και η βρώμη αποκλίνουν περίπου 20 εκατομμύρια χρόνια (Inda et al. 2008). Άγρια διπλοειδή σιτάρια (*T. urartu*,  $2n = 2x = 14$ , γονιδίωμα  $A^uA^u$ ) διασταυρώθηκαν με τον πρόγονο του γονιδιώματος B, που είναι ο πλησιέστερος συγγενής (*Aegilops*

*speltooides*,  $2n = 2x = 14$ , γονιδίωμα SS) 300.000-500.000 χρόνια πριν (Huang et al 2002), για την παραγωγή του δίκοκκου σιταριού (*T.dicoccoides*,  $2n = 4x = 28$ ,  $A^uA^uBB$  γονιδίωμα). Η παλαιότερη μαρτυρία, ότι ο άνθρωπος-συλλέκτης χρησιμοποιούσε αυτά τα δημητριακά, προήλθε από τη νοτιοδυτική ακτή της θάλασσας της Γαλιλαίας του Ισραήλ (Feldman και Kislev 2007). Σε αυτή τη περιοχή, οι Kislev et al. (1992) βρήκαν σπόρους άγριου κριθαριού και άγριου δίκοκκου σιταριού. Οι κυνηγοί-τροφοσυλλέκτες άρχισαν να καλλιεργούν το άγριο δίκοκκο και μέσω της επιλογής σταδιακά δημιουργήθηκε το καλλιεργούμενο δίκοκκο σιτάρι (*T. dicoccum*,  $2n = 4x = 28$ ,  $A^uA^uBB$  γονιδίωμα) που αυθόρμητα διασταυρώθηκε με το *Ae. tauschii*, ( $2n = 2x = 14$ , γονιδίωμα DD) με αποτέλεσμα το *T. spelta*, ( $2n = 6x = 42$ , γονιδίωμα  $A^uA^uBBDD$ ) (Kislev, 1980). Η διασταύρωση αυτή, έλαβε χώρα μετά τη καλλιέργεια του δίκοκκου σιταριού και επεκτάθηκε προς τα ανατολικά, από την 'Εύφορη Ημισέληνο', η οποία βρίσκεται νότια και δυτικά της Κασπίας Θάλασσας που αποτελεί το φυσικό περιβάλλον του *Ae.tauschii* (Salamini et al.2002). Μία φυσική μετάλλαξη όμως άλλαξε τα στάχυα, τόσο του δίκοκκου, όσο και του *T. spelta*, σε έναν τύπο με πιο εύκολο αλώνισμό, που αργότερα εξελίχθηκε στο ελεύθερο αλώνισμα του σκληρού και μαλακού σιταριού. Ωστόσο, πρόσφατα πειραματικά στοιχεία δείχνουν, ότι το *T. spelta* δεν είναι η προγονική μορφή του χαρακτηριστικού αυτού (Dvorak et al., 2006).

Σύμφωνα με την ιστορία της εξέλιξης του σιταριού, μόνο τα άγρια μονόκοκκα και δίκοκκα σιτάρια υποβλήθηκαν στην επιλογή εξημέρωσης. Τα εξαπλοειδή κοινά σιτάρια δεν προήλθαν από έναν άγριο πρόγονο μέσω εξημέρωσης, αλλά από το *T. turgidum* spp. *dicoccon* (Dvorak et al., 2011). Υπάρχουν δύο είδη άγριων διπλοειδών, το *T. boeoticum* ( $A^bA^b$ ) και το *T. Urartu* ( $A^uA^u$ ), όμως υπάρχουν εμπόδια στη διασταύρωση μεταξύ τους (Johnson και Dhaliwal 1976) γιατί διαφέρουν σε μορφολογικά χαρακτηριστικά (Dorofeev et al., 1979) αλλά και σε βιοχημικό και μοριακό επίπεδο (Kilian et al., 2007). Το διπλοειδές μονόκοκκο σιτάρι, *T. monococcum* ήταν ένα από τα πρώτα εξημερωμένα είδη στην 'Εύφορη Ημισέληνο', από τα προγονικά είδη των άγριων *T. boeoticum*. Η εξημέρωση του συνέβη στην οροσειρά Karacadag, στη νοτιοανατολική Τουρκία (Heun et al. 1997). Κατά τη διάρκεια των τελευταίων 5.000 χρόνων, το μονόκοκκο αντικαθίσταται από τετραπλοειδή και εξαπλοειδή σιτάρια. Το μονόκοκκο καλλιεργείται μόνο σε πολύ μικρή κλίμακα, ως ζωοτροφή σε μερικές χώρες της Μεσογείου (Perrino et al. 1996). Τα άλλα άγρια διπλοειδή είδη *Triticum*, *T. Urartu* ( $A^uA^u$ ), εμφανίζονται σε περιοχές

της 'Εύφορης Ημισέληνου' (Zohary και Horf 2000) και έχουν διαδραματίσει ουσιαστικό ρόλο στην εξέλιξη του σιταριού σε όλα τα τετραπλοειδή και εξαπλοειδή σιτάρια (Dvorak et al., 1993). Υπάρχουν, επίσης δύο άγρια τετραπλοειδή είδη που είναι γνωστά ως *T. dicoccoides* (A<sup>u</sup>A<sup>u</sup>BB) και *T. araraticum* (A<sup>u</sup>A<sup>u</sup>GG). Πειράματα με χρήση μοριακών δεικτών αναφέρουν, ότι τα άγρια τετραπλοειδή σιτάρια έχουν συμμετάσχει στην εξέλιξη του εξαπλοειδούς σιταριού (Dvorak et al. 2011). Η οικόσιτη μορφή του *T. dicoccoides* είναι γνωστή και ως *T. dicocum* (A<sup>u</sup>A<sup>u</sup>BB).

Οι Gill et al., (2007) όπως αναφέρεται από τους Peng et al., (2011), σε μελέτες με σκοπό την εξημέρωση του σιταριού, επικεντρώθηκαν μόνο σε μερικά ποιοτικά χαρακτηριστικά (εύθραυστη ράχη, σκληρό λέπυρο και εύκολο αλώνισμα), που εκφράζονται από κυρίαρχα γονίδια ((Br/br, Tg/tg and Q/q). Αν οι αρχαίοι βελτιωτές ή αγρότες είχαν επιλέξει τη μη θραύση ή τα άλλα δύο χαρακτηριστικά σε άγριους πληθυσμούς σιταριού, το σιτάρι θα είχε εξημερωθεί σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα. Οι Hillman και Davies (1990), πραγματοποίησαν επιλογή κριθαριού, μονόκοκκου και δίκοκκου σιταριού, κάτω από πρωτόγονες γεωργικές πρακτικές και κατέληξαν στο συμπέρασμα, ότι ίσως μόνο 20-30 χρόνια, θα ήταν αρκετά για να εξημερώσουν πλήρως αυτά τα φυτά. Ωστόσο, το γεγονός, ότι παραμένουν άγριες μορφές των ίδιων ειδών σε επικάλυψη για μεγάλο χρονικό διάστημα, (έως και 3.000 χρόνια) δεν συνάδει με τη θεωρία της ταχείας εξημέρωσης (Tanno και Willcox 2006). Αυτό σημαίνει, ότι οι γεωργοί πιθανώς, δεν επικεντρώθηκαν μόνο στα παραπάνω χαρακτηριστικά, αλλά και σε άλλα σημαντικά ποσοτικά χαρακτηριστικά, όπως το μέγεθος στάχυ, ημέρα ξεσταχυάσματος, το ύψος των φυτών, το μέγεθος κόκκου κ.λπ. Μετρήσεις που έγιναν σε δημητριακά, που βρέθηκαν από ανασκαφές, αποδείχτηκε, ότι το μέγεθος των κόκκων του σιταριού και του κριθαριού, παρέμειναν ουσιαστικά το ίδιο (Willcox 2004). Ως εκ τούτου, η επιλογή για μεγάλους κόκκους δημητριακών ήταν αργή, επειδή το μέγεθος κόκκου ελέγχεται από πολυγονίδια (Peng et al. 2003).

## 1.2 Γενετική του σιταριού

Το σιτάρι κατατάσσεται σε τρεις ομάδες ανάλογα με το γωνίωμα του κάθε είδους. Υπάρχουν τα διπλοειδή είδη με  $2n=2x=14$  χρωμοσώματα, τα τετραπλοειδή με  $2n=4x=28$  και τα εξαπλοειδή με  $2n=6x=42$ . Οι τρεις ομάδες έχουν κοινό το γωνίωμα A εξαιτίας του κοινού πρόγονου, *T.baeoticum* που αποτελεί άγριο είδος. Το

τετραπλοειδές είδος *T. turgidum* (*AA BB*) που αποτελεί το καλλιεργούμενο σκληρό σιτάρι προέκυψε από ένα αλλοπλοειδές που συνδυάζει το *T. monococcum* με ένα άγνωστο είδος που περιείχε το γωνίωμα *B*. Τα εξαπλοειδή σιτάρια *T. aestivum*, (*AA BB DD*) προέρχονται από ένα αλλοπλοειδές που συνδυάζει το τετραπλοειδές είδος *T. turgidum* (*AA BB*) και το διπλοειδές είδος *T. tauschii* (*DD*). Τα 21 χρωμοσώματα, ο γαμετικός αριθμός του εξαπλοειδούς σιταριού, χωρίζονται σε επτά ομάδες οι οποίες είναι γνωστές ως ομοιόλογες ομάδες. Κάθε ομοιόλογη ομάδα έχει τρία ομοιόλογα χρωμοσώματα που προέρχονται ένα από το γωνίωμα *A*, ένα από το *B* και ένα από το *D*.

**Πίνακας 1.1** Η ταξινόμηση των ειδών του σιταριού (γένος *Triticum*).

Είδος	Γονιδίωμα
Διπλοειδή ( $2n = 2x = 14$ )	
<i>T. monococcum</i> L.	<i>A</i>
<i>T. speltoides</i> Gren ex Richter	<i>B</i>
<i>T. tauschii</i> (Coss). Small	<i>D</i>
Τετραπλοειδή ( $2n = 4x = 28$ )	
<i>T. turgidum</i> L. var <i>dicoccoides</i>	<i>AB</i>
<i>T. durum</i>	<i>AB</i>
<i>T. polonicum</i>	<i>AB</i>
<i>T. dicoccum</i>	<i>AB</i>
<i>T. timopheevi</i>	<i>AG</i>
Εξαπλοειδή ( $2n = 6x = 42$ )	
<i>T. aestivum</i> L. em. Thell	<i>ABD</i>
<i>T. vulgare</i>	<i>ABD</i>
<i>T. spelta</i>	<i>ABD</i>

Morris και Sears (1967)

### 1.3 Το σιτάρι στον Κόσμο, στην Ελλάδα και στην Κύπρο

Σε παγκόσμια κλίμακα, ο σίτος αντιπροσωπεύει περισσότερο από το 20% της συνολικής ανθρώπινης διατροφής σε θερμίδες καθώς αποτελεί βασική τροφή για περισσότερες από 40 χώρες στον κόσμο, ποσοστό περί του 35% του παγκοσμίου πληθυσμού. Το 65% της παραγωγής χρησιμοποιείται στην ανθρώπινη διατροφή, το 21% ως ζωοτροφή, το 8% χρησιμοποιείται χωρίς επεξεργασία ως σπόρος και το υπόλοιπο 6% αποτελεί πηγή παραγωγής αμύλου και γλουτένης για την βιομηχανία. Οι πρωτεΐνες του σιταριού περιέχουν επαρκείς ποσότητες βασικών αμινοξέων, εκτός των λυσίνη, τρυπτοφάνη και μεθειονίνη, που βρίσκονται σε χαμηλές ποσότητες.

Καλλιεργείται ευρέως στο 17% του συνόλου των εκτάσεων στις εύκρατες, μεσογειακές και υποτροπικές περιοχές και των δύο ημισφαιρίων, από 67°N στη Νορβηγία, Φινλανδία και Ρωσία μέχρι 45°S στην Αργεντινή. Επίσης, αποτελεί τη βασική τροφή για το 40% του πληθυσμού της γης, κυρίως στην Ευρώπη, Βόρεια Αμερική και τις δυτικές και βόρειες περιοχές της Ασίας (FAO, 2011). Ακολουθούν σε σπουδαιότητα το ρύζι που απαιτεί θερμό κλίμα και επάρκεια νερού, το καλαμπόκι και η πατάτα.

Η μεγάλη ανάπτυξη που έχει επιτευχθεί στην έρευνα από το CIMMYT (International Maize and Wheat Improvement Center) τις τελευταίες δύο δεκαετίες (Saunders και Hettel, 1994) καθιστά τεχνολογικά εφικτή την παραγωγή του σιταριού σε θερμότερες περιοχές. Το σιτάρι καλλιεργείται από το επίπεδο της θάλασσας μέχρι 3.000m υψόμετρο, ενώ γίνονται αναφορές και για υψόμετρα 4.570m στο Θιβέτ (Percival, 1921). Η βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης του σιταριού είναι 25°C με ελάχιστη θερμοκρασία ανάπτυξης τους 3-4°C και μέγιστη 30-32°C (Briggle, 1980). Για ευνοϊκότερη ανάπτυξη το σιτάρι έχει ανάγκη από διαθεσιμότητα υγρασίας, όχι όμως σε υψηλά επίπεδα γιατί μπορεί να επιφέρει μείωση της απόδοσης από ασθένειες των ριζών, εντούτοις από πολλούς ερευνητές αναφέρεται μεγάλη ποικιλία συνθηκών καλλιέργειας του σιταριού. Σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες κατά την διάρκεια ανάπτυξης του στάχυ, είχαν σαν αποτέλεσμα την αύξηση του ύψους των φυτών, τη δημιουργία φύλλου σημαία με φαρδύτερο έλασμα και την αύξηση του αριθμού των ανθέων ανά στάχυ (Warrington et al., 1977). Οι θερμοκρασίες στο στάδιο γεμίσματος του κόκκου, καθορίζουν τον αριθμό των κόκκων που θα συγκομιστούν καθώς και το βάρος του κόκκου. Υψηλές θερμοκρασίες και αποξηραντικοί άνεμοι συντελούν στη δημιουργία συρρικνωμένων κόκκων.

Μια μεγάλη διάκριση του καλλιεργούμενου σιταριού είναι η κατάταξη σε χειμερινά και ανοιξιάτικα σιτάρια. Η διάκριση έγκειται στο γεγονός ότι τα χειμωνιάτικα σιτάρια χρειάζονται μια περίοδο εαρινοποίησης, δηλαδή την επίδραση χαμηλών θερμοκρασιών (0-5°C) στο στάδιο του νεαρού φυτού για να μπορέσουν να ανθίσουν αργότερα. Επίσης, τα χειμωνιάτικα σιτάρια έχουν μεγαλύτερη αντοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες (Καλτσίκης, 1992). Η ταξινόμηση των ποικιλιών του σιταριού σε χειμωνιάτικα και ανοιξιάτικα βασίζεται στα γονίδια που καθορίζουν την ανάγκη για εαρινοποίηση (Pugsley, 1983). Υπάρχουν τρεις κατηγορίες: τα γενετικά ανοιξιάτικα σιτάρια έχουν το γονίδιο Vrn1 (είναι επιστατικό των άλλων γονιδίων που



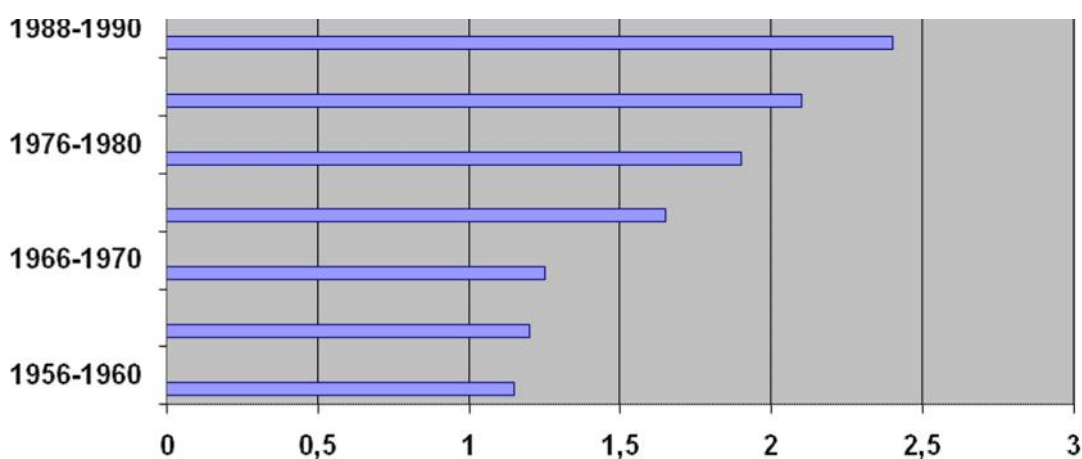
έχουν σχέση με την εαρινοποίηση) και ανθίζουν χωρίς την ανάγκη εαρινοποίησης, τα ημιχειμωνιάτικα που έχουν ένα από τα τρία μείζονα ανασταλτικά γονίδια Vrn2, Vrn3, Vrn4 ή και κάποιο συνδυασμό τους. Τα σιτάρια αυτά έχουν ανάγκη από εαρινοποίηση αλλά η ανάγκη αυτή ικανοποιείται με δύο μέχρι τρεις εβδομάδες χαμηλών θερμοκρασιών και τα γενετικά χειμωνιάτικα σιτάρια που χρειάζονται έξι με οκτώ εβδομάδες χαμηλών θερμοκρασιών (για εαρινοποίηση έχουν τα υποτελή γονίδια vrn1, vrn2, vrn3 και vrn4).

Το σκληρό σιτάρι, δεύτερο κατά σειρά σπουδαιότητας είδος σιταριού, καλλιεργείται σε έκταση 200 εκατομμυρίων στρεμμάτων, όπου το 60% αυτής της έκτασης απαντάται στις χώρες της Μεσογείου. Το σκληρό σιτάρι καλλιεργείται κυρίως για τη λήψη του σιμιγδαλιού από το οποίο παράγονται τα ζυμαρικά στην Ευρώπη και τη Β. Αμερική, ενώ στη Μέση Ανατολή και τη Ν. Αφρική χρησιμοποιείται για την παραγωγή κουσκούς και διαφόρων ειδών ψωμιού. Τα περισσότερα απ' αυτά τα προϊόντα που προέρχονται από το σκληρό σιτάρι, είναι παραδοσιακά γεύματα της Μεσογείου, κάτι που αποδίδεται στη φυσική παρουσία του στη περιοχή αυτή.

Επιθυμητά ποιοτικά χαρακτηριστικά του σκληρού σιταριού είναι οι σκληροί κόκκοι, με μεγάλο εκατολιτρικό βάρος και βάρος 1000 κόκκων. Καλής ποιότητας καρπός για τις βιομηχανίες ζυμαρικών, θεωρείται αυτός που είναι απαλλαγμένος από μαύρα στίγματα και δίνει σιμιγδάλι κίτρινου χρώματος, με υψηλής ποιότητας πρωτεΐνες σε περιεκτικότητα πάνω από 13% σε ολόκληρο τον κόκκο, οι οποίες συνδέονται με την αντοχή, τη σκληρότητα και τη σταθερότητα των ζυμαρικών κατά τον βρασμό (Finney κ.ά. 1987).

Η παγκόσμια παραγωγή σιταριού αυξήθηκε δραματικά κατά την περίοδο 1951-1990 και το 1990 έφτασε τους 529 εκατομμύρια τόνους, που μέχρι σήμερα έχει παραμείνει σχεδόν σταθερή. Μέχρι το 1950, το 45% της παγκόσμιας παραγωγής κατείχαν οι ανεπτυγμένες χώρες ενώ σήμερα το μερίδιο αυτό το κατέχουν οι αναπτυσσόμενες χώρες (Curtis, 2002). Το σιτάρι καλλιεργείται σε εκτάσεις μεγαλύτερες των 240 εκατομμυρίων εκταρίων, περισσότερες από κάθε άλλη καλλιέργεια. Η μεγαλύτερη αύξηση στην παγκόσμια παραγωγή του σιταριού ήταν αποτέλεσμα των μεγαλύτερων αποδόσεων ανά εκτάριο (Γράφημα 1.1.). Το 1951, η παγκόσμια παραγωγή ήταν περίπου 1 τόνο/εκτάριο, έφτασε 2 τόνους/εκτάριο στη δεκαετία του 80 και σκαρφάλωσε στους 2.5 τόνους/εκτάριο το 1995. Η αύξηση αυτή

αποδίδεται αφενός στη καλλιέργεια γενετικά βελτιωμένων ποικιλιών προορισμένες για απόδοση και αφετέρου στη καλύτερευση των καλλιεργητικών τεχνικών. Επιπρόσθετα, η βελτίωση χαρακτηριστικών όπως η αντοχή στο πλάγιασμα (Stapper και Fischer, 1990) και η χρήση αζωτούχων λιπασμάτων έχουν συνεισφέρει στην αύξηση της απόδοσης. Τέλος, η σταθερότητα της απόδοσης οφείλεται στις ανθεκτικές ποικιλίες στα διάφορα παθογόνα και την ενσωμάτωση των γονιδίων νανισμού στις καλλιεργούμενες ποικιλίες σιταριού. Κάτι τέτοιο γίνεται αντιληπτό ειδικά τα τελευταία χρόνια που αν και υπάρχει η κλιματική αλλαγή, οι βελτιωτές δημιουργούν ποικιλίες που προσαρμόζονται και σε ακραία περιβάλλοντα. Συνεπώς, τα ινστιτούτα βελτίωσης σιταριού σήμερα στοχεύουν στην δημιουργία υψηλό-αποδοτικών ποικιλιών που αποδίδουν σταθερά είτε σε ευρεία γκάμα περιβαλλόντων ή έχουν ειδική προσαρμοστική ικανότητα σε συγκεκριμένες συνθήκες.



**Γράφημα 1.1.** Διαγραμματική απεικόνιση της αύξησης της παγκόσμιας απόδοσης σιταριού (σε τόνους ανά εκτάριο) κατά το διάστημα 1956-1995 (CIMMYT, 1996).

Στις πιο παραγωγικές χώρες συγκαταλέγονται η Κίνα, Ρωσία, Ινδία και Η.Π.Α. (πίνακας 1.2). Ακόμα, η Κίνα διαθέτει το μεγαλύτερο μέρος των εκτάσεων για τη καλλιέργεια του σίτου και ακολουθείται από τις Η.Π.Α., Ινδία και Ρωσία (πίνακας 1.2). Όσον αφορά την κατανάλωση αν και οι μεγαλύτερες ποσότητες καταναλώνονται από τους κατοίκους της κάθε χώρας όπου παράγεται το σιτάρι, το 1/5 της ετήσιας παραγωγής εξάγεται. Το παγκόσμιο εμπόριο σιταριού εκτιμάται στα 108 εκατομμύρια τόνους το 1995 και η μεγαλύτερη ποσότητα από αυτό, έγινε

εισαγωγή από τις αναπτυσσόμενες χώρες (CIMMYT, 1996). Οι χώρες που εξάγουν τις μεγαλύτερες ποσότητες σιταριού είναι οι Η.Π.Α., ο Καναδάς, η Αυστραλία και η Γαλλία με ποσότητες περίπου 21, 19, 17 και 16 εκατομμύρια τόνους αντίστοιχα (FAOSTAT, 2009). Όσον αφορά τις εισαγωγές, οι χώρες που εισάγουν μεγάλες ποσότητες είναι η Ιταλία, Αίγυπτος, Τουρκία και Η.Π.Α. με ποσότητες περίπου 6, 4, 3 και 3 εκατομμύρια τόνους αντίστοιχα. Η Κίνα αν και είναι η μεγαλύτερη παραγωγός σίτου, είναι και μία χώρα που εισάγει περίπου 2 εκατομμύρια τόνους (FAOSTAT, 2009).

Η κατανάλωση παγκοσμίως έχει αυξηθεί σημαντικά από τις αρχές του 1960 και η κατανάλωση σιταριού στις αναπτυσσόμενες χώρες αυξήθηκε σε ποσοστό 35% κατά τη διάρκεια της περιόδου 1963-1976. Η αιτία για την αύξηση της κατανάλωσης ήταν η έντονη αστικοποίηση και η προτίμηση στο σιτάρι έναντι του ρυζιού και του σόργου. Επίσης, συνέβαλε και η υιοθέτηση της χρήσης του σιταριού ως διατροφή του ανθρώπου και από χώρες που δεν το συνήθιζαν τα παλαιότερα χρόνια.

**Πίνακας 1.2** Εκτάσεις, Παραγωγή και αποδόσεις σιταριού σε επιλεγμένες χώρες.

	Έκταση (Ha)			Παραγωγή (τόνοι)			Απόδοση (Hg/Ha)		
	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010
<b>Αίγυπτος</b>	1226650	1335300	1287630	7977050	8523000	7177400	65031	63828	55741
<b>Αργεντινή</b>	4334780	3325460	4373440	8508160	8851180	14914500	19627	26616	34102
<b>Αυστραλία</b>	13530200	13788000	13507000	21420200	21656000	22138000	15831	15706	16390
<b>Γαλλία</b>	5492440	5147400	5426000	39006400	38332200	38207000	71018	74469	70414
<b>Γερμανία</b>	3213490	3226040	3297700	25988600	25192400	24106700	80873	78090	73101
<b>Ελλάδα</b>	657100	698000	510000	1939300	1830000	1600000	29513	26217	31372
<b>Η.Π.Α.</b>	22540800	20191200	19278200	68016100	60365700	60102600	30175	29897	31176
<b>Ινδία</b>	28038600	27750000	28520000	78570200	80680000	80710000	28022	29073	28299
<b>Ιταλία</b>	2288850	1795500	1865000	8855440	6341000	6900000	38689	35316	36997
<b>Καναδάς</b>	10031700	9638200	8268700	28611100	26847600	23166800	28520	27855	28017
<b>Κίνα</b>	23617266	24291081	24256086	112456292	115115364	115180303	47616	47389	47458
<b>Κύπρος</b>	4990	5761	7438	2472	14690	14843	4953	25499	19955
<b>Ουκρανία</b>	7053600	6752900	6284100	20886400	19660000	16851300	36698	30929	26815
<b>Ρωσία</b>	26070300	26632900	21639800	63765100	61739800	41507600	24458	23181	19181
<b>Τουρκία</b>	8097700	8026900	8053670	17782000	20600000	19660000	21959	25663	24411

## **Το σιτάρι στην Ελλάδα**

Η χώρα ήταν ελλειμματική σε σιτάρι μέχρι περίπου το 1957. Η χαμηλή παραγωγή ήταν αποτέλεσμα της χαμηλής ποιότητας του γενετικού υλικού, της χαμηλής γονιμότητας των εδαφών και της κακής καλλιεργητικής τεχνικής. Η σιτάρεια που επιτεύχθηκε το 1957 ήταν συνισταμένη πολλών παραγόντων, κυρίως προσπαθειών του Ινστιτούτου Σιτηρών που δημιούργησε νέες βελτιωμένες ποικιλίες (Μεντάνα, Γ-38290, κ.α.) αλλά και της ορθής αγροτικής πολιτικής (Καραμάνος, 1994). Εξελικτικά, έγινε στροφή προς το σκληρό σιτάρι λόγω των καλύτερων τιμών και της υποστήριξης από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Σύμφωνα με τη Κοινή Αγροτική Πολιτική (CAP, 2003), μία έξτρα αμοιβή σαν κίνητρο δίνεται για να βελτιωθεί η ποιότητα και η ποσότητα του σκληρού σιταριού που χρησιμοποιείται ως σιμιγδάλι. Η επιπλέον τιμή πληρώνεται στους αγρότες που χρησιμοποιούν μία σταθερή ποσότητα σπόρου επιλεγμένων ποικιλιών που καλύπτουν τις ποιοτικές απαιτήσεις. Η εξέλιξη της καλλιέργειας του σιταριού στην Ελλάδα την περίοδο 1960-2007 παρουσιάζεται στο γράφημα 1.2. Η συγκεκριμένη περίοδος χαρακτηρίζεται από τη ραγδαία πτώση των καλλιεργούμενων εκτάσεων με μαλακό σιτάρι, με αντίστοιχη πτώση του ύψους παραγωγής. Αντιθέτως, η μέση στρεμματική απόδοση του μαλακού σιταριού, καθώς και των υπόλοιπων χειμερινών σιτηρών, παρουσίασε ανοδική τάση. Την ίδια χρονική περίοδο, σημειώθηκε σημαντική αύξηση των καλλιεργούμενων εκτάσεων και της παραγωγής του σκληρού σιταριού. Τωρινά δεδομένα της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας (2009) αναφέρουν ότι η παραγωγή έχει κυμανθεί στους 1.650.260 τόνους για το σκληρό σιτάρι και με απόδοση 2.73 t/Ha (πίνακας 1.3).



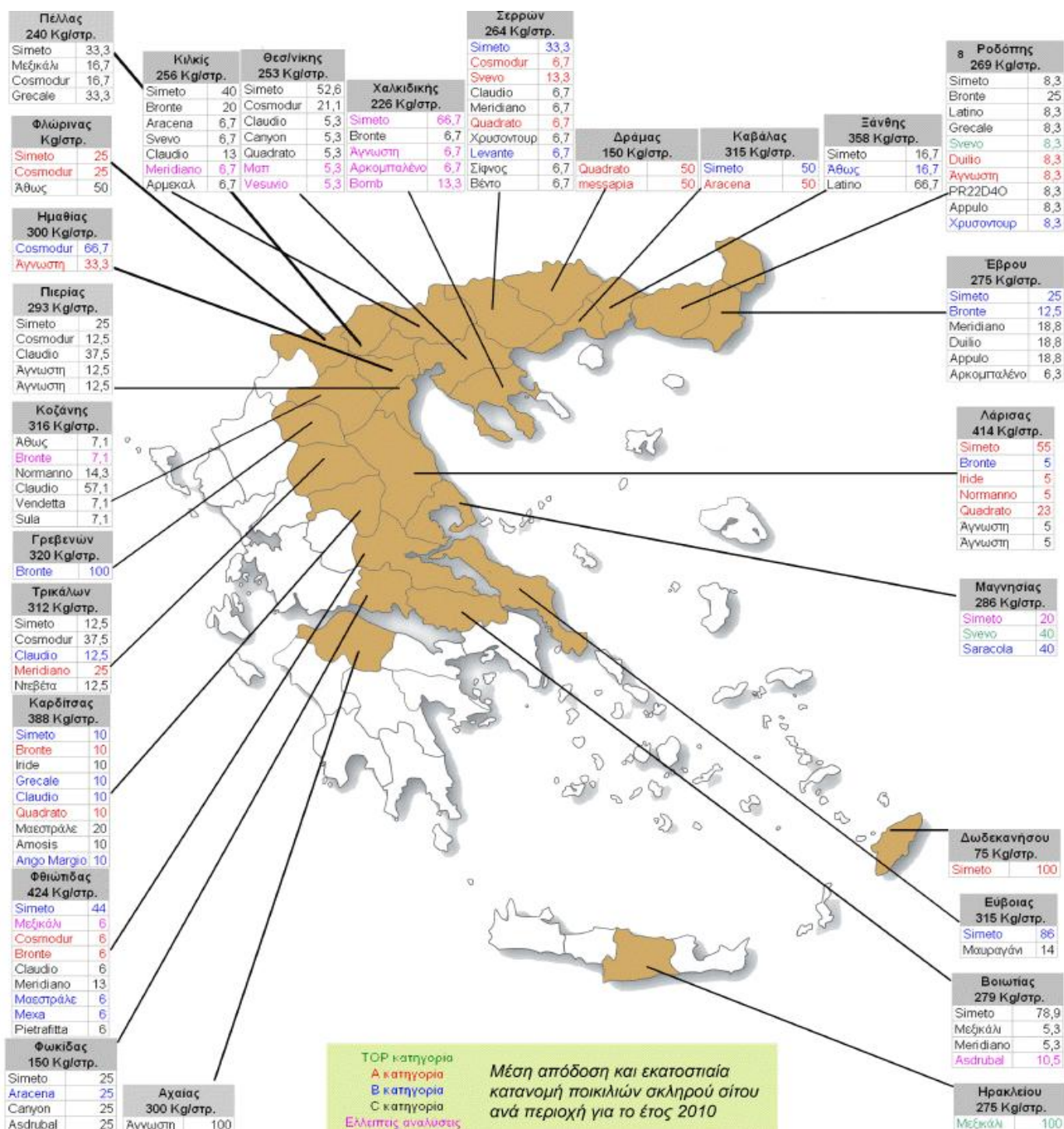
**Γράφημα 1.2** Διαγραμματική απεικόνιση της εξέλιξης της καλλιέργειας σιταριού στην Ελλάδα κατά το διάστημα 1961-2007 (FAOSTAT, 2008).

Το μεγαλύτερο ποσοστό της παραγωγής του σκληρού σιταριού προήλθε από τους νομούς Έβρου, Χαλκιδικής, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Λαρίσης και Μαγνησίας. Οι αποδόσεις σε σκληρό σιτάρι ανά Περιφερειακή ενότητα και το ποσοστό χρησιμοποίησης κάθε ποικιλίας φαίνονται στο χάρτη 1.1.

**Πίνακας 1.3** Παραγωγή, Κατανάλωση και αποδόσεις σκληρού σιταριού τα έτη 2005-09.

	2005	2006	2007	2008	2009
<b>Παραγωγή (Τόνοι)</b>	1697399	1420229	1217878	1514726	1650260
<b>Καλλιεργούμενες εκτάσεις (Ha)</b>	722630	653800	567800	549500	603703
<b>Απόδοση τόνοι/Ha</b>	2.35	2.17	2.14	2.66	2.73

## 1.1 Χάρτης κλιμάκωσης της καλλιέργειας σκληρού σιταριού στην Ελλάδα

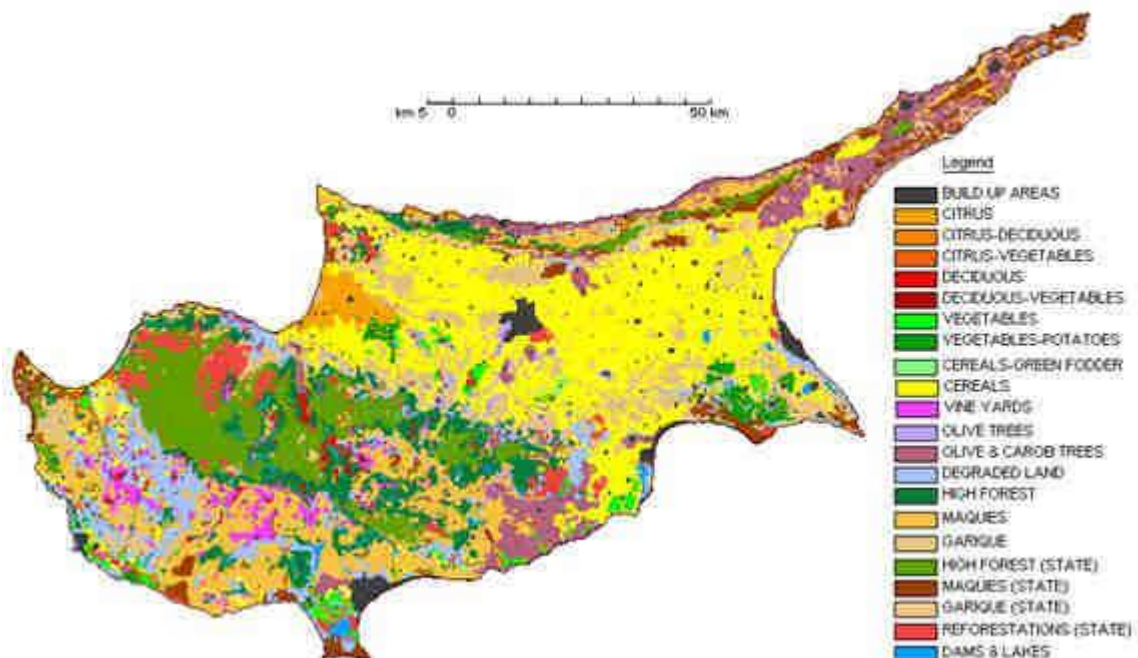


Πηγή: Δελτίο Ποιότητας σκληρού σιταριού εσοδείας 2010, Ινστιτούτο Σιτηρών.

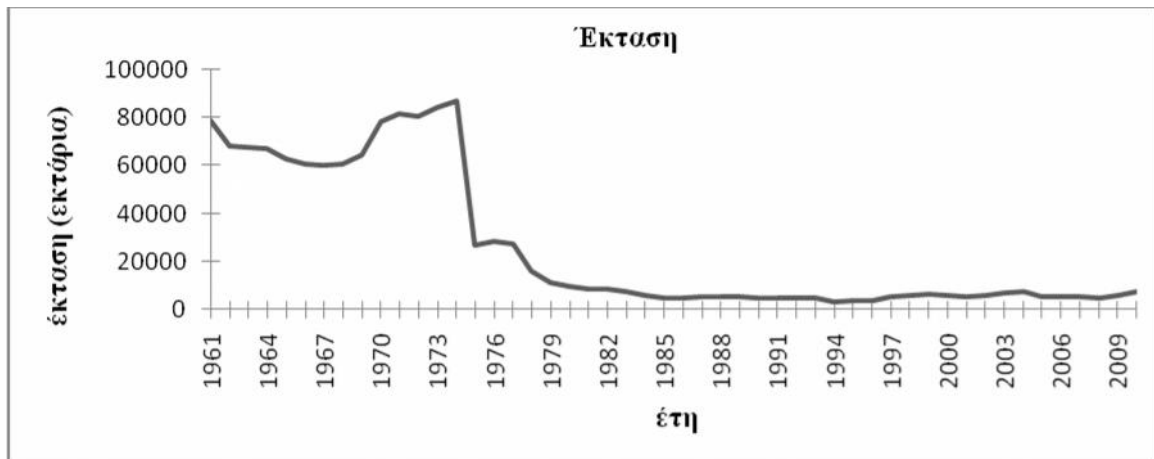
## Το σιτάρι στη Κύπρο

Στην Κύπρο η καλλιέργεια του σιταριού έχει περιοριστεί λόγω της τουρκικής εισβολής και κατοχής της πιο μεγάλης πεδιάδας του νησιού, της Μεσαορίας, που παρήγαγε μεγάλες ποσότητες σιταριού (χάρτης 1.2). Σήμερα το σιτάρι καλλιεργείται σε μικρή κλίμακα σε διάφορες περιοχές όπως Πάφο, Δάλι, Αθηαίνου (χάρτης 1.2). Το χρονικό διάστημα από το 1961 έως το 2010 οι καλλιεργητικές εκτάσεις μειώθηκαν από 78,930 σε 7,438 εκτάρια (γράφημα 1.3) ενώ το αντίστοιχο διάστημα η απόδοση του σιταριού αυξήθηκε από 579 κιλά/εκτάριο. σε 1955,5 κιλά/εκτάριο (Γράφημα 1.4). Το ίδιο χρονικό διάστημα η παραγωγή σίτου μειώθηκε σημαντικά από 45,720 τόνους το 1961 σε 14,831 τόνους το 2010 (Γράφημα 1.5). Η παραγωγή αυτή καλύπτει τα 2/3 της εγχώριας αγοράς. Για τη συμπλήρωση των αναγκών γίνεται εισαγωγή από τις Η.Π.Α, από χώρες της Ε.Ε., από την Αργεντινή και τον Καναδά. Το σιτάρι στην Κύπρο είναι επιχορηγούμενο και ελεγχόμενο είδος διατροφής και υπεύθυνη γι' αυτό υπηρεσία είναι η Επιτροπή Σιτηρών.

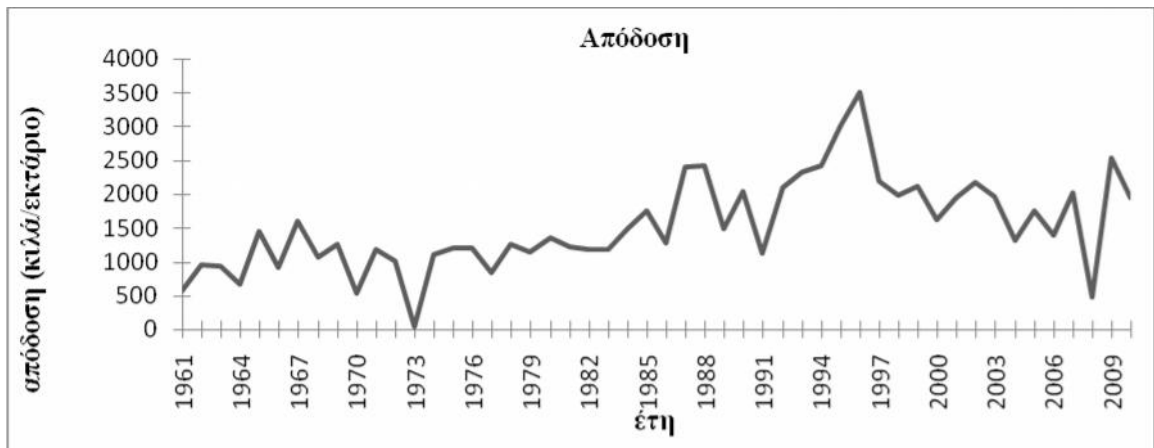
### 1.2 Χάρτης κλιμάκωσης της καλλιέργειας του σιταριού στη Κύπρο



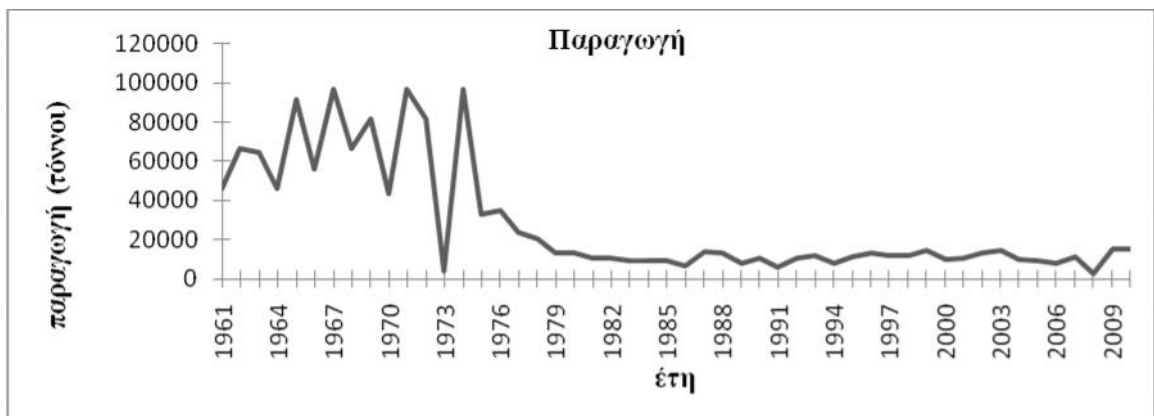




**Γράφημα 1.3** Διαγραμματική απεικόνιση της εξέλιξης της καλλιέργειας σιταριού στην Κύπρο κατά το διάστημα 1961-2007 (FAOSTAT, 2010).



**Γράφημα 1.4** Διαγραμματική απεικόνιση των αποδόσεων της καλλιέργειας σιταριού στην Κύπρο κατά το διάστημα 1961-2007 (FAOSTAT, 2010).



**Γράφημα 1.5** Διαγραμματική απεικόνιση της παραγωγής σιταριού στην Κύπρο κατά το διάστημα 1961-2007 (FAOSTAT, 2010).



Το Τμήμα Γεωργίας της Κύπρου σε συνεργασία με το Ινστιτούτο Γεωργικών Ερευνών (Ι.Γ.Ε. 2005) αναφέρει ότι η αύξηση των αποδόσεων, η βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων και η μείωση του κόστους παραγωγής, που επιτεύχθηκε τα τελευταία χρόνια, κατά κύριο λόγο οφείλονται: στην καλλιέργεια νέων βελτιωμένων ποικιλιών σιταριού, στη βελτίωση της τεχνικής της καλλιέργειας με τη κατάλληλη προετοιμασία της σποροστρώμης, τη χρήση γραμμικών σπαρτικών, την ορθολογική χρήση λιπασμάτων και εκλεκτικών ζιζανιοκτόνων, στη παραγωγή πιστοποιημένου σπόρου υψηλής, η αξιοποίηση οριακών περιοχών κυρίως ξηροθερμικών και φτωχής γονιμότητας που δεν μπορούν να αξιοποιηθούν από άλλες καλλιέργειες και τη κάλυψη των ζημιών στα σιτηρά από τον Οργανισμό Γεωργικής Ασφάλισης (ΟΓΑ). Υπάρχουν, όμως και αδυναμίες στον τομέα σιτηρών που συνοψίζονται στο μικρό μέγεθος του κλήρου, ο πολυτεμαχισμός, η περιορισμένη βροχόπτωση και η χαμηλή γονιμότητα των εδαφών. Επιπρόσθετα, η μονοκαλλιέργεια που εφαρμόζεται συνήθως εξαιτίας της τουρκικής εισβολής και το κάψιμο της ποκαλάμης σε συνδυασμό με την περιορισμένη βροχόπτωση συνέβαλαν στη σταδιακή υποβάθμιση των εδαφών και τη μείωση της ποιότητας των παραγόμενων σιτηρών. Παράλληλα, η έλλειψη στοιχειώδους υποδομής για την ποιοτική τυποποίηση της ντόπιας παραγωγής σιτηρών υποβαθμίζει περαιτέρω τη γενικότερη ποιοτική αξία των ντόπιων σιτηρών, με αποτέλεσμα τα σιτηρά να είναι χαμηλότερης ποιοτικής αξίας και τιμής. Ακόμα, δεν υπάρχει η κατάλληλη υποδομή (αποθηκευτικοί χώροι, σιλό, γεωργικά μηχανήματα) για να μπορεί να είναι η παραγωγή πιο ανταγωνιστική. Οι νέες βελτιωμένες τεχνικές και τα νέα συστήματα καλλιέργειας, που έχουν αναπτυχθεί και εφαρμόζονται με επιτυχία στην Ευρωπαϊκή Ένωση, μπορούν να εφαρμοστούν με μεγάλη επιτυχία και στην Κύπρο. Η τεχνολογία αυτή ήδη έχει εφαρμοστεί στην Κύπρο την τελευταία δεκαετία αλλά θα πρέπει να επεκταθεί ακόμη πιο πολύ με την αγορά νέων μηχανημάτων. Επίσης, οι νέες ποικιλίες και τα προτεινόμενα συστήματα καλλιέργειας (ψυχανθές –σιτάρι- κριθάρι, σανοποιητικό κριθάρι-σιτάρι-κριθάρι) του Ινστιτούτου Γεωργικών Ερευνών θα συμβάλουν ακόμη περισσότερο στην αύξηση της αποδοτικότητας και στη βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων σιτηρών. Η βελτίωση των ποικιλιών είναι μια συνεχής προσπάθεια και θα πρέπει οι ποικιλίες που δημιουργούνται ως αποτέλεσμα μακρόχρονης έρευνας να αξιοποιούνται άμεσα από τους παραγωγούς.

Η γεωγραφική θέση της Κύπρου, προσδιορίζεται στη βορειοανατολική γωνία της θάλασσας της Μεσογείου, που μεταδίδει στη νήσο ένα μεσογειακό κλίμα που

χαρακτηρίζεται από θερμά, σχεδόν χωρίς βροχή καλοκαίρια από τα μέσα Μαΐου μέχρι μέσα Σεπτεμβρίου και βροχεροί, σχεδόν ασταθείς χειμώνες από μέσα Νοεμβρίου μέχρι μέσα Μαρτίου, διαχωριζόμενα από βραχύ φθινόπωρο και μικρές περιόδους ταχείας αλλαγής στις καιρικές συνθήκες. Αυτές οι κλιματικές συνθήκες καθώς και οι ακανόνιστες βροχοπτώσεις κάθε καλλιεργητική περίοδο επηρεάζουν αποφασιστικά τις αποδόσεις του σιταριού και κριθαριού. Οι αυξημένες ανάγκες για τη βελτίωση των αποθεμάτων για τη τοπική παραγωγή σίτου και οι περιορισμένες περιοχές καλλιέργειας των σιτηρών στη Κύπρο, οδήγησαν να πραγματοποιηθεί μελέτη για να αξιολογηθεί η απόδοση των σιτηρών που καλλιεργούνται. Στη μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκαν τρεις ελίτ σειρές που καλλιεργούνται στη Κύπρο από το σκληρό, το μαλακό, το κριθάρι και τριτικάλε που καλλιεργήθηκαν τη περίοδο 1984-90 και δοκιμάστηκαν σε 23 περιβάλλοντα. Για την αξιολόγηση της σταθερότητας των σειρών αυτών στα διάφορα περιβάλλοντα, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των Finlay και Wilkinson (1963) που χρησιμοποιεί τη γραμμική παλινδρόμηση της απόδοσης κάθε ποικιλίας και της μέσης απόδοσης όλων των ποικιλιών σε κάθε τοποθεσία ή χρονιά. Ο Josephides (1992) συμπέρανε ότι το σκληρό σιτάρι και το τριτικάλε είχαν παρόμοια μέση απόκριση αλλά ήταν σημαντικά διαφορετική από το μαλακό σιτάρι. Το μαλακό σιτάρι απέδωσε σχετικά καλύτερα σε μη ευνοϊκά περιβάλλοντα και σχετικά λιγότερο σε ευνοϊκά περιβάλλοντα από το σκληρό και το τριτικάλε. Αντίστροφα, το κριθάρι ξεπέρασε σε απόδοση τα άλλα σιτηρά σε μη ευνοϊκά περιβάλλοντα αλλά απέτυχε στα ευνοϊκά. Επομένως, το κριθάρι συστήνεται για μη ευνοϊκά περιβάλλοντα και το σκληρό σιτάρι για ευνοϊκά. Επίσης, η ανωτερότητα του μαλακού σιταριού σε λιγότερο ευνοϊκά περιβάλλοντα κάνει εφικτή τη καλλιέργειά του.

Κατά συνέπεια το γενικό με την καλλιέργεια του σιταριού ισχύει και για τις κυπριακές συνθήκες που είναι αναγκαίο να αντιμετωπιστεί, ώστε με μεθοδικότητα να παραχθούν όχι μόνο προϊόντα καλής ποιότητας, αλλά και προϊόντα με μεγαλύτερη θρεπτική αξία από εκείνα των ανταγωνιστών.

#### **1.4 Προσαρμοστικότητα**

Ένας από τους σημαντικότερους στόχους της βελτίωσης είναι η αύξηση των αποδόσεων που αποτελεί το σημαντικότερο χαρακτηριστικό κάθε καλλιέργειας. Κάθε

ποικιλία έχει μία μέγιστη κληρονομούμενη δυνατότητα η οποία παρουσιάζεται μόνο όταν οι παράγοντες που επηρεάζουν θετικά την απόδοση του γονότυπου υπάρχουν στον κατάλληλο συνδυασμό. Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες στο χωράφι δεν μπορεί να είναι άριστοι με αποτέλεσμα η κληρονομούμενη ικανότητα για μεγάλη απόδοση να μην εκφράζει και μεγάλη απόδοση στον αγρό.

Η λέξη «προσαρμογή», χρησιμοποιείται ευρέως στον τομέα της γενετικής και της βελτίωσης, αλλά είναι σπάνιο να βρεθεί ένας σαφής ορισμός της έννοιας της όταν συνδέεται με μια συγκεκριμένη εφαρμογή. Συχνά επαφίεται στον αναγνώστη να προσδιορίσει την έννοια της. Στην προσπάθεια να δοθεί ένας ορισμός, οι Byth (1981) και Clements et al., (1983) υποστήριξαν ότι ο όρος προσαρμογή αναφέρεται σε δύο όρους, μια «κατάσταση» και μία «διαδικασία». Η «κατάσταση», ή το μέγεθος της προσαρμογής κατέχεται από άτομα ή πληθυσμούς, αναφέρεται στη γενετική σύσταση ενός γονότυπου και του τρόπου που συνδυάζεται η σύσταση αυτή με το περιβάλλον που βρίσκεται. Αυτή, είναι μία λειτουργία που διακατέχεται από τα γονίδια των φυτών, όπως η ρύθμιση των βιοχημικών και φυσιολογικών διεργασιών από τα γονίδια σε συνάρτηση με τους πόρους του περιβάλλοντος και τους πιθανούς κινδύνους. Ως εκ τούτου, μια διαφορά της προσαρμογής μεταξύ μεμονωμένων ατόμων, αντικατοπτρίζει μια γενετική διαφορά που επηρεάζει τον συνδυασμό των διαδικασιών ανάπτυξης με το περιβάλλον. Η «διαδικασία» της προσαρμογής αντιμετωπίζεται ως η αλλαγή στη γενετική σύσταση των ατόμων καθώς συσσωρεύουν τα γονίδια ή η αλλαγή της συχνότητας των γονιδίων μέσα στους πληθυσμούς, η οποία συνδέεται με την αύξηση και την ανάπτυξη με το περιβάλλον.

Η εξέταση της προσαρμοστικότητας πραγματοποιείται μέσα από διάφορες στατιστικές τεχνικές κατά την ανάλυση της προσαρμοστικότητας στα διάφορα πειράματα της βελτίωσης φυτών. Ο στόχος αυτών των αναλύσεων έχει είτε να κατανοήσουμε την απόκλιση για την κατάσταση της προσαρμογής ή να παρέχουν ένα κριτήριο επιλογής, τα οποία μπορούν τόσο να βοηθήσουν τη διαδικασία βελτίωσης της προσαρμοστικότητας μέσα σε ένα πληθυσμό, όσο και να αποτελέσουν τη βάση για την επιλογή νέων καλλιεργούμενων ποικιλιών με ανώτερα επίπεδα προσαρμογής. Σε πολλές περιπτώσεις, οι μέθοδοι αναδεικνύουν τις διαφορές για τα χαρακτηριστικά των επιδόσεων, αλλά υπάρχει περιορισμένη κατανόηση για τη γενετική ή τη φυσιολογική βάση αυτών των διαφορών. Ανεξάρτητα από την εξέλιξη της στατιστικής μεθοδολογίας, ένα μεγάλο κομμάτι της έρευνας έχει επικεντρωθεί στην

κατανόηση της φυσιολογικής-γενετικής βάσης των χαρακτηριστικών και τη συμβολή τους στο επίπεδο της απόδοσης των καλλιεργειών.

Κατανοώντας, τη προσαρμογή των φυτών υπάρχει πιο αποτελεσματική απόδοση των καλλιεργειών, το οποίο είναι θέμα ζωτικού συμφέροντος για τα διεθνή κέντρα γεωργικής έρευνας και των εθνικών προγραμμάτων.

Το CIMMYT είναι το μεγαλύτερο ερευνητικό κέντρο που ασχολείται με την βελτίωση του σιταριού και του καλαμποκιού. Το CIMMYT δημιουργήθηκε μέσω ενός πιλοτικού προγράμματος το 1943 στο Μεξικό, υποστηριζόμενο από την κυβέρνηση του Μεξικό και το ίδρυμα Rockefeller. Ο σκοπός του είναι η αύξηση των αποδόσεων των εν λόγω καλλιεργειών, για την κάλυψη των διατροφικών αναγκών των αναπτυσσόμενων χωρών και η βελτίωση των καλλιεργητικών τεχνικών, με στόχο την διαφύλαξη των φυσικών πόρων. Οι βελτιωτικές προσπάθειες εστιάστηκαν στην ανάπτυξη γενετικού υλικού όσον αφορά το δυναμικό της απόδοσης στα συστήματα σταθερότητας της απόδοσης, στην αποτελεσματικότερη ανταπόκριση σε εισροές, στην ανθεκτικότητα σε αβιοτικές και βιοτικές καταπονήσεις και την μεγαλύτερη ποιότητα στη τελική χρήση για μια σειρά τοπικών και βιομηχανικά επεξεργασμένων προϊόντων σίτου. Η έρευνα που έγινε στο σιτάρι τα πρώτα χρόνια λειτουργίας του, κατέστησε το Μεξικό αυτάρκες σε παραγωγή της συγκεκριμένης καλλιέργειας το 1950. Αποτελεί την πρωταρχική πηγή γενετικού υλικού για τα εθνικά προγράμματα βελτίωσης του σκληρού σιταριού στις αναπτυσσόμενες αλλά και εκβιομηχανισμένες χώρες.

Η μεγάλη συνεισφορά και πρόοδος του CIMMYT φαίνεται και από το γεγονός ότι η Ινδία παίρνοντας σπόρο από το Μεξικό, ανέβασε την παραγωγή σιταριού από 11,3 εκατομμύρια τόνους το 1967 σε 16,8 εκατομμύρια τόνους το 1968. Τόσο η Ινδία όσο και το Πακιστάν διπλασίασαν την παραγωγή σιταριού από το 1966 μέχρι το 1971, με αποτέλεσμα η πράσινη επανάσταση να έχει επισήμως ξεκινήσει. Μάλιστα ο ερευνητής του CIMMYT, Norman Borlaug, ανέπτυξε κοντόσωμες ποικιλίες σιταριού, παραγωγικότερες από τις παλαιότερες, οι οποίες αξιοποιούσαν αποτελεσματικότερα τα θρεπτικά στοιχεία. Για την συνεισφορά του τιμήθηκε με το βραβείο Νόμπελ ειρήνης.

Τα τελευταία 20 χρόνια, τα περισσότερα μεγάλα προγράμματα βελτίωσης του σιταριού στον κόσμο έχουν υιοθετήσει τον πειραματισμό σε διάφορα περιβάλλοντα ως αναπόσπαστο μέρος της φιλοσοφίας τους, συμπεριλαμβανομένων εκείνων στις Μεγάλες Πεδιάδες στις Ηνωμένες Πολιτείες, τη βόρειο-δυτική Ευρώπη, Ανατολική

και Νότια Αφρική, τη Δυτική Ασία, τη Βόρεια Αφρική και τη Νότια Αμερική. Η ευρεία υιοθέτηση της μεθοδολογίας αυτής έχει ως εκ τούτου οδηγήσει τους ερευνητές να πιστεύουν ότι έχει ευρύτερη εφαρμογή στην επιλογή των κατάλληλων γονέων για διασταυρώσεις και στην ανάπτυξη γενετικού υλικού για την απελευθέρωση και τη σύσταση προς τους αγρότες.

Το CIMMYT ποτέ δεν επεδίωξε ούτε προτείνει μια ενιαία ποικιλία για ολόκληρο τον κόσμο. Καθορίζει ευρεία προσαρμογή ως την ικανότητα μιας ποικιλίας να παράγει υψηλές αποδόσεις σε πολλά περιβάλλοντα. Τέτοιο γενετικό υλικό χρειάζεται κρίσιμη και ουσιαστική ποικιλομορφία για την ανθεκτικότητα σε ασθένειες, ενώ μεταφέρουν ορισμένα στοιχεία ομοιογένειας, όπως αδιαφορία στη φωτοπερίοδο και γονίδια νανισμού.

Το 1988, το στρατηγικό σχέδιο του CIMMYT περιελάμβανε τον όρο μέγα-περιβάλλον (ME) που υποδιαιρεί παγκόσμια το σιτάρι σε τομείς. Ωστόσο, συνεχώς εξελίσσονται τα τελευταία 50 χρόνια, οι επιδιώξεις του προγράμματος ώστε να συνδυαστούν αγρονομικά χαρακτηριστικά με τις βασικές και ειδικές αβιοτικές και βιοτικές καταπονήσεις, προκειμένου να αντιμετωπιστούν 120 εκατομμύρια εκτάρια των πολύ διαφορετικών συνθηκών που αναπτύσσεται το σιτάρι. Κατά τη στιγμή της πρότασης για τα ME, το πρόγραμμα βελτίωσης ήταν ήδη στρατηγικά και ευδιάκριτα προορισμένο για την αντιμετώπιση των ζητημάτων που αφορούν την προσαρμογή σε ποικίλα περιβάλλοντα, όπως αρδευόμενες περιοχές, περιοχές με υψηλή βροχόπτωση, όξινα εδάφη, ημίξηρες περιοχές, τροπικές περιοχές και τις ζώνες του χειμερινού σιταριού. Η οριοθέτηση των ME, βασίζεται στη διαθεσιμότητα του νερού, τον τύπο του εδάφους, της θερμοκρασίας που επικρατεί, το σύστημα παραγωγής και των συναφών βιοτικών και αβιοτικών καταπονήσεων. Οι προτιμήσεις των καταναλωτών για τα σιτηρά όπως το χρώμα που απαιτείται για βιομηχανική και την τελική χρήση θεωρείται επίσης λόγος διαχωρισμού.

Το γενετικό υλικό που αναπτύχθηκε για ένα δεδομένο ME θα έχει ανθεκτικότητα στις πρωταρχικές καταπονήσεις, χωρίς όμως να διαθέτει ανθεκτικότητα στις δευτερογενείς πιέσεις. Ωστόσο, γίνεται μια προσπάθεια να συμπεριληφθεί γενική παραλλακτικότητα για τα επιπλέον χαρακτηριστικά που έχουν σημασία στο πλαίσιο της ME. Έμφαση δίνεται επίσης στην διατήρηση της γενετικής ποικιλομορφίας σε κάθε ME για να αντιμετωπίσουν την απειλή της γενετικής ευπάθειας.

Το CIMMYT έχει καθορίσει 12 Μέγα-Περιβάλλοντα, MEs: έξι ME δίνοντας έμφαση στις περιοχές παραγωγής σίτου την άνοιξη, τρία ME, δίνοντας έμφαση στις περιοχές των ημιχειμωνιάτικων σιταριών και τρεις ME δίνοντας έμφαση στις περιοχές του χειμωνιάτικων σιταριών (Rajaram et al, 1995.). Αυτά απεικονίζονται στον πίνακα 1.4. Ωστόσο, στην πραγματικότητα, η νέα ταξινόμηση εξελίχθηκε μέσα από μια μακρά διαδικασία της μάθησης.

**Πίνακας 1.4** Ταξινόμηση των Μέγα-Περιβαλλόντων (MEs).

ME	Υψόμετρο	Επίπεδο υγρασίας	Θερμοκρασία κλίμα	Εμφάνιση	Συνήθεια ανάπτυξης	Αντικειμενικοί σκοποί	Κυριότερες Περιοχές
<i>Ανοιξιάτικα σιτάρια</i>							
1	χαμηλό	Μικρή βροχόπτωση	εύκρατο	Φθιν.	Άνοιξ.	πλάγιασμα	Μεξικό
2	χαμηλό	Υψηλή βροχόπτωση	εύκρατο	Φθιν.	Άνοιξ.	Πλάγιασμα	Β. Αφρική
3	χαμηλό	Μικρή βροχόπτωση	εύκρατο	Φθιν.	Άνοιξ.	όξινα εδάφη	Βραζιλία
4A	χαμηλό	Μικρή βροχόπτωση	εύκρατο	Φθιν.	Άνοιξ.	ξηρασία	Μαρόκο
4B	χαμηλό	Μικρή βροχόπτωση	εύκρατο	Φθιν.	Άνοιξ.	ξηρασία	Αργεντινή
4C	χαμηλό	υγρασία	ζεστό	Φθιν.	Άνοιξ.	ξηρασία	Ινδία
5A	χαμηλό	Υψηλή βροχόπτωση	ζεστό	Φθιν.	Άνοιξ.	ζέστη	Μπαγκλαντές
5B	χαμηλό	αρδευόμενα	ζεστό	Φθιν.	Άνοιξ.	ζέστη	Σουδάν
6	υψηλό	ακανόνιστη	εύκρατο	Άνοιξ.	Άνοιξ.	ξηρασία	Καζακστάν
<i>Χειμωνιάτικα/Ημιχειμωνιάτικα</i>							
7A	χαμηλό	αρδευόμενα	Μ. ψύχος	Φθιν.	Προαιρ.	Ψύχος	Κίνα
7B	χαμηλό	αρδευόμενα	Μ. ψύχος	Φθιν.	Προαιρ.	σκωριάσεις	Τουρκία
8A	χαμηλό	Υψηλή βροχόπτωση	Μ. ψύχος	Φθιν.	Προαιρ.	σκωριάσεις	Χιλή
8B	χαμηλό	Υψηλή βροχόπτωση	Μ. ψύχος	Φθιν.	Προαιρ.	σκωριάσεις	Κ. Ασία

9	χαμηλό	Μικρή βροχόπτωση	Μ. ψύχος	Φθιν.	Προαιρ.	Ξηρασία/ψύχος	Β.Αφρική
10	χαμηλό	αρδευόμενα	Δριμύ ψύχος	Φθιν.	Χειμ.	ψύχος	Κίνα
11A	υψηλό	Υψηλή βροχόπτωση	Δριμύ ψύχος	Φθιν.	Χειμ.	σκωριάσεις	Κ. Ευρώπη
11B	χαμηλό	Υψηλή βροχόπτωση	Δριμύ ψύχος	Φθιν.	Χειμ.	προβλάστηση	ΝΑ. Ευρώπη
12	χαμηλό	Μικρή βροχόπτωση	Δριμύ ψύχος	Φθιν.	Χειμ.	ξηρασία	Δ. Ασία

Πηγή: Rajaram et al., (1995)

Όλα τα ανοιξιάτικα σιτάρια προέρχονται από το Μεξικό, και πλέον η βελτίωση των χειμωνιάτικων σιταριών γίνεται στην Τουρκία, σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο του Όρεγκον, το Τουρκικό Εθνικό Πρόγραμμα και το Διεθνές Κέντρο Αγροτικής Έρευνας στις ξηρές περιοχές (ICARDA). Τα ακόλουθα χαρακτηριστικά ή γονίδια θεωρούνται απαραίτητα για τα διάφορα ΜΕ.

### 1.5 Αλληλεπιδράσεις γονότυπου-περιβάλλοντος

Η απόδοση των καλλιεργειών είναι συνάρτηση του γονότυπου της καλλιέργειας και της φύσης του περιβάλλοντος παραγωγής. Η έκφραση του γονότυπου δεν είναι ανεξάρτητη από το περιβάλλον δοκιμής, κατά συνέπεια, η σχετική απόδοση των γονότυπων ποικίλουν σε διαφορετικά περιβάλλοντα, αντανακλώντας το γονότυπο από το περιβάλλον (GxE). Η ύπαρξη αλληλεπιδράσεων γονότυπου-περιβάλλον (ΑΓΠ) εμποδίζει τη γενετική ανάλυση της απόδοσης και μειώνει την αποτελεσματικότητα της βελτίωσης των καλλιεργειών επειδή συγχέονται οι συγκρίσεις μεταξύ των γονοτύπων με το περιβάλλον και περιπλέκουν τον ορισμό των στόχων της βελτίωσης. Υποστηρίζεται ότι για να αρθούν αυτοί οι περιορισμοί για την καλλιέργεια, θα πρέπει να αναπτύξουμε μια κατανόηση των διαφορών όσον αφορά την προσαρμογή των φυτών που συνδέονται με την επίδοση και ιδίως με τις αλληλεπιδράσεις γονότυπου περιβάλλοντος.

Η κατανόηση της φυσιολογίας και της γενετικής βάσης της προσαρμογής εξετάζεται από τη σκοπιά του πώς αυτό μπορεί να βοηθήσει τον βελτιωτή φυτών να

προβεί σε επιλογή που συμβάλλει στην ανάπτυξη της καλλιέργειας. Η ποσοτική γενετική παρέχει το θεωρητικό πλαίσιο για ένα μεγάλο μέρος της μεθοδολογίας στο οποίο η βελτίωση των φυτών λειτουργεί. Αυτή η προσέγγιση είναι αποτελεσματική για τη βελτίωση της ευρείας προσαρμογής των ποσοτικών χαρακτηριστικών, όπως η απόδοση, σε μια σειρά από περιβάλλοντα. Ωστόσο, συχνά υποστηρίζεται ότι από αυτές τις εξελίξεις έχουν επιτευχθεί σε βάρος της εκμετάλλευσης της παραλλακτικότητας για συγκεκριμένη προσαρμογή που παρατηρήθηκαν σε πειραματισμό σε πολλά περιβάλλοντα (METs). Η συχνότητα εμφάνισης της ειδικής προσαρμογής συχνά παρατηρείται ως GxE αλληλεπιδράσεις. Γενικά αναλύονται στατιστικά και σπάνια ένα φυσιολογικό πλαίσιο χρησιμοποιείται για να βοηθήσει την ανάλυση της προσαρμογής. Ο βαθμός στον οποίο η παραλλακτικότητα που συνδέεται με GxE αλληλεπιδράσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί από την επιλογή αλλά είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθεί και σε μεγάλο βαθμό παραμένει άγνωστη.

Θα πρέπει να συγκριθούν περιπτώσεις όπου υπήρχε επιτυχημένη επιλογή για καλή προσαρμοστικότητα, με περιπτώσεις όπου δεν ήταν. Σε επιτυχείς περιπτώσεις κοινά στοιχεία είναι τα εξής: (i) ένα σαφή ορισμό των περιβαλλοντικών παραγόντων, στον οποία συγκεκριμένα η προσαρμογή εκφράζεται, (ii) τον προσδιορισμό της γενετικής παρέκκλισης και η θετική προσαρμογή στους περιβαλλοντικούς παράγοντες και (iii) μία σαφής επίδειξη ότι μια θετική απόκριση στην επιλογή του πρωταρχικού χαρακτήρα, π.χ. απόδοση, μπορεί να είναι πιο αποτελεσματική αν επιτευχθεί με έμμεση επιλογή για συγκεκριμένη προσαρμογή παρά από την απευθείας επιλογή για την ευρεία προσαρμογή των αποδόσεων στα παραδοσιακά METs.

Η αλληλεπίδραση γονοτύπου-περιβάλλοντος (ΑΓΠ) είναι ένα χαρακτηριστικό που αντιστοιχεί σε όλους τους ζώντες οργανισμούς. Γονότυποι και περιβάλλοντα αλληλεπιδρούν για να παράγουν μια συστοιχία από φαινότυπους. Η ΑΓΠ μπορεί να ορισθεί ως η διαφορά μεταξύ της φαινοτυπικής τιμής και της τιμής που αναμένεται από τις αντίστοιχες γονοτυπικές και φαινοτυπικές τιμές (Baker, 1988). Επίσης, μπορεί να ορισθεί ως η παραλλακτικότητα που προκαλείται από τις κοινές επιδράσεις των γονοτύπων και των διάφορων περιβαλλόντων. Στην βελτίωση φυτών δοκιμάζονται διάφορες ποικιλίες σε ποικίλα περιβάλλοντα, κάτι που υποδηλώνει ότι αναμένεται η ύπαρξη ΑΓΠ. Σύμφωνα με τον Haldane (1947), η ΑΓΠ είναι σημαντική μόνο όταν οι γονότυποι αλλάζουν κατηγορία από το ένα περιβάλλον στο άλλο.



Κατά τη διαδικασία της ανάπτυξης νέων ποικιλιών, οι βελτιωτές φυτών επιλέγουν να βελτιώσουν την προσαρμογή των φυτών σε ένα μεγάλο εύρος περιβαλλόντων. Αυτά τα περιβάλλοντα περιλαμβάνουν μείγμα τύπων τα οποία προκαλούν τους γονότυπους ώστε να εκθέσουν τις διαφορές τους στη προσαρμογή. Κατά τη διαδικασία της επιλογής μεταξύ των γονοτύπων, οι βελτιωτές φυτών ασχολούνται με τις επιπτώσεις της ΑΓΠ. Όταν οι GxE αλληλεπιδράσεις αλλάζουν τη κατάταξη του γονότυπου (Haldane, 1946), εισάγεται ένας βαθμός αβεβαιότητας στην αναγνώριση γονοτύπων με ανώτερη ευρεία προσαρμογή στα διάφορα περιβάλλοντα, και η απόκριση στην επιλογή μειώνεται. Για αυτή την αβεβαιότητα, οι βελτιωτές φυτών δοκιμάζουν γονότυπους στα METs, τα οποία είναι δείγμα των περιβαλλόντων στα οποία προορίζονται οι γονότυποι. Με βάση την επίδοση τους σ' αυτές η επιλογή μεταξύ των γονοτύπων ασκείται και αναμένεται μία απόκριση στην επιλογή, όταν θα καλλιεργηθούν οι γονότυποι στα περιβάλλοντα για τα οποία προορίζονται. Υπάρχει ένας αναρίθμητος αριθμός από βιβλιογραφικές αναφορές που ασχολείται ειδικά με τη αλληλεπίδραση γονότυπου περιβάλλοντος (Haldane, 1946; Allard και Bradshaw, 1964), τα πρότυπα για την ποσοτικοποίηση του μεγέθους της (Comstock και Moll, 1963; Nyquist, 1991), μεθοδολογία για την περιγραφή των ανεπιθύμητων αλληλεπιδράσεων (Yates και Cochran, 1938; Finlay και Wilkinson 1963; Byth et al, 1976) και τις στρατηγικές επιλογής, (Brennan et al, 1981). Οι γνώμες σχετικά με το πώς να αντιμετωπισθεί η αλληλεπίδραση μεταξύ γονότυπου-περιβάλλοντος ποικίλλουν. Ωστόσο οι δύο κυριότερες στρατηγικές μπορούν να διακριθούν ανάλογα με το αν οι αλληλεπιδράσεις είναι i) πηγή σφαλμάτων ή μεροληψία κατά τον προσδιορισμό της αξίας ενός γονότυπου, ή ii) σαν συστατικό της παραλλακτικότητας, το οποίο είναι εν μέρει κληρονομικό και μπορεί να αξιοποιηθεί μέσω της επιλογής για συγκεκριμένη προσαρμογή.

Η διαφορετική απόκριση των καλλιεργειών σε διαφορετικά περιβάλλοντα αναφέρεται ως διασταυρωτή αλληλεπίδραση (crossover interaction) όταν ο γονότυπος αλλάζει κατάταξη από το ένα περιβάλλον στο άλλο. Το κύριο χαρακτηριστικό αυτής της αλληλεπίδρασης είναι η τομή των γραμμών σε γραφική παράσταση. Όταν οι γραμμές δεν τέμνονται, δεν υπάρχει αυτή η αλληλεπίδραση (Kang, 1998). Στη βελτίωση των φυτών μας ενδιαφέρουν οι διασταυρωτές αλληλεπιδράσεις από τις μη διασταυρωτές σύμφωνα με τον Kang, 1998. Δεδομένου της παρουσίας των διασταυρωτών αλληλεπιδράσεων που έχουν σημαντική επίπτωση στη βελτίωση για συγκεκριμένη προσαρμοστικότητα, είναι σημαντικό να εκτιμηθεί η συχνότητα τους

(Singh et al., 1999). Σύμφωνα με τον Gregorius και Namkoong (1986), αυτές οι αλληλεπιδράσεις όχι μόνο δεν είναι προσθετικές στη φύση, αλλά και μη διαχωρίσιμες. Απουσία αυτών των αλληλεπιδράσεων για τα QTL, ακόμα και με τη παρουσία σημαντικής ΑΓΠ έχει αναφερθεί (Lee, 1995).

Η παραλλακτικότητα ανάμεσα στους γονότυπους στην φαινοτυπική ευαισθησία στο περιβάλλον, απαιτεί την ανάπτυξη των τοπικών προσαρμοσμένων ποικιλιών (Falconer, 1952). Αν κανένας γονότυπος δεν έχει ανωτερότητα σε όλες τις περιστάσεις, η ΑΓΠ υποδεικνύει την δυνατότητα για γενετική διαφοροποίηση των πληθυσμών κάτω από παρατεταμένη επιλογή σε διαφορετικά περιβάλλοντα (Via, 1984).

Αυτές οι αλληλεπιδράσεις αντιπροσωπεύουν αλλαγές στο μέγεθος των επιδόσεων ενός γονότυπου (ποσοτικά), αλλά η σειρά κατάταξης των γονότυπων στα διάφορα περιβάλλοντα παραμένει αμετάβλητη, δηλαδή γονότυποι που είναι ανώτεροι σε ένα περιβάλλον διατηρούν την υπεροχή τους και σε άλλα περιβάλλοντα. Μη διασταυρωτές αλληλεπιδράσεις μπορεί να σημαίνουν ότι οι γονότυποι είναι γενετικά ετερογενείς αλλά τα περιβάλλοντα δοκιμής είναι περισσότερο ή λιγότερο ομοιογενή ή ότι οι γονότυποι είναι γενετικά ομοιογενής αλλά τα περιβάλλοντα είναι ετερογενή. Όλοι οι ιδανικοί γονότυποι που καλλιεργούνται σε σταθερές (ιδανικές) συνθήκες περιβάλλοντος θα πρέπει να αποδίδουν με συνέπεια. Οποιαδήποτε απόκλιση από το ιδανικό περιβάλλον οδηγεί σε ΑΓΠ.

Η σημασία της ΑΓΠ μπορεί να φανεί από τις σχετικές συνεισφορές των νέων ποικιλιών και τη βελτίωση της διαχείρισης στις αυξήσεις στην απόδοση από τις άμεσες συγκρίσεις των αποδόσεων των παλαιών και νέων ποικιλιών σε μία δοκιμή (Silvey, 1981). Οι βελτιώσεις στη Γενετική αντιπροσωπεύουν περίπου το 50% των κερδών στην απόδοση ανά μονάδα για τις βασικές καλλιέργειες τα τελευταία 50-60 χρόνια (Silvey, 1981). Έτσι, η συνδυασμένη συνεισφορά του G (γονότυπου) και ΑΓΠ (αλληλεπίδραση γονότυπου-περιβάλλοντος), μπορεί να είναι ουσιώδης (40-60% στο σιτάρι και το 70-90% στο κριθάρι). Η ΑΓΠ εμφανίζεται κατά τη διάρκεια και έχει μια εντυπωσιακή επίπτωση σε όλα τα στάδια ενός προγράμματος βελτίωσης.

Η κληρονομικότητα ενός χαρακτηριστικού παίζει βασικό ρόλο στον προσδιορισμό της γενετικής προόδου από επιλογή. Ως συνιστώσα της συνολικής φαινοτυπικής διασποράς, η ΑΓΠ επηρεάζει την κληρονομικότητα αρνητικά. Όσο μεγαλύτερη είναι η ΑΓΠ τόσο μικρότερη είναι η εκτίμηση της κληρονομικότητας με αποτέλεσμα η πρόοδος από την επιλογή του θα ήταν περιορισμένη. Μία μεγάλη ΑΓΠ

αντανακλά την ανάγκη για πειραματισμό των ποικιλιών σε πολλά περιβάλλοντα (τοποθεσίες και / ή χρόνια) για να αποκτηθούν αξιόπιστα αποτελέσματα.

Ο Kang (1993) συζήτησε τα μειονεκτήματα της απόρριψης γονοτύπων που αξιολογήθηκαν μόνο σ' ένα περιβάλλον σε πρώιμα στάδια ενός βελτιωτικού προγράμματος. Οι απορριφθέντες γονότυποι μπορεί να έχουν τη δυνατότητα να είναι καλύτεροι σε κάποιο άλλο περιβάλλον ή σε άλλη χρονιά. Έτσι, κάποια ίσως καλά γονίδια μπορούν να χαθούν εξαιτίας αυτής της απόρριψης. Ένα παράδειγμα από έξι σειρές κριθαριού, απεικονίζει αυτήν τη διαπίστωση. Συνολικά 288 σειρές κριθαριού αξιολογήθηκαν στο Μαγκρέμπ και στα πειράματα απόδοσης του ICARDA σε τρεις τοποθεσίες (Ceccarelli et al., 1994). Από τις 103 σειρές που επιλέχθηκαν στην ICARDA και 154 σειρές στο Μαγκρέμπ, έγινε επιλογή 49 σειρών και στις δύο τοποθεσίες.

Η αξιολόγηση των επιδόσεων είναι η δεύτερη συνιστώσα του προγράμματος βελτίωσης. Η δοκιμασία σ' ένα μόνο περιβάλλον παρέχει μόνο περιορισμένες πληροφορίες. Η δοκιμή σε πολλά περιβάλλοντα παρέχει πρόσθετες χρήσιμες πληροφορίες, π.χ. το συστατικό της αλληλεπίδρασης γονότυπου-περιβάλλοντος μπορεί να εκτιμηθεί. Επιπρόσθετα, ο πειραματισμός σε πολλά περιβάλλοντα εκτιμά καλύτερα τα συστατικά της διασποράς και την κληρονομικότητα.

Καθώς η σημασία μιας σημαντικής αλληλεπίδρασης μεταξύ δύο παραγόντων αυξάνει, η χρησιμότητα και η αξιοπιστία των κυριότερων επιδράσεων αντίστοιχα μειώνεται. Από τη στιγμή που η ΑΓΠ μειώνει τη συσχέτιση μεταξύ φαινοτυπικών και γονοτυπικών τιμών, η δυσκολία στην αναγνώριση εξαιρετικά ανώτερων γονοτύπων σε όλα τα περιβάλλοντα μεγεθύνεται.

Προφανώς, το κόστος της αξιολόγησης μιας ποικιλίας αυξάνεται όταν πραγματοποιείται επιπρόσθετη δοκιμασία. Ωστόσο, με την πολύπεριβάλλοντική δοκιμασία ο βελτιωτής μπορεί να προσδιορίσει γονότυπους με εξειδικευμένη προσαρμογή, αλλά και με ευρεία προσαρμογή, η οποία δεν θα ήταν δυνατή με τη δοκιμή μόνο σ' ένα ενιαίο περιβάλλον. Πολυπεριβάλλοντική δοκιμή επιτρέπει να αναγνωριστούν γονότυποι που παράγουν με συνέπεια από έτος σε έτος (μικρή χρονική παραλλακτικότητα) και εκείνων που παράγουν με συνέπεια από τοποθεσία σε τοποθεσία (μικρή χωρική παραλλακτικότητα). Σταθερότητα της απόδοσης μπορεί να προσδιοριστεί μέσω στατιστικών που εμπλέκουν την σταθερότητα (Lin et al, 1986).

## 1.6 Μοντέλα για την ανάλυση και την ερμηνεία της αλληλεπίδρασης γονότυπου περιβάλλοντος

Η παρουσία της αλληλεπίδρασης γονοτύπου-περιβάλλοντος (ΑΓΠ) στην βελτίωση των φυτών εκφράζεται είτε ως ασυμβίβαστες αποκρίσεις μερικών γονότυπων σε σχέση με άλλες λόγω της αλλαγής γονοτυπικής κατάταξης ή αλλαγές στις απόλυτες διαφορές μεταξύ των γονότυπων χωρίς να αλλάξουν κατάταξη. Διάφορα μοντέλα χρησιμοποιούνται συνήθως για την περιγραφή της μέσης απόκρισης των γονοτύπων σε σχέση με τα περιβάλλοντα και για τη μελέτη και την ερμηνεία της ΑΓΠ σε γεωργικά πειράματα. Τα μοντέλα αυτά είναι τα εξής: γραμμικά μοντέλα (linear models), διγραμμικά μοντέλα (bilinear models) και γραμμικά-διγραμμικά μοντέλα. Μία κατηγορία των γραμμικών μοντέλων, που ονομάζεται παραγοντική παλινδρόμηση (FR) μοντέλο, καθώς και μια κατηγορία διγραμμικού μοντέλου, που ονομάζεται ελαχίστων τετραγώνων παλινδρόμηση (least squares regression) επιτρέπει την ενσωμάτωση εξωτερικών περιβαλλοντικών και γονοτυπικών συνδιασπορών άμεσα στο μοντέλο. Το βασικό (two-way) γραμμικό μοντέλο με σταθερές επιδράσεις της ανάλυσης της ΑΓΠ, εκτιμά ότι η εμπειρική μέση απόκριση, μέσο  $y_{ij}$  του ίστου γονότυπου στο  $j$ στο περιβάλλον με  $n$  επαναλήψεις, εκφράζεται ως  $\bar{Y}_{ij} = \mu + \tau_i + \delta_j + (\tau\delta_{ij}) + \varepsilon_{ij}(\mathbf{1})$  όπου το  $\mu$  είναι ο γενικός μέσος όρος για όλους τους γονοτύπους και τα περιβάλλοντα,  $\tau_i$  είναι η αθροιστική επίδραση του ίστου γονότυπου,  $\delta_j$  είναι η αθροιστική επίδραση του  $j$ στου περιβάλλοντος,  $\tau\delta_{ij}$  είναι η μη αθροιστική αλληλεπίδραση ΑΓΠ του ίστου γονότυπου μέσα στο  $j$ στο περιβάλλον και το  $\varepsilon_{ij}$  είναι το μέσο σφάλμα υπό την προϋπόθεση κανονικής κατανομής  $(0, \sigma^2/n)$  (όπου  $\sigma^2$  είναι στο πλαίσιο της διακύμανσης των σφαλμάτων του περιβάλλοντος και θεωρείται ότι είναι σταθερό). Για ένα πλήρη τυχαίο μοντέλο, είναι δεδομένα τα  $\tau_i$ ,  $\delta_j$ , και  $(\tau\delta_{ij})$ , είναι κανονικά και ανεξάρτητα κατανεμημένα, με διακυμάνσεις  $\sigma_{\tau_i}^2$ ,  $\sigma_{\delta_j}^2$  και  $\sigma_{\tau\delta_{ij}}^2$  αντίστοιχα. Οι Yates και Cochran (1938) εισήγαγαν το υπόδειγμα στο οποίο ο όρος ΑΓΠ είναι γραμμικά συνδεδεμένος με την περιβαλλοντική κύρια επίδραση (main effect).

### 1.6.1 Γραμμικό-διγραμμικό μοντέλο σταθερών επιδράσεων (Fixed effect Linear-bilinear Model)

Ο Williams (1952) θεωρεί το μοντέλο  $\bar{Y}_{ij} = \mu + \tau_i + \lambda \alpha_i \gamma_j + \varepsilon_{ij}$ , όπου το  $\lambda$  είναι η μεγαλύτερη μοναδική τιμή του  $ZZ'$  και του  $Z'Z$  (για  $Z = \bar{Y}_{ij} - \bar{Y}_i$ ) και  $\alpha_i$  και  $\gamma_j$  είναι τα αντίστοιχα ιδιοδιανύσματα. Οι Gollob (1968) και Mandel (1969) επέκτειναν το προηγούμενο μοντέλο, λαμβάνοντας υπόψη το ΑΓΠ όρο σαν

$$\tau \delta_{ij} = \sum_{k=1}^t \lambda_k \alpha_{ik} \gamma_{jk} + \bar{\varepsilon}_{ij}$$

Έτσι η γενική φόρμουλα του μοντέλου γίνεται:

$$\bar{Y}_{ij} = \mu + \tau_i + \delta_j + \sum_{k=1}^t \lambda_k \alpha_{ik} \gamma_{jk} + \bar{\varepsilon}_{ij} \quad (2)$$

Ο Gauch (1988) αποκάλεσε την εξίσωση 2 ‘Additive Main Effect and Multiplicative Interaction’ (AMMI) model. Άλλες κλάσεις του μοντέλου αυτού περιγράφηκαν από τους Cornelius et al. (1996) και είναι οι εξής: ‘Genotypes Regression Model’ (GREG)

$$\bar{Y}_{ij} = \mu_i + \sum_{k=1}^t \lambda_k \alpha_{ik} \gamma_{jk} + \bar{\varepsilon}_{ij}, \text{ ή}$$

‘Sites (environments) Regression Model’ (SREG)

$$\bar{Y}_{ij} = \mu_j + \sum_{k=1}^t \lambda_k \alpha_{ik} \gamma_{jk} + \bar{\varepsilon}_{ij}, \text{ ή}$$

‘Completely Multiplicative Model’ (COMM)

$$\bar{Y}_{ij} = \mu + \tau_i + \delta_j + \sum_{k=1}^t \lambda_k \alpha_{ik} \gamma_{jk} + \bar{\varepsilon}_{ij} \text{ και}$$

η ‘Shifted Multiplicative Model’ (SHMM)

$$\bar{Y}_{ij} = \beta + \sum_{k=1}^t \lambda_k \alpha_{ik} \gamma_{jk} + \bar{\varepsilon}_{ij}$$

### 1.6.2 Μοντέλο Παλινδρόμησης Περιβαλλόντων Σταθερών Επιδράσεων (Fixed Effects Sites Regression Model)

Στο μοντέλο SREG, όταν η συσχέτιση μεταξύ των μέσων των τοποθεσιών και οι πρώτες κύριες συνιστώσες των τόπων του SREG2 μοντέλου είναι υψηλή (δηλαδή 0,80), τότε το μοντέλο SREG έχει την ιδιότητα ότι η πρώτη κύρια συνιστώσα της

SREG2 αντιστοιχεί στην μη διασταυρωτή αλληλεπίδραση (non COI) και η δεύτερη κύρια συνιστώσα της SREG2 οφείλεται στη διασταυρωτή παραλλακτικότητα. Αυτή είναι μια σημαντική ιδιότητα που επιτρέπει τη χρήση του biplot για τη διάκριση της ομάδας των τόπων και των γονοτύπων με και χωρίς διασταυρωτές αλληλεπιδράσεις.

### **1.6.3 Γραμμικό-Διγραμμικό Μοντέλων Ανάμεικτων Επιδράσεων (Mixed Effect Linear-bilinear Models)**

Ένα μικτό μοντέλο ανάλογο του AMMI ή του SREG έχει αναπτυχθεί με τη χρήση του αναλυτικού παράγοντα (FA) για τη προσέγγιση της διασποράς και συνδιασποράς της δομής της ΑΓΠ (Piepho και Mohring 2005). Έρευνα που διενεργήθηκε από τους Crossa et al., (2006), περιέγραψαν πώς να τοποθετήσουν στο μοντέλο την διασπορά-συνδιασπορά ΑΓΠ και Γον.\*ΑΓΠ, χρησιμοποιώντας το μοντέλο της παραγοντικής ανάλυσης και πώς να ενσωματώσουν την αθροιστική μήτρα και την αθροιστική x αθροιστική μήτρα συνδιασποράς στο μοντέλο της παραγοντικής ανάλυσης βασισμένο στις γενεαλογικές πληροφορίες.

### **1.6.4 Επιπρόσθετες εναλλακτικές για την αξιολόγηση της διασταυρωτής αλληλεπίδρασης (COI) και της μη διασταυρωτής αλληλεπίδρασης (non COI)**

Το γραμμικό-διγραμμικό μοντέλο GREG είναι ουσιαστικά ένα επανά-παραμετροποιημένο από τα μοντέλα ανάλυσης της σταθερότητας του Finlay και Wilkinson (1963), γραμμικές παλινδρομήσεις των αποδόσεων στους μέσους του περιβάλλοντος και στο μοντέλο των Eberhart και Russell (1966), με το πρώτο πολλαπλασιαστικό όρο,  $\lambda_1 \alpha_{i1} \gamma_{j1}$  να θεωρείται ως γονοτυπικές παλινδρομήσεις, με συντελεστές  $\alpha_{i1}$  στους περιβαλλοντικούς δείκτες  $\gamma_{j1}$  (η κλίμακα της παραμέτρου μπορεί να απορροφηθεί μέσα στο  $\alpha_{i1}$  ή στο  $\gamma_{j1}$  ή εν μέρει στο καθένα) και η απόκλιση διαμορφώθηκε ως πολλαπλασιαστικά συστατικά υπό την προϋπόθεση ότι  $t > 1$ .

Ο απλός Finlay και Wilkinson δείχνει διασταυρωτές και μη διασταυρωτές αλληλεπιδράσεις επειδή για κάθε ζεύγος των γονοτύπων, εφόσον οι σειρές τους διασταυρώνονται, αυτές είναι COI, αν οι σειρές τους δεν διασταυρώνονται αυτές δεν είναι COI και αν οι σειρές τους είναι σχεδόν παράλληλες, τότε είναι αμελητέα η COI. Στην ειδική υπόθεση ότι η ΑΓΠ έχει μια σχετικά απλή δομή, έτσι ώστε αυτές οι παλινδρομήσεις μπορούν να συλλάβουν σχεδόν όσο ΑΓΠ όπως κάνει το AMMI1 ή

το SREG2, θα μπορούσε να είναι το προτιμώμενο, λόγω της εννοιολογικής απλότητάς του.

### 1.6.5 Ενσωμάτωση εξωτερικών συνδιασπορών για την εξήγηση της αλληλεπίδρασης Γονότυπου-Περιβάλλοντος

Η παραγοντική ανάλυση (FR) (Denis 1988) και η ανάλυση μερικών ελαχίστων τετραγώνων (PLS) είναι χρήσιμες στη μελέτη των επιδράσεων των γονοτυπικών και των περιβαλλοντικών συνδιασπορών, καθώς και την αιτία της ΑΓΠ. Το μοντέλο SEM, χρησιμοποιώντας τις ενδογενείς και τις εξωγενείς μεταβλητές είναι μια χρήσιμη εναλλακτική για να ξεπεραστούν κάποιοι περιορισμοί της FR και PLS και για την ανάπτυξη λειτουργικών σχέσεων με επεξηγηματικές μεταβλητές.

Στο μοντέλο παραγοντικής παλινδρόμησης, η ΑΓΠ εισάγεται στο μοντέλο άμεσα, χρησιμοποιώντας παλινδρόμηση στις περιβαλλοντικές (και/ή γονοτυπικές) μεταβλητές. Αυτά τα μοντέλα είναι συνήθως γραμμικά μοντέλα που προσεγγίζουν τις επιδράσεις της ΑΓΠ στην εξίσωση 1 από τα προϊόντα μιας ή περισσότερων γονοτυπικών συνδιασπορών (παρατηρημένες) x περιβαλλοντικές δυνατότητες (εκτιμήσεις), γονοτυπικές ευαισθησίες (εκτιμώμενες) x περιβαλλοντικές συνδιασπορές (παρατηρούμενες). Για  $k=1, \dots, G$  γονοτυπικές συνδιασπορές που αντιπροσωπεύονται από  $\chi_{i1}, \dots, \chi_{iG}$ . Η εξίσωση 1 γίνεται

$$\tilde{Y}_{ij} = \mu + \tau_i + \delta_j + \chi_{ig}\xi_{ig} + \epsilon_{ij}, \quad G \quad I-1,$$

όπου  $\xi_{ig}$  αντιπροσωπεύει τον περιβαλλοντικό παράγοντα (συντελεστής παλινδρόμησης). Το FR μοντέλο περιλαμβάνοντας γονοτυπικές και περιβαλλοντικές συνμεταβλητές ταυτόχρονα είναι:

$$ij = \mu + \tau_i + \delta_j + X_{ig}\xi_{ig} + \zeta_{ih}Z_{jh} + X_{ig}V_{gh}Z_{jh} + \epsilon_{ij}$$

Η ερμηνεία των συντελεστών παλινδρόμησης των ελαχίστων τετραγώνων (Helland 1988) είναι περίπλοκη επειδή εκτιμάται με πολύ ασάφεια. Κατά συνέπεια, μια κλιμακωτή διαδικασία για την επιλογή των συνδιασπορών να συμπεριλάβει θα μπορούσε να είναι χρήσιμη για την κατασκευή μοντέλου. Επιπλέον, τα ελάχιστα

τετράγωνα της εκτίμησης των παραμέτρων της FR δεν είναι μοναδική, όταν αριθμός των συνδιασπορών είναι μεγαλύτερος από τον αριθμό των παρατηρήσεων, έτσι μια εναλλακτική μέθοδος εκτίμησης είναι αναγκαία. Η μερική ελαχίστων τετραγώνων (PLS) παλινδρόμησης, υπερνικά κάποια από αυτά τα προβλήματα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτική μέθοδος εκτίμησης.

Πολυπαραγοντικά μερικά ελάχιστα τετράγωνα (PLS) μοντέλα παλινδρόμησης (Astveit and Martens 1986) είναι μια ειδική κλάση των διγραμικών μοντέλων. Όταν οι γονοτυπικές αποκρίσεις πάνω από τα περιβάλλοντα (Y) εισάγονται στο μοντέλο χρησιμοποιώντας τις περιβαλλοντικές συνδιασπορές, η μήτρα  $J \chi H Z$  από  $H$  ( $h=1, 2, \dots, H$ ) περιβαλλοντικές συμμεταβλητές, μπορού+ν να γραφτούν με τη μορφή  $Z=t_1p'_{1}+t_2p'_{2}+ \dots+tMp'_{M} +E_M= TP' +E$ . Αντίστοιχα, η μεταβλητή στη μήτρα Y είναι  $Y=t_1q'_{1}+t_2q'_{2}+ \dots+tMq'_{M} +F_M= TQ' +F$

Η προσέγγιση SEM (Structural Equation Model) είναι παρόμοια με την πολλαπλή παλινδρόμηση, γιατί αναλύει ένα σύστημα εξισώσεων στο οποίο κάθε εξίσωση περιγράφει μια αιτιολογική σχέση μεταξύ των μεταβλητών υπό το σύστημα. Η SEM είναι χρήσιμη, διότι μπορεί να ενσωματώσει και να εισάγει στο μοντέλο ενδιάμεσα χαρακτηριστικά, όπως τα συστατικά της απόδοσης στον τομέα των σιτηρών και οι μεταξύ τους σχέση με άλλες μεταβλητές, καθώς και με την τελική απόδοση. Η SEM επιτρέπει σε έναν ερευνητή να του δοθεί η δυνατότητα για την επαλήθευση υποθέσεων σχετικά με σχέσεις αιτίου-αποτελέσματος μεταξύ των μεταβλητών σε ένα πολύπλοκο σύστημα όπου ο αρχικός ορισμός της SEM περιλαμβάνει ένα διγραμμικό μονοπάτι που περιγράφει τα διάφορα επίπεδα των παρατηρούμενων ανεξάρτητων ή εξαρτημένων μεταβλητών.

Η SEM προτάθηκε για πρώτη φορά από τον Dhungana (2004) για τη μελέτη της ΑΓΠ απόδοσης του σιταριού και των συστατικών του, καθώς και να ληφθεί υπόψη η σημασία των ενδιάμεσων χαρακτηριστικών που συνδέονται με στοιχεία της απόδοσης. Οι συγγραφείς εξήγησαν την απόδοση της ΑΓΠ με τα διασταυρούμενα προϊόντα των γονοτυπικών και των περιβαλλοντικών συμμεταβλητών ως εξωγενείς (ανεξάρτητες) μεταβλητές και τα παρατηρούμενα συστατικά της απόδοσης ΑΓΠ ως ενδογενή (εξαρτώμενες/ανεξάρτητες) μεταβλητές. Ο Dhungana (2004) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το SEM για παρατηρούμενες μεταβλητές ήταν ένας αποτελεσματικός τρόπος που περιγράφει την απόδοση της ΑΓΠ στο σιτάρι, δεδομένου ότι οι σχέσεις και ο ρόλος των συστατικών της απόδοσης της ΑΓΠ μπορούν να ενσωματωθούν ταυτόχρονα σε ένα ενιαίο μοντέλο.



Ένα παράδειγμα (που αναφέρεται από τους Crossa et al., 2010) περιγράφει τα αποτελέσματα από πείραμα σ' ένα πολλαπλό περιβάλλον που αποτελείται από 15 γονότυπους τομάτας [επτά υβρίδια (H) και οκτώ ελεύθερης γονιμοποίησης (OP πληθυσμούς)] και αξιολογήθηκε σε 18 περιοχές της Λατινικής Αμερικής και της Καραϊβικής. Τα αποτελέσματα αναλύθηκαν με τη χρήση FR και PLS (Ortiz et al. 2007). Αρκετές περιβαλλοντικές μεταβλητές περιελήφθησαν στις FR και PLS αναλύσεις για τη μελέτη και την ερμηνεία της ΑΓΠ. Περιβαλλοντικοί παράγοντες, όπως ημέρες μέχρι τη συγκομιδή, το pH του εδάφους, η μέση θερμοκρασία, διαθεσιμότητα καλίου στο έδαφος, και του λιπάσματος φωσφόρου, αντιπροσώπευαν σημαντικό τμήμα της ΑΓΠ για εμπορεύσιμη απόδοση καρπών, ενώ κλάδεμα, άρδευση, οργανική ύλη εδάφους, και τα φωσφορούχα λιπασμάτων ήταν σημαντικές περιβαλλοντικές μεταβλητές για την εξήγηση της ΑΓΠ του μέσου βάρους των καρπών. Το παραγοντικό μοντέλο παλινδρόμησης με τη σταδιακή υποχώρηση ήταν η διαδικασία για την επιλογή των μεταβλητών και χρησιμοποιήθηκε για να καθοριστεί το πιο κατατοπιστικό υποσύνολο των περιβαλλοντικών μεταβλητών που επηρεάζουν την εμπορεύσιμη παραγωγή φρούτων. Το υποσύνολο των ανεξάρτητων περιβαλλοντικών μεταβλητών εξηγεί το 62% του συνόλου της ΑΓΠ και περιλαμβάνει τις ημέρες για τη συγκομιδή (DHAxΑΓΠn), pH του εδάφους (PHxΑΓΠn), τη μέση θερμοκρασία (METxΑΓΠn), κάλιο (KxΑΓΠn), επιπλέον του φωσφόρου (EX\_PxΑΓΠn), και η ελάχιστη θερμοκρασία (MNTxΑΓΠn). Οι ημέρες έως τη συγκομιδή (DHA) και το pH του εδάφους (PH) από κοινού εξήγησε το 34% της συνολικής παραλλακτικότητας της ΑΓΠ με μόνο 28 βαθμούς ελευθερίας (από ένα σύνολο 238 βαθμών ελευθερίας). Η δυνατότητα χρήσης αζωτούχων λιπασμάτων (EX\_N) εξηγεί ένα μικρό μέρος της παραλλακτικότητας της ΑΓΠ. Σοβαρή N καταπόνηση μπορεί να μειώσει την παραγωγή τομάτας καρπών από 60 έως 70% (Scholberg et al. 2000). Οι υπόλοιπες του περιβάλλοντος μεταβλητές ήταν σημαντικές, αλλά δεν εξήγησαν ένα μεγάλο μέρος της παραλλακτικότητας της ΑΓΠ για την εμπορεύσιμη απόδοση καρπών.

#### **1.6.6 Στατιστικές Μέθοδοι Σταθερότητας (Stability tests)**

Οι στατιστικές που αφορούν τη σταθερότητα των ποικιλιών εμπίπτουν σε τέσσερις ομάδες και βασίζονται στις διασπορές από τη μέση απόδοση του γονότυπου

ή στην επίδραση γονότυπου-περιβάλλοντος (ΑΓΠ) και αν ενσωματώνουν ή όχι ένα μοντέλο παλινδρόμησης σε έναν δείκτη παλινδρόμησης (Lin et al, 1986). Στον πίνακα που ακολουθεί παραθέτονται εννέα στατιστικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στη σταθερότητα των γονοτύπων.

**Πίνακας 1.5.** Εννέα στατιστικές μέθοδοι της σταθερότητας των γονοτύπων

**Table 1.** A summary of equations for the nine stability statistics.

Group	Type	Equation	Authors or users
A	1	$S_i^2 = \sum_{j=1}^q (X_{ij} - \bar{X}_i)^2 / (q - 1)$	
	1	$CV_i = S_i / \bar{X}_i \times 100$	Francis and Kannenberg (1978)
B	2	$\theta_i = \frac{p}{2(p-1)(q-1)} \sum_{j=1}^q (X_{ij} - \bar{X}_i - \bar{X}_j + \bar{X}_{..})^2 + \frac{SS(GE)^\dagger}{2(p-1)(q-1)}$	Plaisted and Peterson (1959)
	2	$\theta_{(i)} = \frac{-p}{(p-1)(p-2)(q-1)} \sum_{j=1}^q (X_{ij} - \bar{X}_i - \bar{X}_j + \bar{X}_{..})^2 + \frac{SS(GE)}{(p-2)(q-1)}$	Plaisted (1960)
	2	$W_i^2 = \sum_{j=1}^q (X_{ij} - \bar{X}_i - \bar{X}_j + \bar{X}_{..})^2$	Wricke (1962)
	2	$\sigma_i^2 = \frac{p}{(p-2)(q-1)} \sum_{j=1}^q (X_{ij} - \bar{X}_i - \bar{X}_j + \bar{X}_{..})^2 - \frac{SS(GE)}{(p-1)(p-2)(q-1)}$	Shukla (1972a)
C	2	$b_i = \sum_{j=1}^q (X_{ij} - \bar{X}_i)(\bar{X}_j - \bar{X}_{..}) / \sum_{j=1}^q (\bar{X}_j - \bar{X}_{..})^2$	Finlay and Wilkinson (1956)
	2	$\beta_i = \sum_{j=1}^q (X_{ij} - \bar{X}_i - \bar{X}_j + \bar{X}_{..})(\bar{X}_j - \bar{X}_{..}) / \sum_{j=1}^q (\bar{X}_j - \bar{X}_{..})^2$	Perkins and Jinks (1968)
D	3	$\delta_i^2 = \frac{1}{(q-2)} \left[ \sum_{j=1}^q (X_{ij} - \bar{X}_i)^2 - \beta_i^2 \sum_{j=1}^q (\bar{X}_j - \bar{X}_{..})^2 \right]$	Eberhart and Russell (1966)
		$\delta_i^2 = \frac{1}{(q-2)} \left[ \sum_{j=1}^q (X_{ij} - \bar{X}_i - \bar{X}_j + \bar{X}_{..})^2 - \beta_i^2 \sum_{j=1}^q (\bar{X}_j - \bar{X}_{..})^2 \right]$	Perkins and Jinks (1968)

$$\dagger SS(GE) = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q (X_{ij} - \bar{X}_i - \bar{X}_j + \bar{X}_{..})^2$$

Κατά τους Lin et al, (1986), τα στατιστικά στοιχεία που παρουσιάζονται στο πίνακα αντιπροσωπεύουν τις τρεις διαφορετικές έννοιες της σταθερότητας:

Τύπος 1: Ένας γονότυπος θεωρείται ότι είναι σταθερός εάν η μεταξύ των περιβαλλόντων διακύμανση είναι μικρή.

Τύπος 2: Ένας γονότυπος θεωρείται ότι είναι σταθερός εάν η ανταπόκριση  $\sigma^2$  όλα τα περιβάλλοντα είναι παράλληλη προς το μέσο απόκρισης όλων των γονοτύπων στο πείραμα.

Τύπος 3: Ένας γονότυπος θεωρείται ότι είναι σταθερός εάν το υπόλοιπο μέσο τετράγωνο του μοντέλου παλινδρόμησης για τον περιβαλλοντικό δείκτη είναι μικρό.

Τα στατιστικά της ομάδας A (Πίνακας 1.5) αντιστοιχούν σε τύπου 1 σταθερότητα, εκείνα της ομάδας B τύπου 2, καθώς και εκείνα της ομάδας Δ σε τύπου 3. Η ομάδα Γ μπορεί να ερμηνευθεί είτε τύπου 1 ή τύπου 2, ανάλογα με το πώς ορίζεται μία ποικιλία σαν δείκτη σταθερότητας. Αν είναι οι σταθεροί γονότυποι ορίζονται έχοντας  $b = 1$  (Finlay και Wilkinson, 1963) ή  $\beta_i = 0$  (Perkins και Jinks, 1968), ο τύπος 2 υπονοείται, αλλά αν αυτές έχουν καθοριστεί από  $b = 0$  ( $\beta_i = -1$ ), υπονοείται ο τύπος 1.

Οι Eberhart και Russell, (1966) δημιούργησαν ένα μοντέλο που να περιγράφει την επίδοση των ποικιλιών σε μια σειρά από περιβάλλοντα. Δεδομένα από τρία πειράματα εξετάστηκαν ώστε να αξιολογηθεί η χρησιμότητα του μοντέλου. Σημαντική γενετική παραλλακτικότητα σημειώθηκε για την πρώτη παράμετρο σταθερότητας. Η απόκριση στις περιβαλλοντικές συνθήκες εμφανίστηκε να είναι κάτω από τον έλεγχο αθροιστικών γενετικών επιδράσεων. Η γραμμική παλινδρόμηση σχετικά με τον περιβαλλοντικό δείκτη και οι αποκλίσεις από την παλινδρόμηση, έδωσαν το στατιστικό εργαλείο για την ανάπτυξη του μοντέλου και τις παραμέτρους.

Τα δεδομένα αναλύονται με το λογισμικό στατιστικής R, με το μοντέλο,  $Y_{ij} = \mu_1 + \beta_1 I_j + \delta_{ij}$ , το οποίο καθορίζει τις παραμέτρους της σταθερότητας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει την απόδοση μιας ποικιλίας σε μια σειρά από περιβάλλοντα. Το  $Y_{ij}$  είναι ο μέσος της ποικιλίας της  $i$ στης ποικιλίας στο  $j$ στο περιβάλλον,  $\mu_1$  είναι ο ίστος μέσος της ποικιλίας πάνω από όλα τα περιβάλλοντα,  $\beta_1$  είναι ο συντελεστής παλινδρόμησης που μετρά την απόκριση της  $i$ στης ποικιλίας σε διάφορα περιβάλλοντα,  $\delta_{ij}$  είναι η απόκλιση από την παλινδρόμηση της  $i$ στης ποικιλίας στο  $j$ στο περιβάλλον και το  $I_j$  είναι ο περιβαλλοντικός δείκτης. (Eberhart και Russell, 1966). Ο Πίνακας της προσαρμοστικότητας και της σταθερότητας ορίζεται ως εξής:  $\beta_1 = 1$ , ποικιλία προσαρμοσμένη στο ευρύτερο δυνατό φάσμα των περιβαλλόντων,  $\beta_1 < 1$ , ποικιλία που προσαρμόζεται μόνο σε χαμηλής πρωτογενούς παραγωγικότητας περιβάλλοντα,  $\beta_1 > 1$  ποικιλία που προσαρμόζεται μόνο σε υψηλής παραγωγικότητας περιβάλλοντα,  $d_2 = 0$ , μέγιστη σταθερότητα και  $d_2 > 0$ , χαμηλή προς υψηλή σταθερότητα, όπου  $d_2$  είναι η εκτίμηση της διακύμανσης.

Οι Finlay και Wilkinson (1963) μελέτησαν την προσαρμογή ποικιλιών με τη χρήση της απόδοσης ενός τυχαίου δείγματος από 277 ποικιλίες από τη παγκόσμια

συλλογή και δέχθηκαν μεταχείριση στο τόπο και στο χρόνο. Για κάθε ποικιλία χρησιμοποιήθηκε γραμμική παλινδρόμηση της απόδοσης στη μέση απόδοση των ποικιλιών για κάθε τοποθεσία και χρονιά και μετρήθηκε η παραλλακτικότητα της προσαρμογής. Η μελέτη της προσαρμογής του συνολικού πληθυσμού των ποικιλιών διευκολύνθηκε με τη χρήση δύο διαστάσεων (διάγραμμα διασποράς), με μέση απόδοση και συντελεστές παλινδρόμησης, όπως οι συντεταγμένες.

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, η απόδοση σε σπόρο είναι το γενικό κριτήριο που πρέπει να σταθεροποιηθεί γιατί η απόδοση, πιθανόν περισσότερο από κάθε άλλο χαρακτηριστικό, αποτελεί το ολοκληρωμένο άθροισμα της επίδρασης των περιβαλλοντικών παραγόντων που ενεργούν σε κάθε περίπτωση. Οι συντελεστές παλινδρόμησης των ποικιλιών μαζί με την μέση απόδοση τους σ' όλα τα περιβάλλοντα και τις αποκλίσεις τους από την παλινδρόμηση, αποτελούν το κριτήριο για την επιλογή ποικιλιών που θα χρησιμοποιηθούν στις διάφορες διασταυρώσεις. Εάν ο συντελεστής παλινδρόμησης,  $b$ , ισούται με την μονάδα, τότε η ποικιλία έχει μέση σταθερότητα. Εάν το  $b$  έχει τιμή πάνω από 1, τότε η ποικιλία έχει μικρότερη σταθερότητα από τη μέση, εάν το  $b$  είναι μικρότερο από το 1, η σταθερότητα της ποικιλίας είναι πάνω από τη μέση και αν το  $b=0$ , τότε υπάρχει απόλυτη σταθερότητα, δηλαδή σταθερή απόδοση σε όλα τα περιβάλλοντα.

### **1.6.7 Φαινοτυπική πλαστικότητα**

Η φαινοτυπική πλαστικότητα είναι η ικανότητα ενός οργανισμού να αλλάξει το φαινότυπο του σε απάντηση στις αλλαγές του περιβάλλοντος. Οι οργανισμοί ενδέχεται να διαφέρουν ως προς το βαθμό της φαινοτυπικής πλαστικότητας που εμφανίζεται όταν εκτεθούν στην ίδια περιβαλλοντική αλλαγή. Σε γενικές γραμμές, σταθερή επιλογή κατεύθυνσης προβλέπεται να αυξήσει την πλαστικότητα στην ίδια κατεύθυνση. Ωστόσο, η εξελικτική της σημασία παραμένει αμφισβητούμενη, ειδικά όσον αφορά αν και κατά πόσο έχει επιπτώσεις στην διαφοροποίηση και στη δημιουργία των ειδών. Τα είδη της φαινοτυπικής πλαστικότητας είναι τα εξής: η φαινοτυπική ευελιξία που σχετίζεται με τις έννοιες του εγκλιματισμού και της προσαρμογής. Η πλαστικότητα ενός χαρακτήρα είναι ισοδύναμη με την έλλειψη της ομοιόστασης για αυτό το χαρακτήρα (Alpert και Simms), 2002. Η φαινοτυπική πλαστικότητα μπορεί να μετρηθεί με τη χρήση πειραματισμού με επαναλήψεις ενός

γονότυπου η ενός πληθυσμού. Αυτά τα πειράματα διεξάγονται σε ελεγχόμενες συνθήκες με μεταβαλλόμενα τα επίπεδα μίας παραμέτρου η μερικών παραμέτρων. Οι κοινώς χρησιμοποιούμενες μέθοδοι είναι η γραμμική παλινδρόμηση της απόδοσης, όπως αναφέρεται από τους Finlay και Wilkinson (1963) και η χρήση των (AMMI) μοντέλων (Gauch, 1988) για τη μελέτη της αλληλεπίδρασης γονότυπου περιβάλλοντος όσον αφορά τη μελέτη της προσαρμοστικότητας, κυρίως σε καλλιεργούμενα φυτά. Η προσέγγιση αυτή ενσωματώνει τόσο προσθετικά όσο και πολλαπλασιαστικά συστατικά σε μία ολοκληρωμένη ανάλυση των ελαχίστων τετραγώνων. Ο γονότυπος και τα σκορ του περιβάλλοντος από την ανάλυση AMMI μπορούν να παρατεθούν ταυτόχρονα σε ένα biplot (Gabriel, 1971), επιτρέποντας μια πολύ σαφή ερμηνεία των διαφορών στην φαινοτυπική πλαστικότητα και στην εξειδικευμένη προσαρμογή των γονοτύπων.

### **1.7 Τάσεις και εξελίξεις στη καλλιέργεια του σιταριού**

Σήμερα, ο μεγαλύτερος αριθμός εκτάσεων χρησιμοποιείται για την καλλιέργεια του σιταριού, περισσότερο από κάθε άλλη καλλιέργεια και συνεχίζει να είναι η σημαντικότερη τροφή στον Κόσμο. Όμως η καλλιέργεια του σιταριού επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, όπως οι κλιματικές αλλαγές, η αύξηση του πληθυσμού της γης, η αλλαγή της διατροφικής συνήθειας μεγάλων πληθυσμών κ.α. Η αλλαγή στις διατροφικές συνήθειες λαών που παλιότερα δεν τρέφονταν με σιτηρά, οξύνει ακόμα περισσότερο το πρόβλημα με τις τιμές των σιτηρών. Η άνοδος του βιοτικού επιπέδου λαών όπως η Κίνα και η Ινδία, κράτη με το 40% περίπου του παγκόσμιου πληθυσμού, οδηγεί σε αυξημένη ζήτηση για τρόφιμα. Εγκαταλείπουν την παραδοσιακή τους διατροφή πλούσια σε λαχανικά και υιοθετούν την “αμερικάνικη” με περισσότερο κρέας και γαλακτοκομικά προϊόντα (η ζήτηση του κρέατος στην Κίνα έχει τετραπλασιαστεί τα 30 τελευταία χρόνια).

Μέχρι τώρα, η αυξημένη ζήτηση τροφίμων έχει ισορροπηθεί από την αντίστοιχη προσφορά. Παρόλη την αύξηση του πληθυσμού της γης κατά το τελευταίο μισό του 20<sup>ου</sup> αιώνα από τα 2.5 δισεκατομμύρια περίπου το 1950 σε 6 δισεκατομμύρια στην αρχή του 21<sup>ου</sup> αιώνα (Evans, 1998), η παραγωγή τροφίμων διπλασιάστηκε την αντίστοιχη περίοδο. (Byrnes και Bump, 1998). Η αύξηση αυτή των τροφίμων ήταν αποτέλεσμα της αύξησης των αποδόσεων (Slafer και Otegui,

2000), αφού οι πιθανές καλλιεργούμενες εκτάσεις ήταν ήδη υπό καλλιέργεια. Εφόσον, δεν αναμένονται μεγάλες αλλαγές στον αριθμό των καλλιεργούμενων εκτάσεων, οι αποδόσεις των κυριότερων καλλιεργειών θα πρέπει να ακολουθήσουν τη αυξημένη ζήτηση για τροφή. Η αύξηση της παραγωγής μπορεί να πραγματοποιηθεί με την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών ώστε να είναι εφικτή η σταθερότητα της παραγωγής. Η γενετική βελτίωση του σιταριού θα παραμείνει ως η πρωταρχική πηγή της αύξησης της παραγωγής.

Οι αβιοτικές καταπονήσεις είναι υπεύθυνες για σημαντικές απώλειες παγκοσμίως. Οι συνθήκες καταπόνησης αβιοτικών παραγόντων όπως ξηρασία, αλατότητα, ακραίες θερμοκρασίες και οι διάφορες τοξικότητες, οδηγούν στην μείωση των αποδόσεων των πιο σημαντικών καλλιεργούμενων φυτών κατά 50% παγκοσμίως (Bray κ.α., 2000). Το σκληρό σιτάρι καλλιεργείται παραδοσιακά στις περιοχές της Μεσογείου, ένα περιβάλλον με φτωχή ποιότητα εδάφους, υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες και ξηρασία. Σε περιόδους μεγάλης ξηρασίας το σκληρό σιτάρι αποδίδει λιγότερο από το κριθάρι, αλλά καλύτερα από το μαλακό (Palumbo και Boggini, 1994). Αυτή η συμπεριφορά αντανακλά τις διαφορές στο βιολογικό κύκλο που δείχνουν ότι στα είδη που είναι πρώιμα, είναι πιο προσαρμοσμένα σε περιβάλλοντα που η βροχόπτωση είναι ανύπαρκτη αργά την άνοιξη. Επομένως, οι γενετικοί τόποι που καθορίζουν την πρωιμότητα είναι πιο σημαντικοί κάποιες φορές από τους γενετικούς τόπους που καθορίζουν την ανθεκτικότητα στη ξηρασία *per se*.

Οι διάφορες προβλέψεις αναφέρουν αύξηση στη μέση θερμοκρασία και μείωση στην ετήσια βροχόπτωση σε πολλές από τις ήδη υπάρχουσες οριακές περιοχές. Αυτές οι προβλέψεις επιβεβαιώθηκαν στην αναφορά του IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) το Φεβρουάριο του 2007. Τέτοιες αλλαγές θα επιφέρουν χαμηλή ροή στα ποτάμια, αυξημένη εξάτμιση, αυξημένη ξηρασία, πιο στεγνά εδάφη και μικρότερες περιόδους ανάπτυξης με συνέπεια τη μειωμένη παραγωγή. Οι κλιματολόγοι επίσης προβλέπουν πιο συχνά επικίνδυνα καιρικά φαινόμενα, όπως μεγαλύτερες ξηρασίες και ανεμοστρόβιλους. Ξηρασίες πλήττουν πολλές περιοχές του κόσμου. Ενδεικτικό παράδειγμα είναι η Ουκρανία, που είναι μία από τις μεγαλύτερες δυνάμεις στην εξαγωγή δημητριακών, η κυβέρνηση της οποίας αναγκάστηκε να επιβάλει ποσοστώσεις στις εξαγωγές του κριθαριού, καλαμποκιού και σίκαλης λόγω της ξηρασίας. Ακόμα, παγκοσμίως παρατηρείται διάβρωση του 40% των καλλιεργήσιμων εδαφών. Το σοβαρότερο πρόβλημα εντοπίζεται στην

Κεντρική Αμερική, όπου το 75% της γης είναι άγονο, στην Αφρική όπου το ένα πέμπτο του εδάφους έχει διαβρωθεί και στην Ασία όπου το 11% της γης είναι ακατάλληλο για καλλιέργειες. Η πιο συνηθισμένη αιτία για τη διάβρωση είναι το νερό, είτε με τη μορφή ξηρασίας είτε με τη μορφή πλημμύρας. Σύμφωνα με στοιχεία της Παγκόσμιας Τράπεζας, το 15% των παγκόσμιων καλλιεργειών υδρεύεται από ποτάμια που στερεύουν και το πρόβλημα γίνεται ακόμα μεγαλύτερο.

Η βελτίωση φυτών προσφέρει σημαντικές προοπτικές για αύξηση της απόδοσης, προσφέροντας ποικιλίες για καλλιέργεια, που είναι αποδοτικότερες στη χρήση του νερού (Araus κ.α., 2002). Η ξηρασία και οι άλλες καταπονήσεις είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας που βάζει όρια στην απόδοση των σιτηρών στη Μεσόγειο και στις άλλες με μικρή βροχόπτωση περιοχές. Η Βελτίωση για ανθεκτικότητα στις καταπονήσεις είναι μια σημαντική διαδικασία που θα αποφέρει αύξηση στις αποδόσεις του σιταριού. Η παραδοσιακή επιλογή με βάση το φαινότυπο δεν ήταν πάντοτε επιτυχημένη. Η ανθεκτικότητα στις βιοτικές καταπονήσεις ελέγχονται από πολλά γονίδια που χαρακτηρίζονται από μικρή κληρονομικότητα και μεγάλη αλληλεπίδραση γονότυπου-περιβάλλοντος. Τέλος, πολλοί μορφολογικοί και φυσιολογικοί παράγοντες είναι γνωστό πως επηρεάζουν την ανθεκτικότητα/ευαισθησία, περιλαμβάνοντας: την ύπαρξη αγάνων, η ανάπτυξη και το βάθος του ριζικού συστήματος, το αδέλωμα, το υδατικό δυναμικό του φύλλου, οι οσμολύτες, το ABA κ.α.

## 2. ΥΑΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

---

### 2.1 Φυτικό και γενετικό υλικό

Στη παρούσα εργασία ως φυτικό υλικό χρησιμοποιήθηκε σπόρος από δώδεκα ποικιλίες (πίνακας 2.1) σκληρού σιταριού (*Triticum turgidum L. var durum {Desf}*), το οποίο προήλθε από το Ινστιτούτο Γεωργικών Ερευνών της Κύπρου.

**Πίνακας 2.1** Ποικιλίες σκληρού σιταριού που χρησιμοποιήθηκαν στη συγκριτική μελέτη.

Ποικιλία	Προέλευση	Γενεαλογία*
Άννα	Ελλάδα	MEXICALI-81/SANTA
Άρωνας	Κύπρος	RAE /4x TC60 // STEWART 63 /3/ AA"S"= CISNE= COCORIT 71
Άτλας	Ελλάδα	CD38397-B-IM-4Y-4M-2Y-IM-OE
Duilio	Ιταλία	CAPELLI // ANHINGA / FLAMINGO
Εκάβη	Κύπρος	DRA'S'//LLOYD/KIA(CYP 2) 89-862-OD-18P-OP-3P-OP
Iride	Ιταλία	ALTAR-84/IONIO
Καρπασία	Κύπρος	PLC"S" / RUFF"S" // GTA"S" / RTTE
Μακεδονία	Κύπρος	KIA *2/VIC CYD85-345-18D-OP-3P-OP
Matt	Αμερική	(S)- MSFRS-A & C-94
Μεσαορία	Κύπρος	ANHINGA (SIB) / VOLUNTEER = MI
Ουρανία	Κύπρος	Cult.DW/T.DIC CYD 88-0A-0A-88A-2A-0A-1P-0P
Simeto	Ιταλία	CAPEITI-8/VALNOVA

---

\*Di Fonzo et al, (2005), Josesephides και Kyratzis, (2007), Josesephides (2003), Συμλλίδης, (2003), <http://www.cerealinstitute.gr> και <http://wheatpedigree.net>



## 2.2 Διαδικασία καλλιέργειας και εγκατάσταση του πειράματος

Πριν την σπορά οι δώδεκα ποικιλίες κωδικοποιήθηκαν με σκοπό τους εύκολους χειρισμούς κατά την εγκατάσταση του πειράματος. Η κωδικοποίηση των ποικιλιών έγινε σύμφωνα με τον πίνακα 2.2. Το πείραμα εγκαταστάθηκε σε δύο τοποθεσίες (αγρός του Εργαστηρίου Βελτίωσης Φυτών και Γεωργικού Πειραματισμού, Γ.Π.Α. και αγρός στο αγρόκτημα του Γ.Π.Α. στη περιοχή του Κωπαϊδικού πεδίου στο νομό Βοιωτίας) στις αρχές Δεκεμβρίου. Μετά τη χάραξη των χωραφιών με πασσάλους και τη χρήση σχοινού, πραγματοποιήθηκε η σπορά με γραμμικό σπορέα (εικόνα 2.3) στις 2/12/2010 στο αγρόκτημα της Κωπαΐδας και στις 10/12/2010 στον αγρό του Εργαστηρίου Βελτίωσης Φυτών και Γεωργικού Πειραματισμού. Πριν τη σπορά, έγινε ένα φρεζάρισμα ώστε να ψιλοχωματιστεί το έδαφος και να μπορέσει να δεχθεί το σπόρο. Μετά τη σπορά ο πειραματικός αγρός καλύφθηκε με δίχτυ για να μην υπάρχουν απώλειες από τα διερχόμενα πουλιά.

Δεν εφαρμόστηκε καμία λίπανση, ούτε προσπαρτική ζιζανιοκτονία. Επίσης, δεν εφαρμόστηκε χημική καταπολέμηση για τα παθογόνα που προσβάλλουν το σιτάρι εκτός από τον αγρό του εργαστηρίου Βελτίωσης Φυτών και Γεωργικού Πειραματισμού που την προηγούμενη χρονιά είχε ενσωματωθεί χωνεμένη κοπριά. Στον πίνακα 2.3 παρουσιάζεται η χημική ανάλυση του εδάφους των πειραματικών αγρών. Κατά το ξεστάχασμα στον αγρό του Εργαστηρίου Βελτίωσης Φυτών και Γεωργικού Πειραματισμού τα φυτά καλύφθηκαν με δίχτυ με τη βοήθεια πασσάλων για παρεμπόδιση των πτηνών να προσβάλουν τους στάχεις τρώγοντας τους σπόρους (εικόνα 2.1). Το πείραμα στον αγρό της Κωπαΐδας δεν καλύφθηκε με δίχτυα.

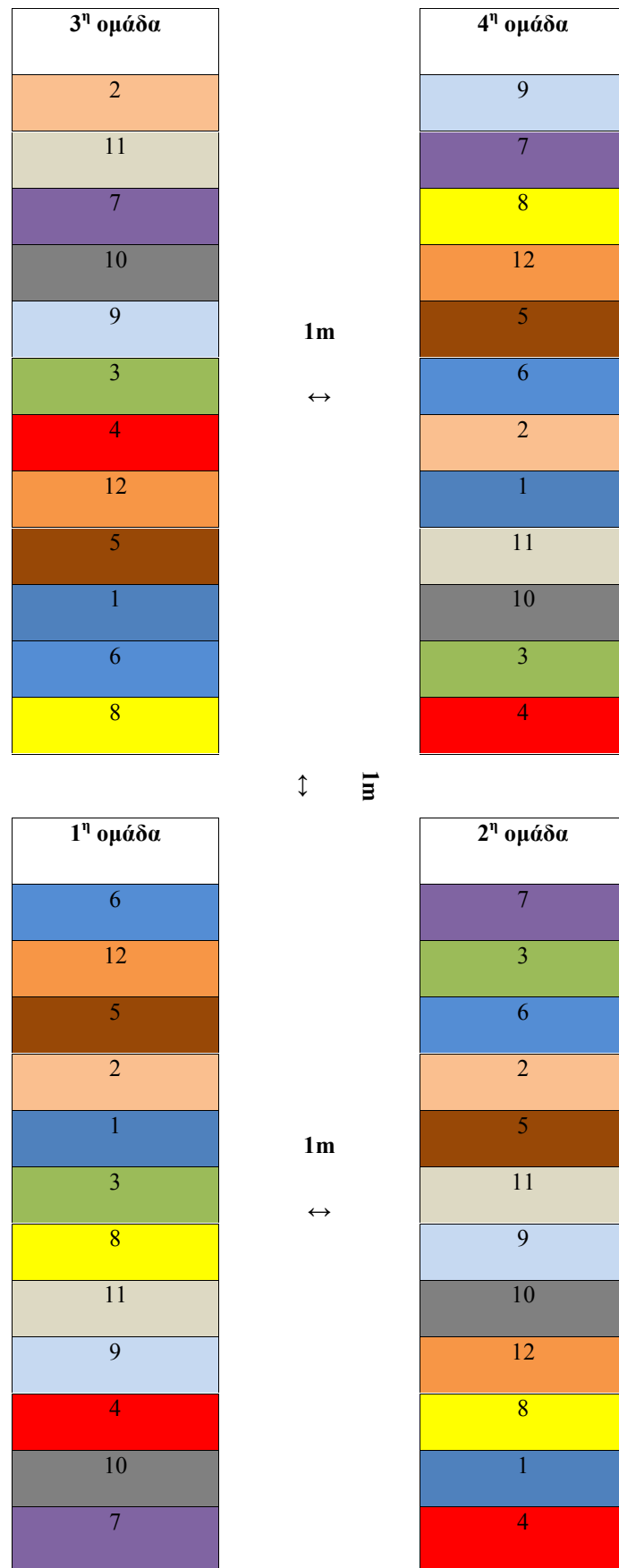
Η σημαντικότερη καλλιεργητική επέμβαση ήταν το βοτάνισμα που επαναλήφθηκε αρκετές φορές κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Τα ζιζάνια αφαιρούνταν κυρίως με τα χέρια αλλά γινόντουσαν αρκετές φορές και σκαλίσματα κυρίως στους διαδρόμους. Τα κυριότερα ζιζάνια ήταν τα εξής: τσουκνίδα (*Urtica sp.*), κολλιτσίδα (*Gallium sp.*), μολόχα (*Malva sp.*), (*Sinapis sp.*) και άλλα.

**Πίνακας 2.2. Κωδικοποίηση των ποικιλιών του πειράματος.**

Καρπασία	1
Iride	2
Duilio	3
Simeto	4
Εκάβη	5
Άννα	6
Ουρανία	7
Matt	8
Μακεδονία	9
Μεσαορία	10
Άτλας	11
Άρωνας	12

### 2.3 Το πειραματικό σχέδιο

Η πειραματική διάταξη στο χωράφι έγινε με βάση το σχέδιο των τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων με τέσσερις επαναλήψεις (ομάδες), δώδεκα επεμβάσεις (ποικιλίες) και δύο παράγοντες (τοποθεσίες). Αρχικά οι επεμβάσεις μέσα σε κάθε ομάδα τυχαιοποιήθηκαν με βάση πίνακες τυχαίων αριθμών (Καλτσίκης, 1990). Τα πειραματικά τεμάχια του αγρού του Εργαστηρίου Βελτίωσης Φυτών και Γεωργικού Πειραματισμού και του αγρού στο αγρόκτημα της Κωπαΐδας μαζί με τη τυχαιοποίησή τους φαίνονται στα σχήματα 2.1 και 2.2 αντίστοιχα. Οι διαστάσεις για το 1<sup>ο</sup> πείραμα είναι 7 γραμμές των 2,5 m, με 17 cm μεταξύ των γραμμών, 5 cm επί της γραμμής και 50 cm απόσταση μεταξύ των πειραματικών τεμαχίων. Τέλος, υπήρχαν διάδρομοι μεταξύ των επαναλήψεων του ενός μέτρου σχήμα.



**Σχήμα 2.1** Πειραματική διάταξη του αγρού του Εργαστηρίου Βελτίωσης Φυτών και Γεωργικού Πειραματισμού.

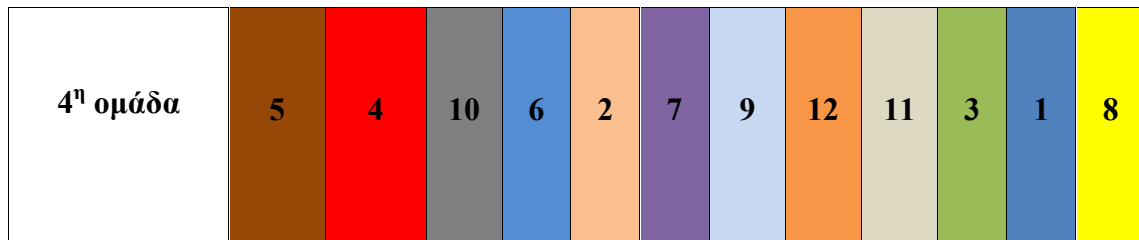


**Εικόνα 2.1.** Ο πειραματικός αγρός του Εργαστηρίου Βελτίωσης Φυτών και Γεωργικού Πειραματισμού

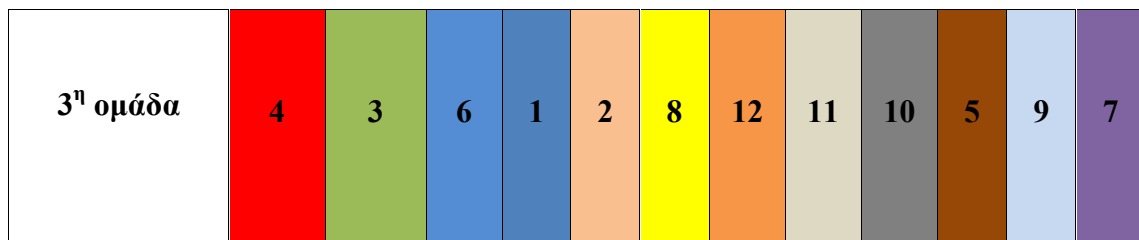
**Πίνακας 2.3** Χημική ανάλυση εδάφους στους πειραματικούς αγρούς.

Περιοχή	Βάθος cm	Μηχανική σύσταση	pH	Ολικό N%	P μg/g	K μg/g	Na μg/g	Ec mS/cm	O.O. %	CaCO <sub>3</sub> %
Κωπαΐδα	0-30	CL	7,84	-	72,37	380	-	0.538	3,73	24,2
Γ.Π.Α.	0-25	L	8,80	0,143	33,4	898	124	-	3,11	37,3
Γ.Π.Α.	25-50	L	8,15	0,157	29,7	616	60	-	2,11	36,9

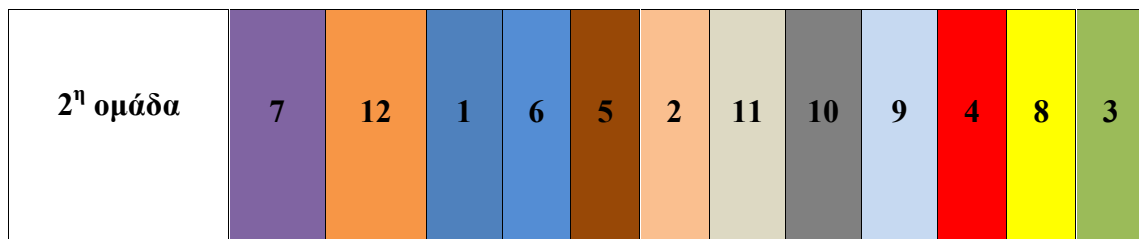
Για το πειραματικό αγρό της Κωπαΐδας ισχύουν τα ίδια με μόνη διαφορά το μήκος των γραμμών που ήταν 5 m σχήμα 2.2.



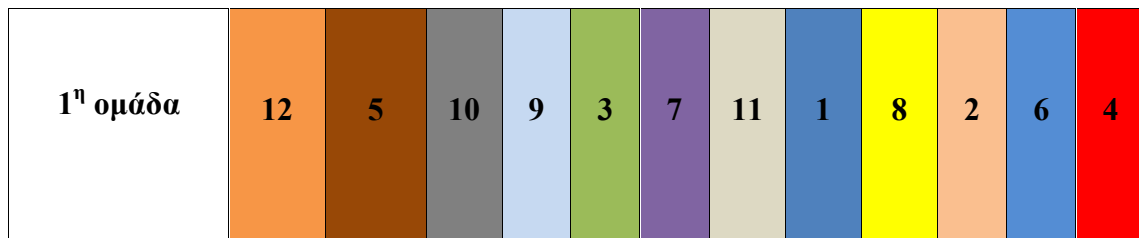
↕ 1m



↕ 1m



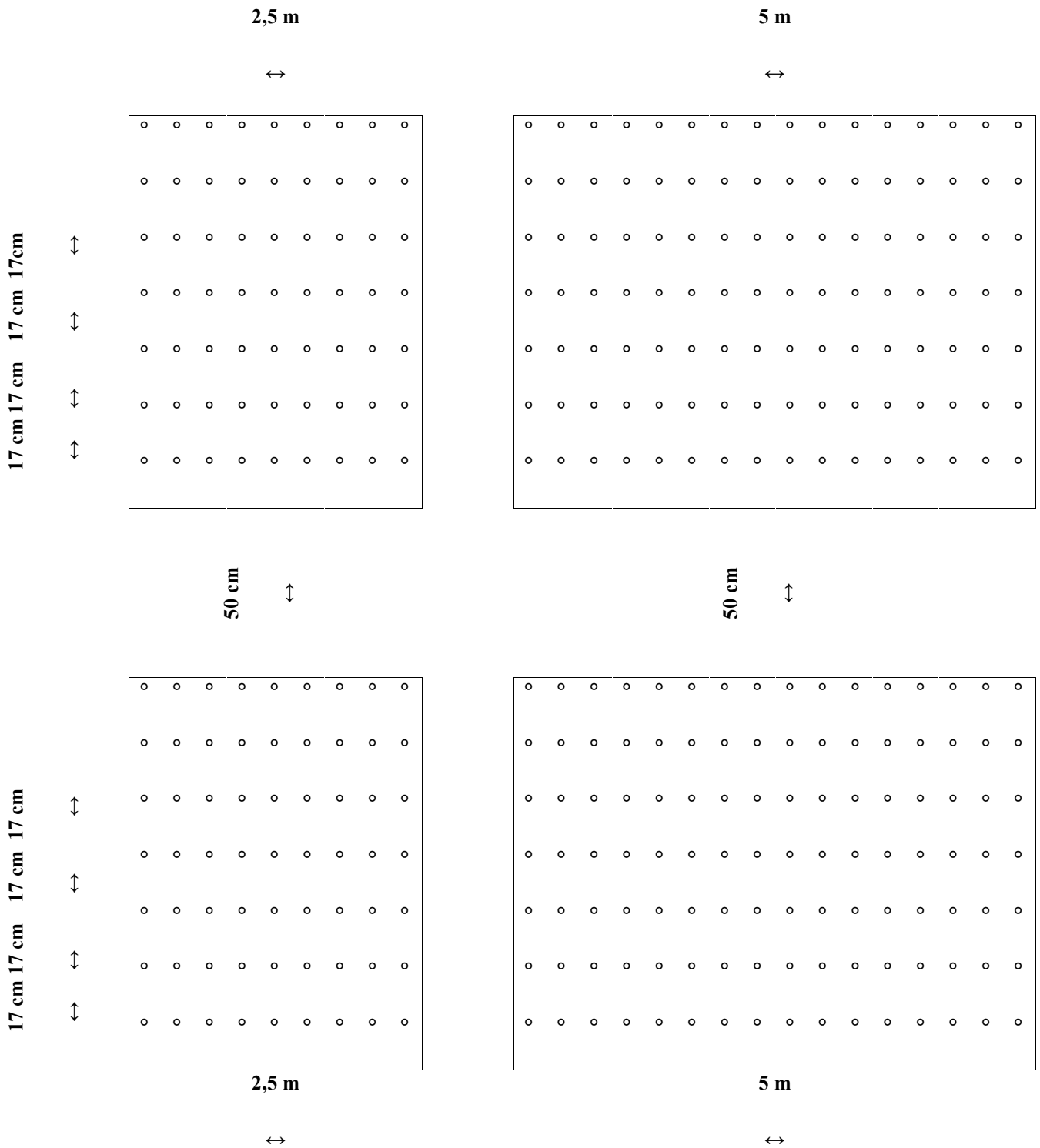
↕ 1m



Σχήμα 2.2. Πειραματικός αγρός στο αγρόκτημα της Κοπαΐδας.

Πειραματικό τεμάχιο Γ.Π.Α.

Πειραματικό τεμάχιο Κοπαΐδα



Σχήμα 2.3. Διάταξη πειραματικών τεμαχίων του πειράματος.



**Εικόνα 2.2** Πειραματικός αγρός στο αγρόκτημα της Κωπαΐδας.

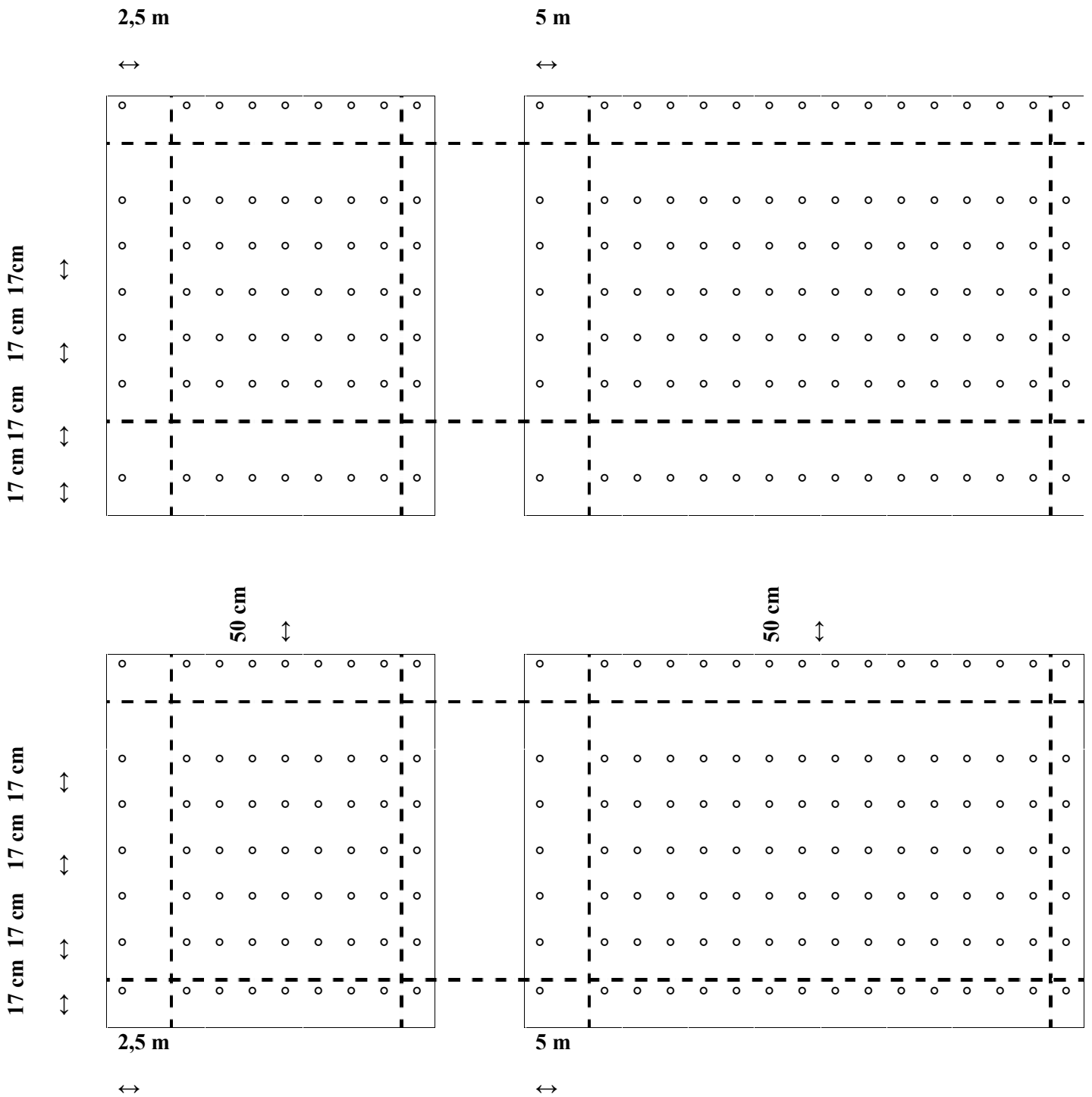
#### **2.4 Μελέτη αγρονομικών χαρακτηριστικών**

Από τις ποικιλίες που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα, δεκαπέντε φυτά από κάθε ποικιλία επιλέγησαν και μελετήθηκαν ως προς την αγρονομική τους συμπεριφορά. Τα φυτά αυτά ελήφθησαν από τις εσωτερικές σειρές ώστε να μην υπάρχει η επίδραση του περιθωρίου (σχήμα 2.4). Επιπλέον, κάθε πειραματικό τεμάχιο συγκομίστηκε ξεχωριστά ώστε να μπορούν να βγουν συμπεράσματα για το δυναμικό της απόδοσης για κάθε ποικιλία. Ο θερισμός κάθε επανάληψης έγινε την ίδια ημέρα σε ένα διάστημα δέκα ημερών κατά το τέλος Ιουνίου με αρχές Ιουλίου. Θερίστηκαν οι πέντε εσωτερικές γραμμές κατά το σχήμα 2.4.

Τα χαρακτηριστικά μετρήθηκαν σύμφωνα με τη UPOV, 2003 και τη βιβλιογραφία (Hadjichristodoulou κ.α., 1983) στον αγρό ( Πίνακας 2.4). Για κάθε επιλεγμένο φυτό μετρήσαν το ύψος του και το μήκος του κολεού, κόβονταν τα στάχυα, τοποθετούνταν σε χάρτινα σακουλάκια όπου αναγράφονταν η ποικιλία, η επανάληψη, το περιβάλλον και ο κωδικός του τεμαχίου και αποθηκεύονταν σε χώρο του εργαστηρίου. Τα τεμάχια αλωνίστηκαν σε χώρο του εργαστηρίου Γεωργίας (εικόνα 2.4). Τα βάρη μετρήθηκαν σε ζυγαριά ακριβείας, ενώ ο αριθμός των σπόρων μετρήθηκε με ειδική συσκευή που διαθέτει το εργαστήριο.

Πειραματικό τεμάχιο Γ.Π.Α.

Πειραματικό τεμάχιο Κοπαΐδα



Σχήμα 2.4 Συγκομιδή πειραματικών τεμαχίων του πειράματος



**Πίνακας 2.4** Χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν

Κωδικός (UPOV)	Χαρακτηριστικό	Στάδιο ανάπτυξης +
N <sup>0</sup> 12	ξεστάχνασμα τεμαχίου σε ημέρες από την σπορά	
	ύψος φυτού σε cm	75-92
N <sup>0</sup> 23	αριθμός γόνιμων αδερφιών	75-92
	μήκος κολεού (cm)	90-92
	μήκος στάχυ (cm)	90-92
	βάρος σπόρων κυρίου στάχυ (γραμμάρια)	92
	αριθμός σπόρων κυρίου στάχυ	92
	βάρος 1000 κόκκων (γραμμάρια)	92
	αριθμός σπόρων γόνιμων αδελφιών	92
	απόδοση (βάρος σπόρων κ. στάχυ +βάρος σπόρων αδελφιών σε γραμμάρια)	92
	απόδοση τεμαχίων (kg/Ha)	92
	βάρος σπόρων γόνιμων αδελφιών (γραμμάρια)	92
	λόγος μήκους κολεού με το ύψος	92

+ μέρες από φύτευση

Ύψος φυτού: απόσταση από το έδαφος μέχρι το στάχυ, εξαιρώντας τα άγανα.

Μήκος στάχυ: το μήκος του στάχυ εξαιρώντας τα άγανα.

Βάρος 1000 κόκκων: με αναγωγή στα χίλια.



**Εικόνα 2.3.** Γραμμικός σπορέας.

Η απόδοση σε σπόρο των τεμαχίων του πειράματος μετρήθηκε με τη βοήθεια αλωνιστικής μηχανής που διαθέτει το εργαστήριο Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.



**Εικόνα 2.4.** Αλωνιστική μηχανή του εργαστηρίου Γεωργίας.

## 2.5 Στατιστική ανάλυση

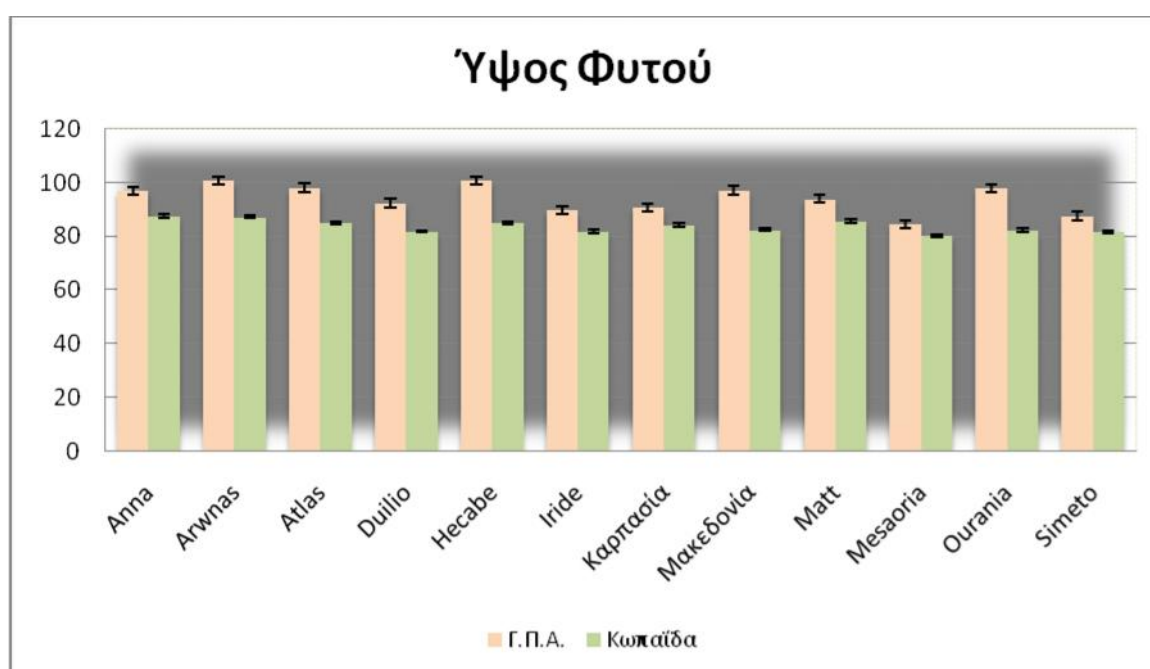
Τα χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν στη παρούσα μελέτη αποδίδονται με συνεχή μεταβλητή. Για τα χαρακτηριστικά αυτά έγινε ανάλυση της διασποράς για το παραγοντικό πείραμα που ακολουθεί το σχέδιο τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων με τη χρήση του στατιστικού προγράμματος JMP<sup>®</sup> 8.0 της SAS (Sall et al., 2007) και το SigmaStat 3.1. Αρχικά, έγινε έλεγχος της κανονικότητας των μετρήσεων σύμφωνα με τη δοκιμασία των Shapiro-Wilk. Επιπλέον, έγινε έλεγχος ομοιογένειας των διασπορών. Οι μέσοι των προαναφερθέντων χαρακτηριστικών για κάθε επέμβαση συγκρίθηκαν με τη μέθοδο των πολλαπλών συγκρίσεων Tukey (Καλτσίκης, 1997). Υπολογίστηκαν οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ των χαρακτηριστικών αυτών. Με τους συντελεστές συσχέτισης πραγματοποιήθηκε ανάλυση κύριων συνιστωσών για να διευκρινιστεί ποια χαρακτηριστικά επηρεάζουν την παραλλακτικότητα των αποτελεσμάτων.

Η βήμα προς βήμα παλινδρόμηση για τα δεδομένα του πειράματος, χρησιμοποιήθηκε για να διευκρινιστεί κατά πόσο επηρεάζεται το βάρος των χιλίων κόκκων (εξαρτημένη μεταβλητή) με τις υπόλοιπες μεταβλητές του πειράματος (ανεξάρτητες μεταβλητές). Σε κάθε βήμα, μία μεταβλητή εισέρχεται στην εξίσωση της παλινδρόμησης. Η προστιθέμενη μεταβλητή είναι αυτή η οποία περιλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό μείωσης του αθροίσματος τετραγώνων του σφάλματος.

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 3.1 Αγρονομικά χαρακτηριστικά

**Ύψος φυτού:** Από την ανάλυση της διασποράς για το χαρακτηριστικό ύψος φυτού (Παράρτημα Β, Πίνακας 1) παρατηρούνται σημαντικές διαφορές σε ότι αφορά το ύψος ανάμεσα στις ποικιλίες, καθώς και σημαντική αλληλεπίδραση των ποικιλιών με τις δύο τοποθεσίες του πειράματος.



**Διάγραμμα 3.1** Μέσοι όροι των ποικιλιών για το ύψος φυτού ανά τοποθεσία μαζί με τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

Οι ποικιλίες Άρωνας και Εκάβη βρέθηκαν να είναι οι ψηλότερες χωρίς να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους με τιμές 93 cm και 92,8 cm αντίστοιχα. Οι πιο κοντές ποικιλίες είναι η Simeto και η Μεσαορία με τιμές 84,5 cm και 82,3 cm αντίστοιχα. Οι δυο ποικιλίες διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους. Οι υπόλοιπες ποικιλίες έδειξαν ενδιάμεσες τιμές όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.4.

Όσον αφορά τις αλληλεπιδράσεις για όλες τις ποικιλίες για το χαρακτηριστικό του ύψους ήταν στατιστικά σημαντικές. Για το περιβάλλον του Γ.Π.Α. οι ψηλότερες ποικιλίες ήταν ο Άρωνας και η Εκάβη χωρίς να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους

και οι πιο χαμηλόσωμες οι ποικιλίες Simeto και η Μεσαορία. Για το περιβάλλον της Κωπαΐδας οι υψηλότερες ποικιλίες ήταν η Άννα και ο Άρωνας χωρίς να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους και οι πιο χαμηλόσωμες ποικιλίες, οι ποικιλίες Simeto και Μεσαορία χωρίς να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους.

**Πίνακας 3.1** Μέσοι όροι για το ύψος φυτού των ποικιλιών και οι πολλαπλές συγκρίσεις τους με τη μέθοδο του Tukey.

Ποικιλία-Περιβάλλον	Μέση τιμή		Ποικιλία-Περιβάλλον	Μέση τιμή	
ΓΠΑ,Άρωνας	100,7	a	κωπ,Άρωνας	87,1	fg
ΓΠΑ,Εκάβη	100,6	a	κωπ,Matt	85,6	gh
ΓΠΑ,Άτλας	98,1	b	κωπ,Εκάβη	84,9	h
ΓΠΑ,Ουρανία	97,8	b	κωπ,Άτλας	84,9	h
ΓΠΑ,Μακεδονία	97,1	b	ΓΠΑ,Μεσαορία	84,5	h
ΓΠΑ,Άννα	96,9	b	κωπ,Καρπασία	84,2	h
ΓΠΑ,Matt	93,8	c	κωπ,Μακεδονία	82,4	i
ΓΠΑ,Duilio	92,2	cd	κωπ,Ουρανία	82,2	i
ΓΠΑ,Καρπασία	90,6	de	κωπ,Duilio	81,8	i
ΓΠΑ,Iride	89,6	e	κωπ,Iride	81,7	ij
κωπ,Άννα	87,4	f	κωπ,Simeto	81,5	ij
ΓΠΑ,Simeto	87,4	f	κωπ,Μεσαορία	80,1	j

\* Οι ποικιλίες στις οποίες αντιστοιχεί το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά.

**Αριθμός αδελφιών:** Από την ανάλυση της διασποράς για τον αριθμό αδελφιών (Παράρτημα Β, Πίνακας 2), προκύπτουν σημαντικές στατιστικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών καθώς και σημαντική αλληλεπίδραση με τα δύο περιβάλλοντα. Το μεγαλύτερο αδελφωμα το είχε η ποικιλία Μεσαορία χωρίς να διαφέρει σημαντικά με τις ποικιλίες Ουρανία, Μακεδονία, Άρωνα και Εκάβη. Το μικρότερο αδελφωμα το είχε η ποικιλία Simeto με μέση τιμή 2,9 αδελφια (Πίνακα 3.4). Ως προς την αλληλεπίδραση των ποικιλιών με τις τοποθεσίες υπήρξε στατιστικά σημαντική.

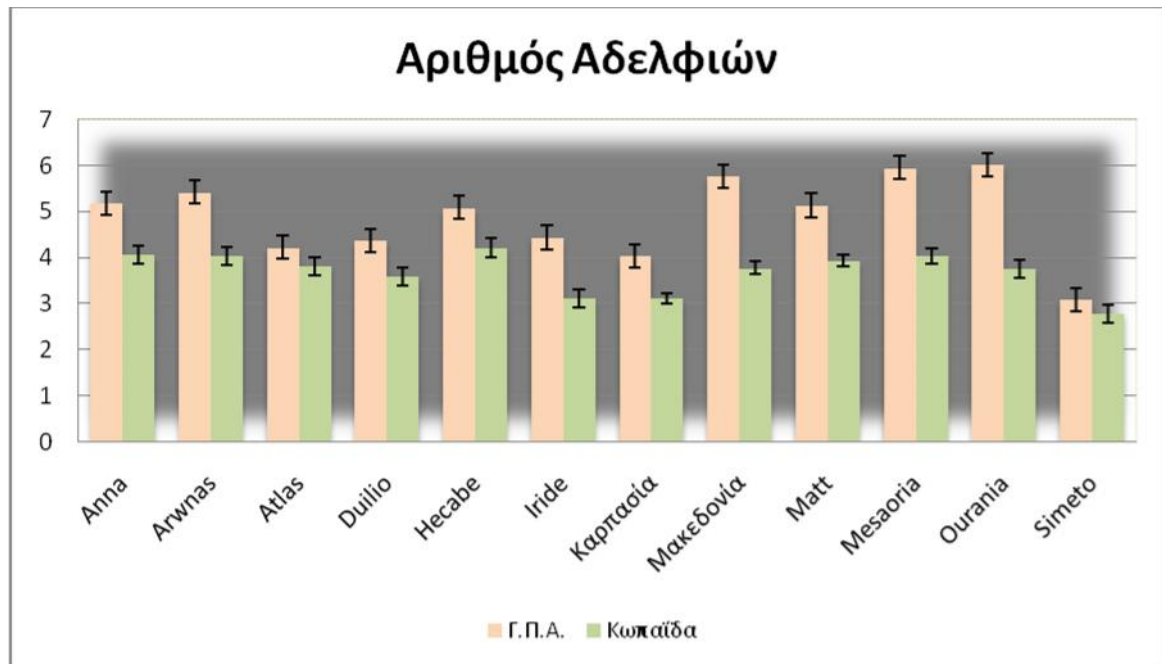
**Πίνακας 3.2** Μέσοι όροι των ποικιλιών για τον αριθμό αδελφών και οι πολλαπλές συγκρίσεις τους με τη μέθοδο του Tukey.

Ποικιλία-Περιβάλλον	Μέση τιμή		Ποικιλία-Περιβάλλον	Μέση τιμή	
ΓΠΑ,Ουρανία	6	a	ΓΠΑ,Καρπασία	4	defg
ΓΠΑ,Μεσαορία	5,95	a	κωπ,Άρωναζ	4	defg
ΓΠΑ,Μακεδονία	5,7	ab	κωπ,Μεσαορία	4	defg
ΓΠΑ,Άρωναζ	5,4	bc	κωπ,Μatt	3,9	efg
ΓΠΑ,Άννα	5,1	c	κωπ,Άτλας	3,8	fg
ΓΠΑ,Μatt	5,1	c	κωπ,Μακεδονία	3,7	fg
ΓΠΑ,Εκάβη	5,	c	κωπ,Ουρανία	3,7	fg
ΓΠΑ,Iride	4,4	d	κωπ,Duilio	3,5	gh
ΓΠΑ,Duilio	4,3	de	κωπ,Καρπασία	3,1	hi
ΓΠΑ,Άτλας	4,2	def	κωπ,Iride	3,1	hi
κωπ,Εκάβη	4,2	def	ΓΠΑ,Simeto	3,0	i
κωπ,Άννα	4	defg	κωπ,Simeto	2,7	i

\* Οι ποικιλίες στις οποίες αντιστοιχεί το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά.

Σημαντική αλληλεπίδραση έδειξαν όλες οι ποικιλίες εκτός των ποικιλιών Simeto και Άτλας. Στο περιβάλλον του Γ.Π.Α., η ποικιλία Ουρανία αδελφωσε καλύτερα με μέσο όρο 6,01 αδέρφια και στο αντίστοιχο πειραματικό της Κωπαΐδας η ποικιλία Εκάβη με μέση τιμή 4,2 αδέρφια. Η ποικιλία Simeto αδελφωσε λιγότερο και στα δύο περιβάλλοντα.

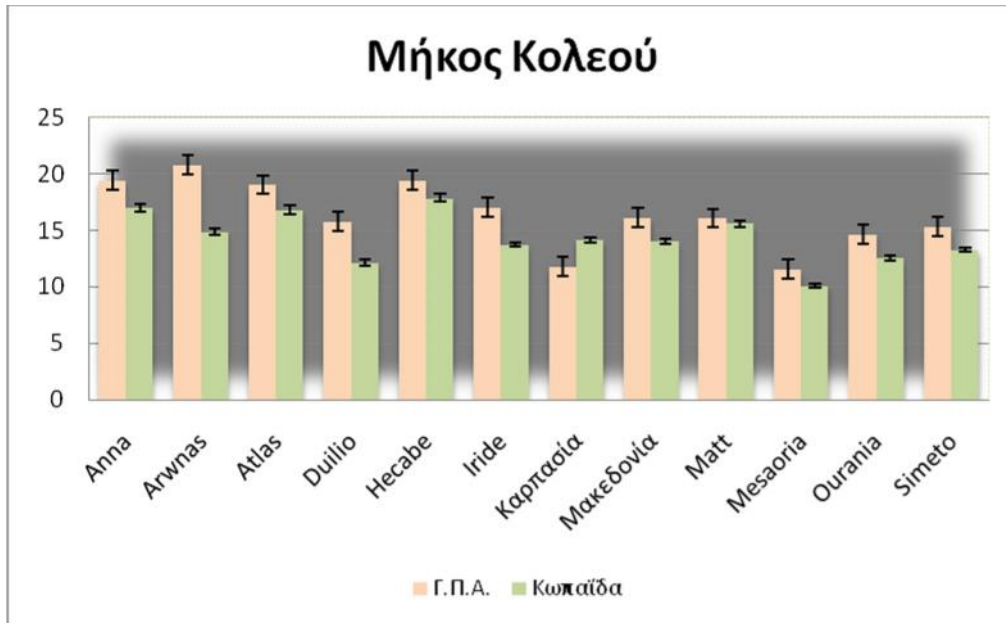




**Διάγραμμα 3.2** Μέσοι όροι των ποικιλιών για τον αριθμό αδελφιών ανά τοποθεσία μαζί με τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

**Μήκος κολεού:** Από την ανάλυση της διασποράς (Παράρτημα Β, Πίνακας 3) ως προς αυτό το χαρακτηριστικό αυτό, παρατηρείται σημαντική αλληλεπίδραση των ποικιλιών με τις τοποθεσίες και σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών. Τη μεγαλύτερη μέση τιμή επέδειξε η Εκάβη (18,8) και η Άννα με 18,2 (Πίνακας 3.4). Οι δύο ποικιλίες δεν διέφεραν μεταξύ τους σημαντικά. Μεγάλες τιμές παρατηρήθηκαν από τις ποικιλίες Άτλας και Άρωνας χωρίς να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Την μικρότερη τιμή επέδειξε η ποικιλία Μεσαορία η οποία διέφερε από τις υπόλοιπες ποικιλίες.

Όσον αφορά την αλληλεπίδραση των παραγόντων οι ποικιλίες Μatt και Μεσαορία δεν έδειξαν σημαντική αλληλεπίδραση. Στο περιβάλλον του Γ.Π.Α., η ποικιλία Άρωνας ξεπέρασε σημαντικά τις υπόλοιπες ποικιλίες, ενώ στο περιβάλλον της Κωπαΐδας, η ποικιλία Εκάβη εμφάνισε την υψηλότερη τιμή, η οποία διέφερε σημαντικά από τις υπόλοιπες. Η ποικιλία Μεσαορία εμφάνισε τις χαμηλότερες τιμές για το χαρακτηριστικό αυτό και για τις δύο τοποθεσίες (Πίνακας 3.3).



**Διάγραμμα 3.3** Μέσοι όροι των ποικιλιών για το μήκος του κολεού ανά τοποθεσία μαζί με τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

**Πίνακας 3.3** Μέσοι όροι των ποικιλιών για το μήκος του κολεού και οι πολλαπλές συγκρίσεις τους με τη μέθοδο του Tukey.

Ποικιλία-Περιβάλλον	Μέση τιμή		Ποικιλία-Περιβάλλον	Μέση τιμή	
ΓΠΑ,Αρωνας	20,8	a	ΓΠΑ,Simeto	15,3	fgh
ΓΠΑ,Εκάβη	19,6	b	κωπ,Αρωνας	14,9	ghi
ΓΠΑ,Άννα	19,4	b	ΓΠΑ,Ουρανία	14,7	hij
ΓΠΑ,Άτλας	19	b	κωπ,Καρπασία	14,2	ijk
κωπ,Εκάβη	17,9	c	κωπ,Μακεδονία	14	jkl
ΓΠΑ,Iride	17	cd	κωπ,Iride	13,7	kl
κωπ,Άννα	17	d	κωπ,Simeto	13,3	lm
κωπ,Άτλας	16,8	de	κωπ,Ουρανία	12,5	mn
ΓΠΑ,Μακεδονία	16,1	ef	κωπ,Duilio	12,2	no
ΓΠΑ,Matt	16,1	ef	ΓΠΑ,Καρπασία	11,8	no
ΓΠΑ,Duilio	15,8	f	ΓΠΑ,Μεσαορία	11,6	o
κωπ,Matt	15,6	fg	κωπ,Μεσαορία	10,1	p

\* Οι ποικιλίες στις οποίες αντιστοιχεί το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά.



**Πίνακας 3.4** Μέσοι όροι των ποικιλιών ως προς τα χαρακτηριστικά (ύψος φυτού, αριθμός αδελφιών και μήκος κολεού) και οι συγκρίσεις τους με τη μέθοδο του Tukey.

Ποικιλίες	Ύψος φυτού	Ποικιλίες	Αριθμός Αδελφιών	Ποικιλίες	Μήκος κολεού
Άρωνας	94 a	Μεσαορία	4,9a	Εκάβη	18,8 a
Εκάβη	92,8ab	Ουρανία	4,8ab	Άννα	18,2a
Άννα	92,3 bc	Μακεδονία	4,7abc	Άτλας	17,9b
Άτλας	91,5 c	Άρωνας	4,7abc	Άρωνας	17,8b
Ουρανία	90 d	Εκάβη	4,7abc	Matt	15,8 c
Matt	89,8 d	Άννα	4,6 bc	Iride	15,4 cd
Μακεδονία	89,7 d	Matt	4,5 c	Μακεδονία	15,0 d
Καρπασία	87,5 e	Άτλας	4 d	Simeto	14,3 e
Duilio	87,1 e	Duilio	3,9 d	Duilio	13,9 ef
Iride	85,7 f	Iride	3,7 de	Ουρανία	13,6 f
Simeto	84,5 g	Καρπασία	3,6 e	Καρπασία	13 g
Μεσαορία	82,32 h	Simeto	2,9 f	Μεσαορία	10,8 h

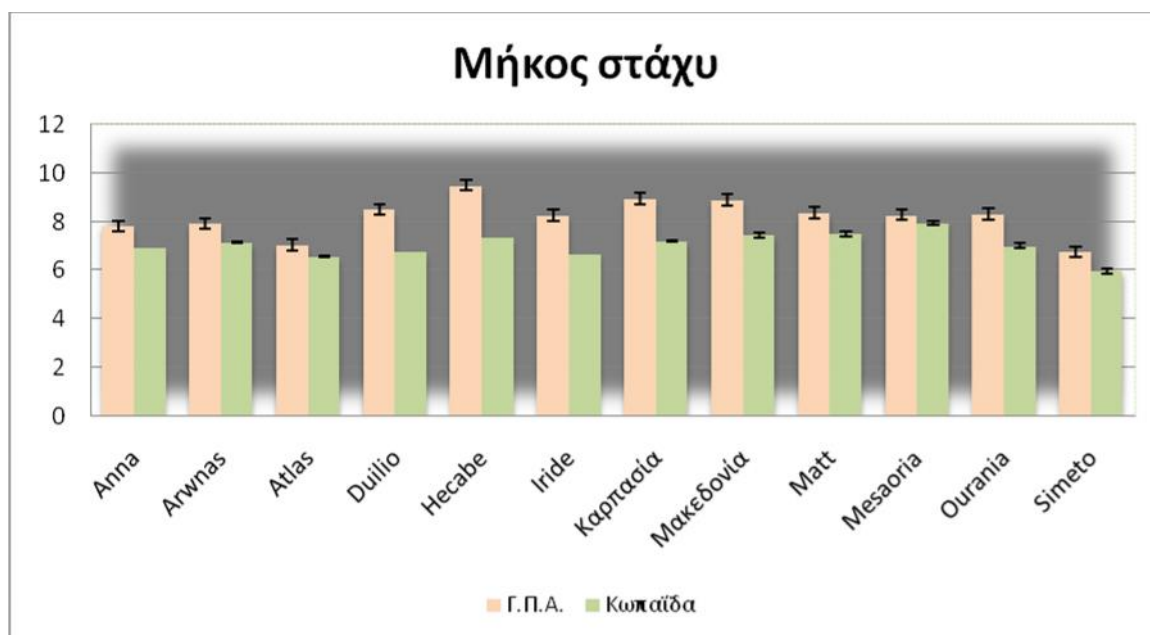
\* Οι ποικιλίες στις οποίες αντιστοιχεί το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά.

**Μήκος στάχου:** Από την ανάλυση της διασποράς για το μήκος του κυρίου στάχου (Παράρτημα Β, Πίνακας 4), παρατηρούνται σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών. Η ποικιλία Εκάβη είχε το μεγαλύτερο μήκος στάχου με τιμή 8,4 cm και διέφερε σημαντικά από τις υπόλοιπες ποικιλίες. Το μικρότερο μήκος στάχου είχε η ποικιλία Simeto με μέση τιμή 6,4 cm (Πίνακας 3.8). Οι υπόλοιπες ποικιλίες είχαν ενδιάμεσες τιμές. Υπήρχε σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των γονοτύπων και των τοποθεσιών. Στο περιβάλλον του Γ.Π.Α., Η ποικιλία Εκάβη επέδειξε τη μεγαλύτερη μέση τιμή (9.5 cm) και στην Κωπαΐδα η ποικιλία Μεσαορία (7,9 cm). Τη χαμηλότερη τιμή εμφάνισε η ποικιλία Simeto με τιμές 6,8 και 6 cm για τις τοποθεσίες Γ.Π.Α. και Κωπαΐδα αντίστοιχα (Πίνακας 3.5).

**Πίνακας 3.5** Μέσοι όροι για το μήκος στάχυ των ποικιλιών και οι πολλαπλές συγκρίσεις τους με τη μέθοδο του Tukey.

Ποικιλία-Περιβάλλον	Μέση τιμή		Ποικιλία-Περιβάλλον	Μέση τιμή	
ΓΠΑ,Εκάβη	9,5	a	κωπ,Μακεδονία	7,5	e
ΓΠΑ,Καρπασία	8,9	b	κωπ,Εκάβη	7,3	ef
ΓΠΑ,Μακεδονία	8,9	b	κωπ,Καρπασία	7,2	fg
ΓΠΑ,Duilio	8,5	c	κωπ,Άρωνα	7,1	fgh
ΓΠΑ,Matt	8,4	c	ΓΠΑ,Άτλας	7	gh
ΓΠΑ,Ουρανία	8,3	c	κωπ,Ουρανία	7	gh
ΓΠΑ,Μεσαορία	8,3	c	κωπ,Άννα	6,9	hi
ΓΠΑ,Iride	8,3	c	κωπ,Duilio	6,8	ij
κωπ,Μεσαορία	7,9	d	ΓΠΑ,Simeto	6,8	ij
ΓΠΑ,Άρωνα	7,9	d	κωπ,Iride	6,7	ij
ΓΠΑ,Άννα	7,8	d	κωπ,Άτλας	6,6	j
κωπ,Matt	7,5	e	κωπ,Simeto	6	k

\* Οι ποικιλίες στις οποίες αντιστοιχεί το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά.



**Διάγραμμα 3.4** Μέσοι όροι των ποικιλιών για το χαρακτηριστικό μήκος στάχυ ανά τοποθεσία μαζί με τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

**Αριθμός σπόρων κυρίου στάχου:** Από την ανάλυση της διασποράς (Παράρτημα Β, Πίνακας 5), παρατηρούνται σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών και αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων. Η ποικιλία Iride, είχε τη μεγαλύτερη τιμή για το χαρακτηριστικό αυτό και διέφερε σημαντικά από τις υπόλοιπες. Το μικρότερο αριθμό σπόρων είχαν οι ποικιλίες Matt και Άννα, οι οποίες δεν διέφεραν μεταξύ τους (Πίνακας 3.8).

Για το χαρακτηριστικό αυτό υπήρξε σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ ποικιλιών και τοποθεσιών (Πίνακας 3.6).

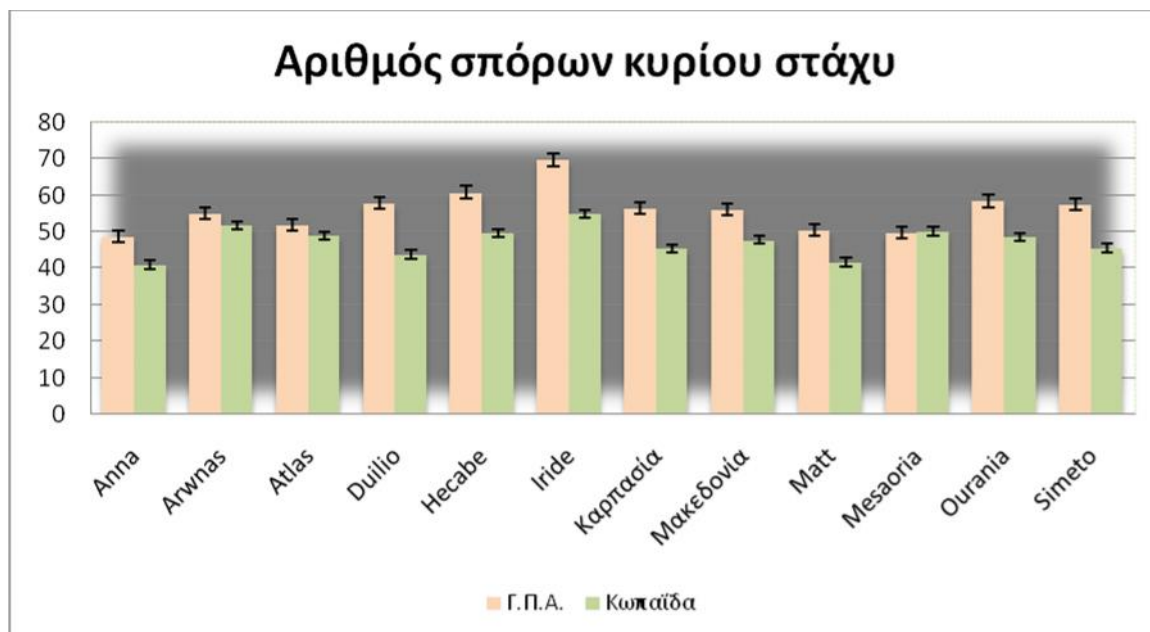
**Πίνακας 3.6** Μέσοι όροι των ποικιλιών για τον αριθμό σπόρων του κ. στάχου και οι συγκρίσεις τους με τη μέθοδο του Tukey.

Ποικιλία-Περιβάλλον	Μέση τιμή		Ποικιλία-Περιβάλλον	Μέση τιμή	
ΓΠΑ,Iride	69,7	a	κωπ,Μεσαορία	50,1	ghi
ΓΠΑ,Εκάβη	60,8	b	ΓΠΑ,Μεσαορία	49,7	ghi
ΓΠΑ,Ουρανία	58,4	bc	κωπ,Εκάβη	49,7	ghi
ΓΠΑ,Duilio	57,8	bcd	κωπ,Άτλας	48,9	ghi
ΓΠΑ,Simeto	57,5	cd	ΓΠΑ,Άννα	48,7	ghij
ΓΠΑ,Καρπασία	56,5	cd	κωπ,Ουρανία	48,6	hijk
ΓΠΑ,Μακεδονία	56,1	cd	κωπ,Μακεδονία	47,7	ijk
ΓΠΑ,Άρωνας	55,2	cde	κωπ,Simeto	45,6	jkl
κωπ,Iride	55	def	κωπ,Καρπασία	45,4	kl
ΓΠΑ,Άτλας	51,9	efg	κωπ,Duilio	43,9	lm
κωπ,Άρωνας	51,8	fgh	κωπ,Matt	41,7	m
ΓΠΑ,Matt	50,5	ghi	κωπ,Άννα	41	m

\* Οι ποικιλίες στις οποίες αντιστοιχεί το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά.

Οι ποικιλίες Μεσαορία και Άτλας επέδειξαν ενδιάμεσες τιμές για τον αριθμό σπόρων του στάχου και δεν παρατηρήθηκε αλληλεπίδραση τους με τις δύο τοποθεσίες. Για τις υπόλοιπες ποικιλίες παρατηρήθηκε σημαντική αλληλεπίδραση. Στα δύο

περιβάλλοντα αναδείχθηκε η ποικιλία Iride με τη μεγαλύτερη μέση τιμή και αντίστοιχα η ποικιλία Άννα με τη μικρότερη μέση τιμή.



**Διάγραμμα 3.5** Μέσοι όροι των ποικιλιών για τον αριθμό σπόρων κ. στάχου ανά τοποθεσία μαζί με τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

**Βάρος σπόρων κυρίου στάχου:** Για το χαρακτηριστικό αυτό η ανάλυση της διασποράς έδειξε σημαντικές στατιστικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών καθώς και της αλληλεπίδρασης τους με τα διαφορετικά περιβάλλοντα (Παράρτημα Β, Πίνακας 6). Οι ποικιλίες Simeto και Εκάβη επέδειξαν τις υψηλότερες τιμές για το βάρος του στάχου (3,16 και 3,11 g αντίστοιχα), χωρίς να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Οι ποικιλίες με τις χαμηλότερες τιμές ήταν η Matt και Άννα με τιμές 2,45 και 2,41 g αντίστοιχα (Πίνακας 3.8).

Η αλληλεπίδραση ήταν σημαντική για το βάρος του κύριου στάχου, εκτός από τις ποικιλίες Άτλας και Μεσαορία, αφού δεν υπήρξε σημαντική αλληλεπίδραση. Στο περιβάλλον της Γεωπονικής το μεγαλύτερο μέσο βάρος, το παρουσίασαν η Simeto, Duilio και η Εκάβη, οι οποίες δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους, με τη μικρότερη τιμή από την ποικιλία Άννα. Αντίστοιχα, οι ποικιλίες Εκάβη, Άτλας και Simeto είχαν τη μεγαλύτερη τιμή στο περιβάλλον της Κωπαΐδας (δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους) με τη μικρότερη τιμή να παρουσιάζεται από την Άννα και Matt, οι οποίες δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους.

**Πίνακας 3.7** Μέσοι όροι των ποικιλιών για το χαρακτηριστικό βάρος σπόρων κ. στάχυ και οι συγκρίσεις τους με τη μέθοδο του Tukey.

Ποικιλία-Περιβάλλον	Μέση τιμή		Ποικιλία-Περιβάλλον	Μέση τιμή	
ΓΠΑ,Simeto	3,48	a	κωπ,Ουρανία	2,70	fghij
ΓΠΑ,Duilio	3,4	a	ΓΠΑ,Άρωνας	2,66	ghijk
ΓΠΑ,Εκάβη	3,32	ab	κωπ,Μεσαορία	2,65	hijkl
ΓΠΑ,Iride	3,14	bc	ΓΠΑ,Μεσαορία	2,55	ijklm
ΓΠΑ,Άτλας	3	cd	κωπ,Μακεδονία	2,52	ijklm
ΓΠΑ,Ουρανία	2,92	de	ΓΠΑ,Matt	2,52	ijklm
κωπ,Εκάβη	2,89	de	ΓΠΑ,Καρπασία	2,52	ijklm
ΓΠΑ,Μακεδονία	2,88	def	κωπ,Duilio	2,47	klm
κωπ,Άτλας	2,85	def	ΓΠΑ,Άννα	2,45	lm
κωπ,Simeto	2,83	defg	κωπ,Καρπασία	2,44	m
κωπ,Άρωνας	2,763	defgh	κωπ,Matt	2,38	m
κωπ,Iride	2,72	efghi	κωπ,Άννα	2,38	m

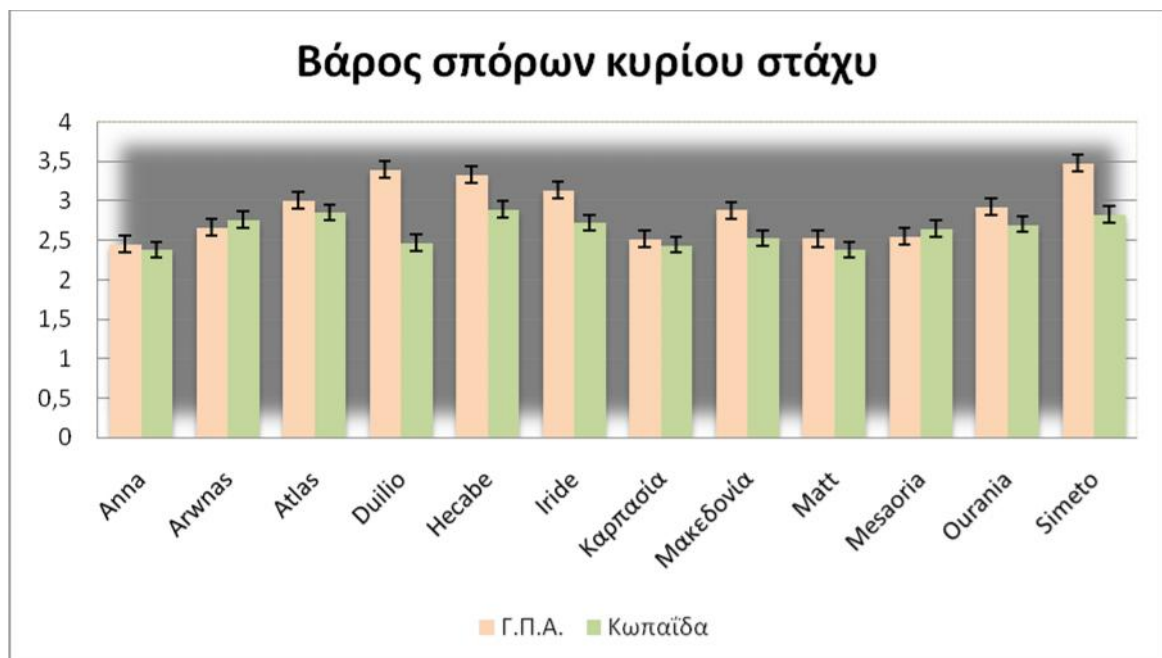
\* Οι ποικιλίες στις οποίες αντιστοιχεί το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά.

**Πίνακας 3.8** Μέσοι όροι των ποικιλιών για τα χαρακτηριστικά του κυρίου στάχυ και οι συγκρίσεις τους με τη μέθοδο του Tukey.

Ποικιλίες	Μήκος κ.στάχυ	Ποικιλίες	Αριθμός σπόρων κ.στάχυ	Ποικιλίες	Βάρος σπόρων κ.στάχυ
Εκάβη	8,4a	Iride	62,4a	Simeto	3,16a
Μακεδονία	8,2 b	Εκάβη	55,2b	Εκάβη	3,11a

Ποικιλίες	Μήκος κ.στάχυ	Ποικιλίες	Αριθμός σπόρων κ.στάχυ	Ποικιλίες	Βάρος σπόρων κ.στάχυ
Μεσαορία	8,1b	Άρωνας	54bc	Duilio	2,94b
Καρπασία	8b c	Ουρανία	53,5bc	Iride	2,93b
Matt	7,9 c	Μακεδονία	51,8cd	Άτλας	2,93b
Ουρανία	7,7 d	Simeto	51,5cd	Ουρανία	2,81bc
Duilio	7,6 de	Καρπασία	50,9d	Άρωνας	2,72 cd
Άρωνας	7,5 def	Duilio	50,8d	Μακεδονία	2,7 cd
Iride	7,5 ef	Άτλας	50,4d	Μεσαορία	2,6 de
Άννα	7,4 f	Μεσαορία	49,9d	Καρπασία	2,5 ef
Άτλας	6,8 g	Matt	46e	Matt	2,45 f
Simeto	6,4 h	Άννα	44,8e	Άννα	2,42 f

\* Οι ποικιλίες στις οποίες αντιστοιχεί το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά.



**Διάγραμμα 3.6** Μέσοι όροι των ποικιλιών για το χαρακτηριστικό βάρος σπόρων κυρίου στάχυ ανά τοποθεσία μαζί με τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

**Αριθμός σπόρων αδελφιών:** Από την ανάλυση της διασποράς για το χαρακτηριστικό του αριθμού σπόρων αδελφιών (Παράρτημα Β, Πίνακας 7) έδειξε σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων του πειράματος και μεταξύ των ποικιλιών. Η ποικιλία Μακεδονία η οποία επέδειξε την υψηλότερη τιμή δεν διέφερε σημαντικά από τις ποικιλίες Εκάβη, Ουρανία, Άρωνα και Μεσσαορία. Η ποικιλία Simeto επέδειξε τη μικρότερη τιμή για το χαρακτηριστικό αυτό και διέφερε σημαντικά από τις υπόλοιπες (Πίνακας 3.12).

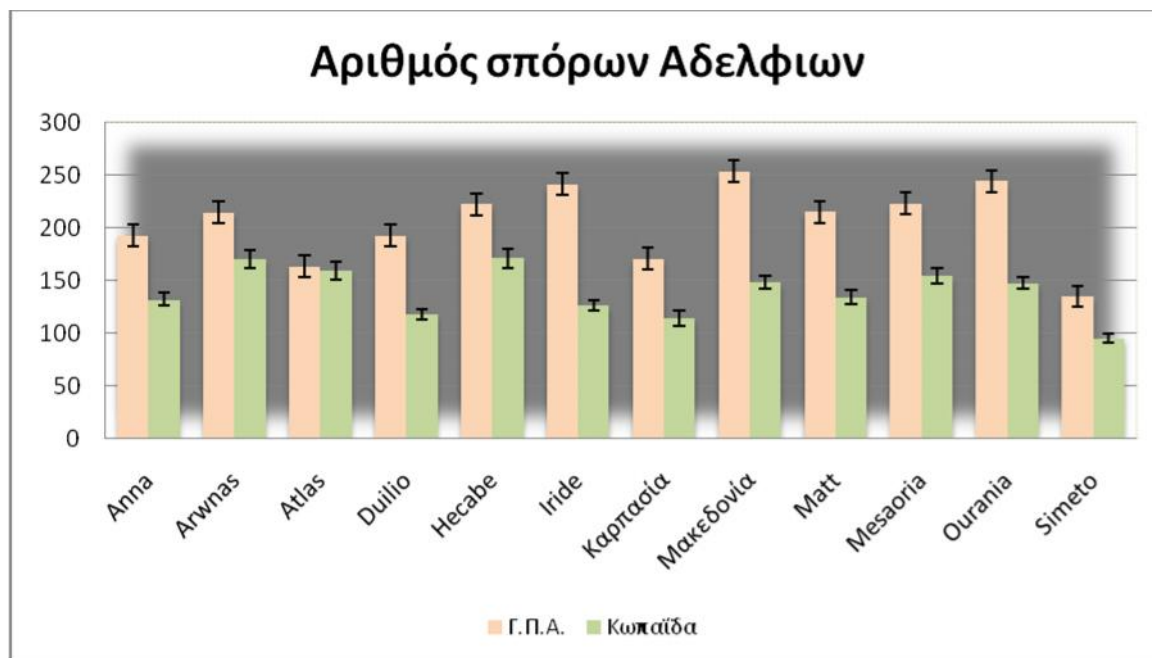
**Πίνακας 3.9** Μέσοι όροι των ποικιλιών για το χαρακτηριστικό αριθμό σπόρων αδελφιών και οι συγκρίσεις τους με τη μέθοδο του Tukey.

Ποικιλία-Περιβάλλον	Μέση τιμή		Ποικιλία-Περιβάλλον	Μέση τιμή	
ΓΠΑ,Μακεδονία	253	a	ΓΠΑ,Άτλας	164	fgh
ΓΠΑ,Ουρανία	244	ab	κωπ,Άτλας	160	fgh
ΓΠΑ,Iride	241	ab	κωπ,Μεσσαορία	154	fghi
ΓΠΑ,Μεσσαορία	223	bc	κωπ,Μακεδονία	148	ghij
ΓΠΑ,Εκάβη	223	bc	κωπ,Ουρανία	147	hij
ΓΠΑ,Matt	215	cd	ΓΠΑ,Simeto	135	ijk
ΓΠΑ,Άρωνας	215	cd	κωπ,Matt	134	ijk
ΓΠΑ,Duilio	193	de	κωπ,Άννα	132	ijk
ΓΠΑ,Άννα	193	de	κωπ,Iride	126	jk
κωπ,Εκάβη	172	ef	κωπ,Duilio	118	kl
κωπ,Άρωνας	171	efg	κωπ,Καρπασία	115	kl
ΓΠΑ,Καρπασία	171	fgh	κωπ,Simeto	96	l

\* Οι ποικιλίες στις οποίες αντιστοιχεί το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά.

Η αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ήταν σημαντική για το χαρακτηριστικό αυτό. Η ποικιλία Άτλας και για τις δύο τοποθεσίες έδειξε παρόμοιο αριθμό σπόρων (δεν διέφεραν σημαντικά οι μέσες τιμές). Στο περιβάλλον του Γ.Π.Α. οι ποικιλίες με τον υψηλότερο αριθμό σπόρων αδελφιών ήταν η Μακεδονία, η

Ουρανία, η Irīde και η Μεσαορία, οι οποίες δεν διέφεραν μεταξύ τους και στο περιβάλλον της Κωπαίδας η ποικιλία Εκάβη. Και στις δύο τοποθεσίες η ποικιλία Simeto επέδειξε τις μικρότερες τιμές (Πίνακας 3.9).



**Διάγραμμα 3.7** Μέσοι όροι των ποικιλιών για το χαρακτηριστικό αριθμός σπόρων αδελφίων ανά τοποθεσία μαζί με τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

**Βάρος σπόρων αδελφίων:** Από την ανάλυση της διασποράς παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών. Οι ποικιλίες Εκάβη, Μακεδονία, Ουρανία είχαν το μεγαλύτερο βάρος σπόρων αδελφίων για τις δύο τοποθεσίες (Πίνακας 3.12). Οι υπόλοιπες ποικιλίες είχαν ενδιάμεσες τιμές για το χαρακτηριστικό αυτό. Την μικρότερη τιμή επέδειξαν οι ποικιλίες Simeto και Καρπασία, οι οποίες δεν διέφεραν μεταξύ τους.

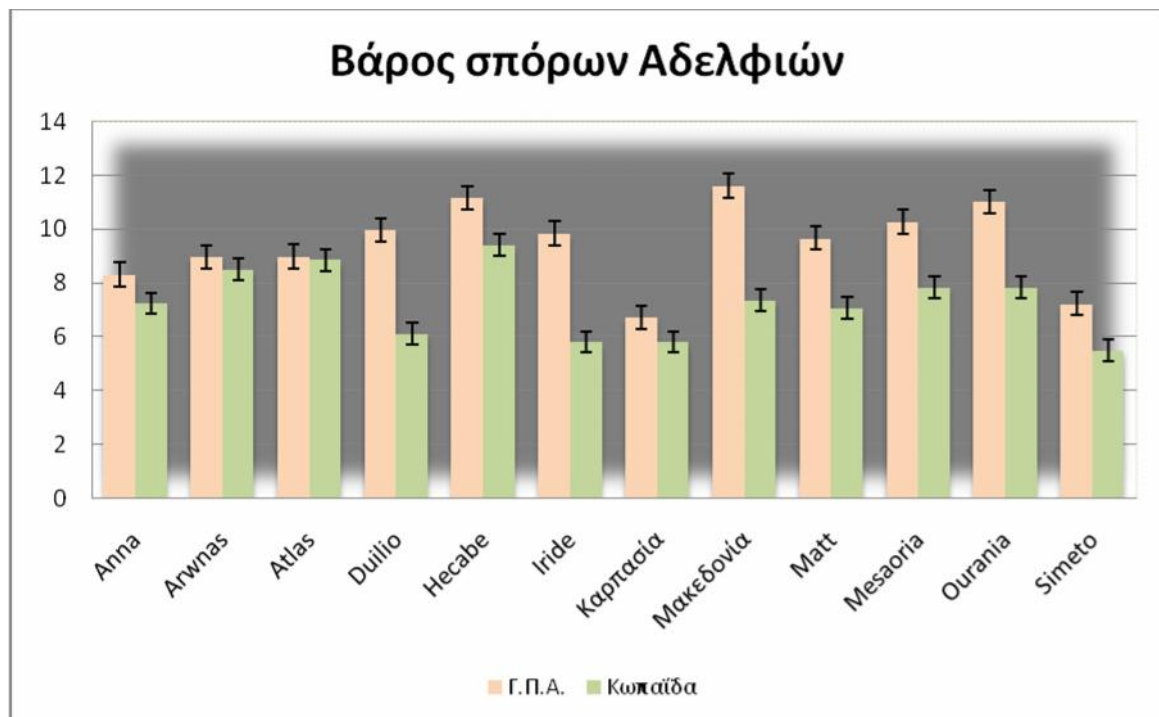
**Πίνακας 3.10** Μέσοι όροι των ποικιλιών για το χαρακτηριστικό βάρος σπόρων αδελφίων και οι συγκρίσεις τους με τη μέθοδο του Tukey.

Ποικιλία-Περιβάλλον	Μέση τιμή		Ποικιλία-Περιβάλλον	Μέση τιμή	
ΓΠΑ,Μακεδονία	11,61	a	ΓΠΑ,Άννα	8,31	ghij
ΓΠΑ,Εκάβη	11,17	ab	κωπ,Μεσαορία	7,84	hijk



Ποικιλία-Περιβάλλον	Μέση τιμή		Ποικιλία-Περιβάλλον	Μέση τιμή	
ΓΠΑ,Ουρανία	11,03	abc	κωπ,Ουρανία	7,84	hijk
ΓΠΑ,Μεσαορία	10,28	bcd	κωπ,Μακεδονία	7,36	ijk
ΓΠΑ,Duilio	9,98	bcde	κωπ,Άννα	7,24	jkl
ΓΠΑ,Iride	9,86	cde	ΓΠΑ,Simeto	7,23	jkl
ΓΠΑ,Matt	9,67	def	κωπ,Matt	7,095	kl
κωπ,Εκάβη	9,40	defg	ΓΠΑ,Καρπασία	6,71	klm
ΓΠΑ,Άτλας	8,99	efgh	κωπ,Duilio	6,12	lmn
ΓΠΑ,Άρωνας	8,97	efgh	κωπ,Καρπασία	5,81	mn
κωπ,Άτλας	8,87	efgh	κωπ,Iride	5,80	mn
κωπ,Άρωνας	8,5	fghi	κωπ,Simeto	5,5	n

\* Οι ποικιλίες στις οποίες αντιστοιχεί το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά.



**Διάγραμμα 3.8** Μέσοι όροι των ποικιλιών για το βάρος σπόρων αδελφιών ανά τοποθεσία μαζί με τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

Η αλληλεπίδραση ήταν σημαντική μεταξύ των ποικιλιών και των τοποθεσιών. Οι ποικιλίες που δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους όσον αφορά την αλληλεπίδραση ήταν ο Άρωνας και ο Άτλας. Στο περιβάλλον του Γ.Π.Α. οι ποικιλίες Μακεδονία και

Εκάβη είχαν το μεγαλύτερο βάρος σπόρων αδελφιών χωρίς να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους και η ποικιλία Καρπασία με το μικρότερο βάρος. Όσον αφορά το περιβάλλον της Κωπαΐδας η ποικιλία Εκάβη και ο Άτλας είχαν την υψηλότερη τιμή με μικρότερη εκείνη της Simeto (Πίνακας 3.10).

**Βάρος σπόρων φυτού:** Από την ανάλυση της διασποράς για το χαρακτηριστικό αυτό προέκυψαν σημαντικές διαφορές τόσο μεταξύ των ποικιλιών, όσο και την αλληλεπίδραση των παραγόντων. Η ποικιλία Εκάβη είχε την υψηλότερη τιμή και διέφερε σημαντικά από τις υπόλοιπες. Στις ενδιάμεσες τιμές υπάρχει μία ομάδα ποικιλιών που αποτελείται από τις Ουρανία, Μακεδονία, Άτλας, Μεσσαορία και Άρωνα χωρίς να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Στο πίνακα 3.12 παρατηρούμε τις ποικιλίες Καρπασία και Simeto να έχουν τις χαμηλότερες τιμές. Οι δύο ποικιλίες δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους.

**Πίνακας 3.11** Μέσοι όροι των ποικιλιών για το βάρος σπόρων φυτού και οι συγκρίσεις τους με τη μέθοδο του Tukey.

Ποικιλία-Περιβάλλον	Μέση τιμή		Ποικιλία-Περιβάλλον	Μέση τιμή	
ΓΠΑ,Εκάβη	14,5	a	ΓΠΑ,Άννα	10,73	defghij
ΓΠΑ,Μακεδονία	14,5	a	ΓΠΑ,Simeto	10,72	defghij
ΓΠΑ,Ουρανία	13,8	ab	κωπ,Ουρανία	10,55	efghijk
ΓΠΑ,Duilio	13,4	abc	κωπ,Μεσσαορία	10,5	efghijk
ΓΠΑ,Iride	12,99	abcd	κωπ,Μακεδονία	9,75	fghijk
ΓΠΑ,Μεσσαορία	12,83	abcde	κωπ,Άννα	9,62	fghijk
κωπ,Εκάβη	12,3	abcde	κωπ,Matt	9,47	ghijk
ΓΠΑ,Matt	12,2	abcde	ΓΠΑ,Καρπασία	9,24	hijk
ΓΠΑ,Άτλας	12	bcdef	κωπ,Duilio	8,6	ijk
κωπ,Άτλας	11,72	bcdefg	κωπ,Iride	8,53	ijk
ΓΠΑ,Άρωνας	11,64	bcdefg	κωπ,Simeto	8,33	jk
κωπ,Άρωνας	11,27	cdefgh	κωπ,Καρπασία	8,25	k

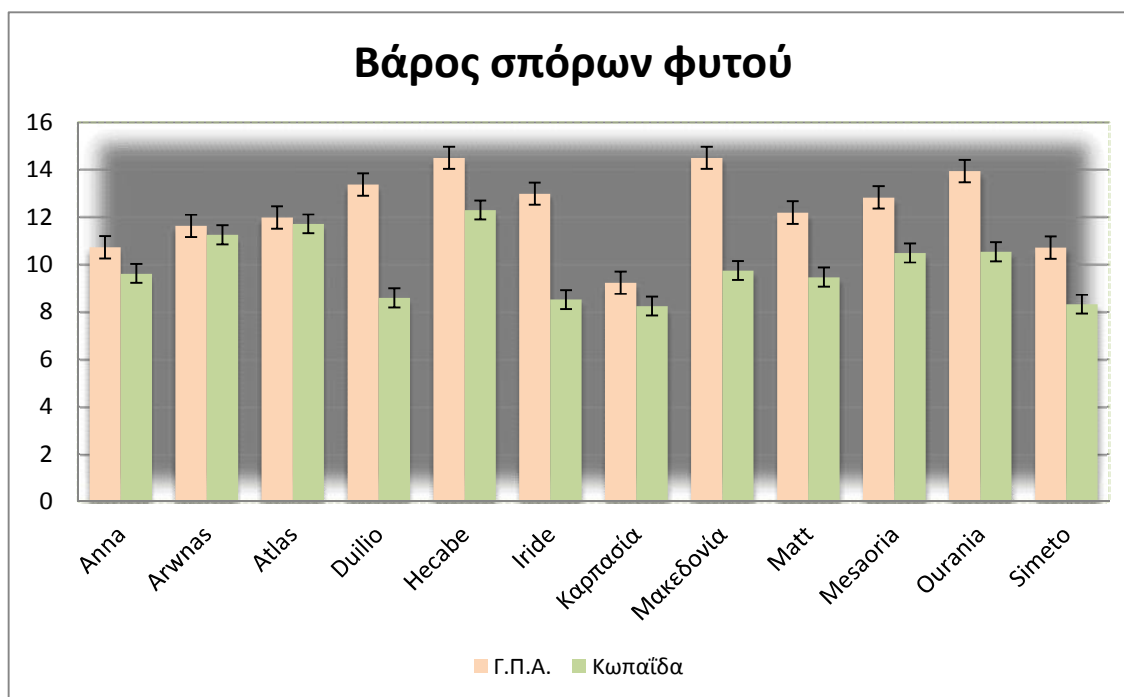
\* Οι ποικιλίες στις οποίες αντιστοιχεί το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά.

Στο περιβάλλον της Γεωπονικής υπερισχύει για το χαρακτηριστικό αυτό η ποικιλία Εκάβη και η Μακεδονία, οι οποίες δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους και στο περιβάλλον της Κωπαΐδας η Εκάβη και ο Άτλας. Οι μέσες τιμές του Άτλα και του Άρωνα για τις δύο τοποθεσίες δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους. Και για τα δύο περιβάλλοντα η ποικιλία Καρπασία είχε τις χαμηλότερες τιμές για το χαρακτηριστικό αυτό. Οι τιμές και για τα δύο περιβάλλοντα δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους.

**Πίνακας 3.12** Μέσοι όροι των ποικιλιών για τα χαρακτηριστικά αριθμός σπόρων αδελφιών βάρος σπόρων αδελφιών και βάρος σπόρων φυτού και οι συγκρίσεις τους με τη μέθοδο του Tukey.

Ποικιλίες	Αριθμός σπόρων αδελφιών	Ποικιλίες	Βάρος σπόρων αδελφιών	Ποικιλίες	Βάρος σπόρων φυτών
Μακεδονία	200a	Εκάβη	10,29a	Εκάβη	13,4a
Εκάβη	197ab	Μακεδονία	9,48ab	Ουρανία	12,25 b
Ουρανία	195ab	Ουρανία	9,44ab	Μακεδονία	12,17 b
Άρωνας	193ab	Μεσαορία	9,06 bc	Άτλας	11,87 bc
Μεσαορία	189abc	Άτλας	8,92 bc	Μεσαορία	11,66 bcd
Iride	184 bc	Άρωνας	8,73 bcd	Άρωνας	11,45 bcd
Matt	175 cd	Matt	8,38 cde	Duilio	10,99 cde
Άννα	162 de	Duilio	8,05 de	Matt	10,84 de
Άτλας	162 de	Iride	7,83 e	Iride	10,76 de
Duilio	155 ef	Άννα	7,749 e	Άννα	10,17 ef
Καρπασία	143 f	Simeto	6,37 f	Simeto	9,52 fg
Simeto	115 g	Καρπασία	6,26 f	Καρπασία	8,75 g

\* Οι ποικιλίες στις οποίες αντιστοιχεί το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά.



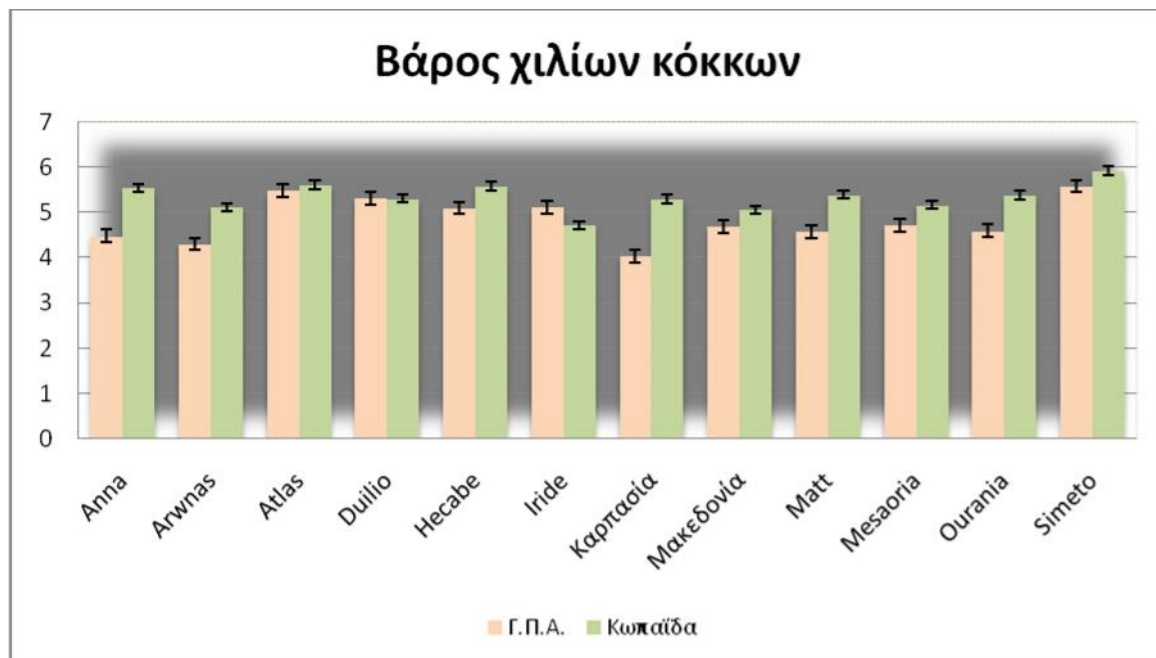
**Διάγραμμα 3.9** Μέσοι όροι των ποικιλιών για το βάρος σπόρων φυτού ανά τοποθεσία μαζί με τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

**Βάρος χιλίων κόκκων:** Από την ανάλυση της διασποράς για το χαρακτηριστικό αυτό παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών καθώς και σημαντική αλληλεπίδραση. Η ποικιλία με το μεγαλύτερο βάρος χιλίων κόκκων είναι η Simeto με τιμή 5.75 g. Η Simeto διέφερε σημαντικά από τις υπόλοιπες ποικιλίες. Χαμηλότερη τιμή επέδειξε η ποικιλία Iride με μέση τιμή 4,4 g (Πίνακας 3.15). Όσον αφορά την αλληλεπίδραση των ποικιλιών με τα περιβάλλοντα παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική. Για τις ποικιλίες Simeto, Duilio, Άρωνα και Μακεδονία οι μέσες τιμές και για τα δύο περιβάλλοντα δεν διέφεραν σημαντικά. Για το περιβάλλον της Κωπαΐδας οι ποικιλίες Simeto, Άτλας και Εκάβη δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους. Για το περιβάλλον του Γ.Π.Α. οι ποικιλίες Simeto και Άτλας είχαν τις υψηλότερες τιμές για το χαρακτηριστικό αυτό. Τις χαμηλότερες τιμές για το περιβάλλον της Κωπαΐδας την είχε η ποικιλία Duilio και αντίστοιχα η Iride με τη Καρπασία για το πείραμα του Γ.Π.Α. Οι δύο ποικιλίες δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους (Πίνακας 3.13).

**Πίνακας 3.13** Μέσοι όροι των ποικιλιών για το βάρος χιλίων κόκκων και οι συγκρίσεις τους με τη μέθοδο του Tukey.

Ποικιλία-Περιβάλλον	Μέση τιμή		Ποικιλία-Περιβάλλον	Μέση τιμή	
κωπ,Simeto	5,92	a	κωπ,Άρωνας	5,12	de
κωπ,Άτλας	5,61	ab	ΓΠΑ,Εκάβη	5,1	ef
ΓΠΑ,Simeto	5,58	ab	κωπ,Μακεδονία	5,054	efg
κωπ,Εκάβη	5,58	ab	κωπ,Iride	4,72	fgh
κωπ,Άννα	5,54	bc	ΓΠΑ,Μεσαορία	4,72	fgh
ΓΠΑ,Άτλας	5,48	bcd	ΓΠΑ,Μακεδονία	4,69	ghi
κωπ,Matt	5,39	bcde	ΓΠΑ,Ουρανία	4,59	hi
κωπ,Ουρανία	5,38	bcde	ΓΠΑ,Matt	4,57	hi
ΓΠΑ,Duilio	5,32	bcde	ΓΠΑ,Άννα	4,48	hij
κωπ,Duilio	5,31	bcde	ΓΠΑ,Άρωνας	4,31	ijk
κωπ,Καρπασία	5,3	bcde	ΓΠΑ,Iride	4,17	jk
κωπ,Μεσαορία	5,16	cde	ΓΠΑ,Καρπασία	4,04	k

\* Οι ποικιλίες στις οποίες αντιστοιχεί το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά.



**Διάγραμμα 3.10** Μέσοι όροι των ποικιλιών για το βάρος 1000 κόκκων ανά τοποθεσία μαζί με τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

**Λόγος μήκους κολεού/ύψος φυτού:** Για το χαρακτηριστικό αυτό η ανάλυση τη διασποράς παρουσίασε σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών. Οι ποικιλίες

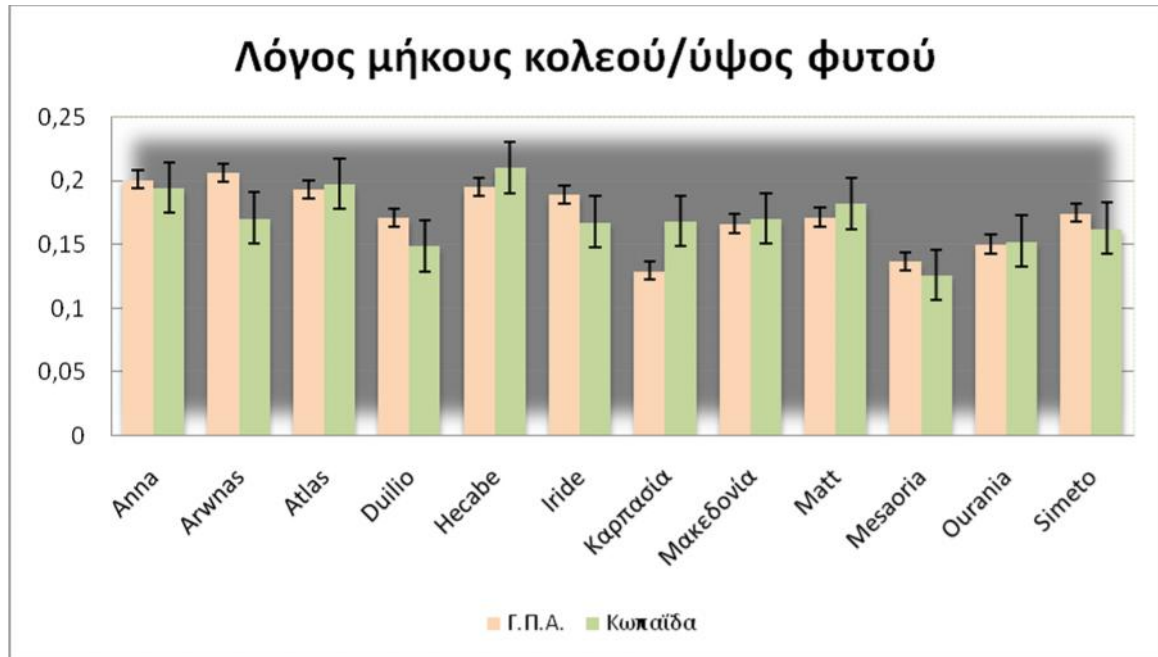
Εκάβη και Άννα επέδειξαν την υψηλότερη τιμή ως προς το λόγο του peduncle length με το ύψος φυτού. Οι υπόλοιπες ποικιλίες επέδειξαν ενδιάμεσες τιμές. Η ποικιλία Μεσσαορία είχε το μικρότερο λόγο με τιμή 0,13.

**Πίνακας 3.14** Μέσοι όροι των ποικιλιών για το λόγο μήκους του κολεού προς το ύψος φυτού και οι συγκρίσεις τους με τη μέθοδο του Tukey.

Ποικιλία- Περιβάλλον	Μέση τιμή		Ποικιλία- Περιβάλλον	Μέση τιμή	
κωπ,Εκάβη	0,217	a	κωπ,Άρωνας	0,171	fg
ΓΠΑ,Άρωνας	0,214	ab	κωπ,Μακεδονία	0,170	fg
ΓΠΑ,Άννα	0,204	abc	κωπ,Καρπασία	0,168	fgh
κωπ,Άτλας	0,197	abcd	κωπ,Iride	0,168	fgh
ΓΠΑ,Εκάβη	0,195	abcd	ΓΠΑ,Μακεδονία	0,166	fghi
κωπ,Άννα	0,195	abcd	κωπ,Simeto	0,163	ghij
ΓΠΑ,Άτλας	0,193	cd	κωπ,Ουρανία	0,153	hijk
ΓΠΑ,Iride	0,189	cde	ΓΠΑ,Ουρανία	0,150	ijk
κωπ,Matt	0,182	def	κωπ,Duilio	0,149	jk
ΓΠΑ,Simeto	0,174	efg	ΓΠΑ,Μεσσαορία	0,137	kl
ΓΠΑ,Matt	0,172	fg	ΓΠΑ,Καρπασία	0,129	l
ΓΠΑ,Duilio	0,171	fg	κωπ,Μεσσαορία	0,126	l

\* Οι ποικιλίες στις οποίες αντιστοιχεί το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά.

Η αλληλεπίδραση των ποικιλιών με τις τοποθεσίες δεν ήταν σημαντική για τις ποικιλίες Εκάβη, Άννα, Άτλας, Matt, Μακεδονία, Ουρανία και Μεσσαορία. Η ποικιλία Εκάβη (0,217) και ο Άρωνας (0,214) είχαν τις μεγαλύτερες τιμές στην Κωπαΐδα και στο Γ.Π.Α. αντίστοιχα χωρίς να διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Τις χαμηλότερες τιμές για το περιβάλλον της Κωπαΐδας επέδειξε η ποικιλία Μεσσαορία και για το περιβάλλον του Γ.Π.Α. η ποικιλία Καρπασία.



**Διάγραμμα 3.11** Μέσοι όροι των ποικιλιών για το λόγο μήκους κολεού προς ύψος φυτού ανά τοποθεσία μαζί με τα τυπικά σφάλματα των μέσων.

**Πίνακας 3.15** Μέσοι όροι των ποικιλιών για τα χαρακτηριστικά βάρος 1000 κόκκων και λόγου μήκους κολεού προς ύψος φυτού και οι πολλαπλές συγκρίσεις τους με τη μέθοδο του Tukey.

Ποικιλίες	Βάρος χιλίων κόκκων	Ποικιλίες	Λόγος μήκους κολεού/ύψους φυτού
Simeto	5,8a	Εκάβη	0,203a
Άτλας	5,5 b	Άννα	0,197ab
Εκάβη	5,3 c	Άτλας	0,196 b
Duilio	5,3 c	Άρωνα	0,189 c
Άννα	5 d	Iride	0,179 d
Ουρανία	5 de	Matt	0,177 d
Matt	4,9 de	Simeto	0,169 e
Μεσαορία	4,9 e	Μακεδονία	0,168 e
Μακεδονία	4,9 ef	Duilio	0,160 f
Άρωνα	4,7 fg	Ουρανία	0,151 g
Καρπασία	4,7 g	Καρπασία	0,149 g
Iride	4,4 h	Μεσαορία	0,131 h

\* Οι ποικιλίες στις οποίες αντιστοιχεί το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά.

### 3.2 Βήμα προς βήμα παλινδρόμηση

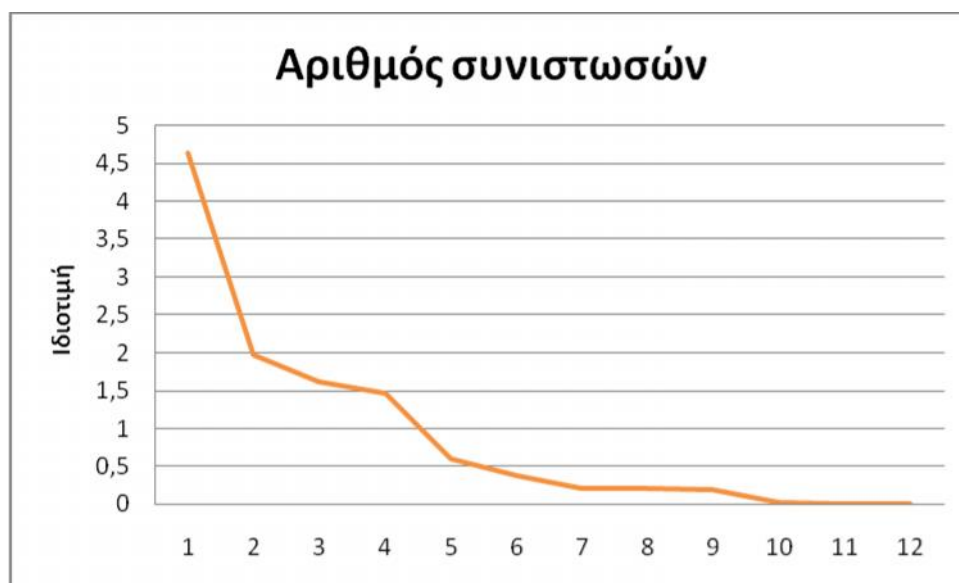
**Πίνακας 3.16 Ιεράρχηση των παραγόντων με βήμα προς βήμα παλινδρόμηση για τις ποικιλίες του πειράματος με εξαρτημένη μεταβλητή το βάρος 1000 κόκκων.**

Παράμετροι	Seq SS	Sig Prob	R Square
Μήκος στάχυ	86,6224	0,0000	0,1108
Βάρος σπόρων κυρίου στάχυ	103,8136	0,0000	0,2437
Αριθμός σπόρων κυρίου στάχυ	180,9358	0,0000	0,4751
Βάρος σπόρων αδελφιών	9,1327	0,0000	0,4868
Αριθμός σπόρων αδελφιών	260,0061	0,0000	0,8195
Πηλίκιο	0,2776	0,1144	0,8198
Μήκος κολεού	1,2287	0,0009	0,8214
Ύψος φυτού	0,5272	0,0288	0,8221
Αριθμός αδελφιών	0,1762	0,2057	0,8223

Στην βήμα προς βήμα παλινδρόμηση εισήχθη ως εξαρτημένη μεταβλητή το βάρος 1000 κόκκων και οι υπόλοιπες μεταβλητές που μετρήθηκαν ως ανεξάρτητες μεταβλητές. Το μήκος του στάχυ είχε το μεγαλύτερο ποσοστό μείωσης του αθροίσματος τετραγώνων του σφάλματος αφού προστέθηκε ως πρώτη μεταβλητή στο μοντέλο. Ακολουθούν τα χαρακτηριστικά του κυρίου στάχυ και έπεται το βάρος των σπόρων των αδελφιών, ακολουθούμενο από τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του ύψους και του λόγου του μήκους κολεού με το ύψος του φυτού και τέλος από τον αριθμό των αδελφιών. Η επίδραση του μήκους του στάχυ παρουσιάζεται και από την αρνητική συσχέτιση (-0,332) με το βάρος χιλίων κόκκων. Αυτό θα μπορούσε να ερμηνευτεί ότι καθώς αυξάνει το μήκος του στάχυ μειώνεται το βάρος του σπόρου και αυτό έχει αρνητική επίδραση στο βάρος χιλίων κόκκων.



### 3.3 Ανάλυση κύριων συνιστωσών



**Διάγραμμα 3.11** Ιδιοτιμές κυρίων συνιστωσών

Η ανάλυση σε κύριες συνιστώσες έδωσε τέσσερις κύριες συνιστώσες. Η κοινή παραγοντική διακύμανση είναι ίση με τη μονάδα, η δε διακύμανση που εξηγείται από την πρώτη κύρια συνιστώσα είναι σε ποσοστό 42,112%. Η διακύμανση που εξηγείται από τη δεύτερη κύρια συνιστώσα, προσθέτει 17,92%, η τρίτη κύρια συνιστώσα προσθέτει ένα ποσοστό της τάξης 14,72% και η τέταρτη κύρια συνιστώσα προσθέτει ένα ποσοστό 13,23%. Συνολικά οι τέσσερις κύριες συνιστώσες εξηγούν ένα 88% της διακύμανσης. Οι υπόλοιπες κύριες συνιστώσες έχουν σύμφωνα με την ιδιοτιμή μικρότερη της μονάδας με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούμε στην ανάλυση μας τις τέσσερις πρώτες κύριες συνιστώσες, αφού έχουν ιδιοτιμή μεγαλύτερη της μονάδας.

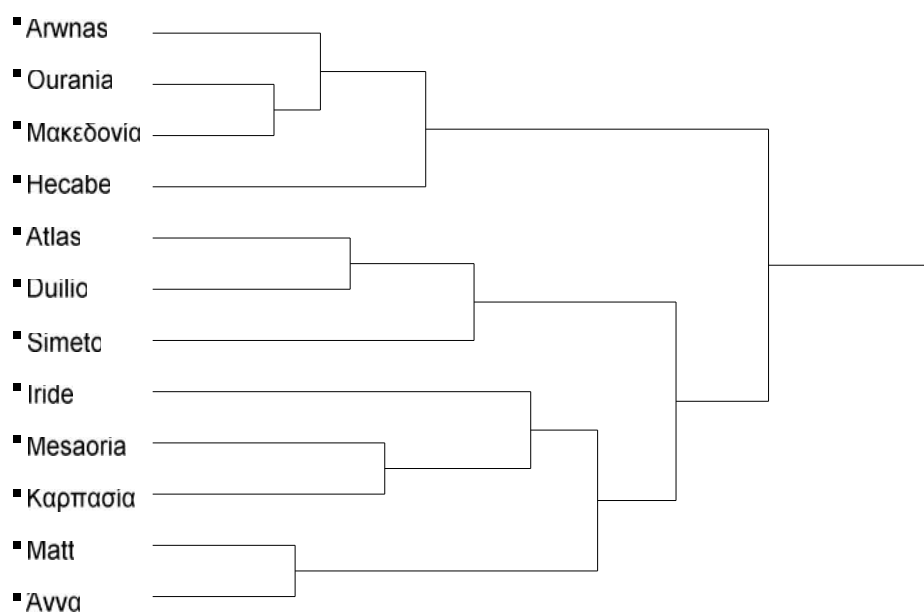
**Πίνακας 3.18** Ανάλυση κύριων συνιστωσών

	1 <sup>η</sup> κύρια συνιστώσα	2 <sup>η</sup> κύρια συνιστώσα	3 <sup>η</sup> κύρια συνιστώσα	4 <sup>η</sup> κύρια συνιστώσα
ύψος φυτού	0,3022	0,2180	0,1628	-0,2492
αριθμός αδερφιών	<b>0,3647</b>	-0,0886	-0,3467	-0,1299
Μήκος κολεού	0,1837	<b>0,6509</b>	0,0345	-0,0468
μήκος στάχυ	0,2713	-0,1793	<b>0,3182</b>	-0,3085

αριθμός σπόρων κ. στάχυ	0,2697	-0,0852	0,5615	0,0583
βάρος σπόρων κ. στάχυ	0,2345	-0,0442	0,5115	0,4105
αριθμός σπόρων αδερφιών	0,4263	-0,1004	-0,2356	-0,0647
βάρος σπόρων αδερφιών	0,4105	-0,0935	-0,2778	0,1918
βάρος σπόρων φυτού	0,4215	-0,0955	-0,1798	0,2427
βάρος 1000 κόκκων	-0,0752	0,0444	-0,0855	0,7400
Λόγος μήκους κολεού/ύψος	0,0803	0,6704	-0,0362	0,0637

Η πρώτη κύρια συνιστώσα ερμηνεύεται από τα χαρακτηριστικά του αδελφώματος που είναι ο αριθμός των αδελφιών και ο αριθμός και το βάρος των σπόρων των αδελφιών (πίνακας 3.18). Η δεύτερη κύρια συνιστώσα ερμηνεύεται από το λόγο του μήκους κολεού με το ύψος και το ίδιο το μήκος του κολεού. Η τρίτη κύρια συνιστώσα ερμηνεύεται από τα χαρακτηριστικά του κύριου στάχυ και η τελευταία από το βάρος χιλίων κόκκων.

### 3.4 Ανάλυση συστάδων



### Διάγραμμα 3.12. Ιεραρχική Ανάλυση συστάδων με τη μέθοδο Ward

Η ανάλυση των συστάδων σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν με τη μέθοδο Ward, ομαδοποίησε τις ποικιλίες του πειράματος σε συστάδες σύμφωνα με τη προέλευση του υλικού από την Κύπρο και την Ιταλία. Η ποικιλία Μεσαορία είναι στη ίδια συστάδα με τη ποικιλία Καρπασία αφού έχουν κοινό πρόγονο την Anhinga. Η ποικιλία Simeto βρίσκεται στη ίδια συστάδα με τη ποικιλία Duilio αφού έχουν κοινό πρόγονο την επιλογή Cappeli. Οι ποικιλίες Matt και Άννα, ομαδοποιήθηκαν μαζί αφού γενικά παρουσίασαν περίπου όμοια συμπεριφορά για τα χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν. Το πιο κοινό χαρακτηριστικό τους είναι η πρωιμότητα όσον αφορά το ξεστάχασμα σε σχέση με τις υπόλοιπες ποικιλίες.

### Πίνακας 3.19. Αποστάσεις ποικιλιών

Αποστάσεις	Leader	Joiner <sup>1</sup>
1,232846158	Ουρανία	Μακεδονία
1,633079100	Matt	Άννα
1,708023044	Άρωνας	Ουρανία
1,929223877	Άτλας	Duilio
2,437217721	Μεσαορία	Καρπασία
2,521864438	Άρωνας	Εκάβη
2,847011582	Άτλας	Simeto
3,047774250	Iride	Μεσαορία
3,988726952	Iride	Matt
4,294659526	Άτλας	Iride
4,911783698	Άρωνας	Άτλας
1,232846158	Ουρανία	Μακεδονία

### 3.5 Συνδυασμένη ανάλυση της διασποράς για έξι ποικιλίες σε έξι περιβάλλοντα

Από την ανάλυση της διασποράς, παρατηρούμε σημαντικές διαφορές όσον αφορά τις ποικιλίες. Επίσης, υπάρχουν διαφορές μεταξύ των περιβαλλόντων αλλά δεν υπάρχει σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των ποικιλιών και των περιβαλλόντων. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα 3.20.

Πίνακας 3.20. Ανάλυση της διασποράς για το χαρακτηριστικό απόδοση για έξι ποικιλίες σε έξι περιβάλλοντα.

	Πηγές παραλλακτικότητας					
	Ποικιλίες	Περιβάλλοντα	Ποικ χ Περιβ.	Επαν. Χ Περι.	σφάλμα	CV(%)
B.ε.	5	5	25	5	72	14,4
Απόδοση	17995305*	252130213*	11157894	197459257*	38575979	

Οι ποικιλίες με την μεγαλύτερη απόδοση ήταν η Εκάβη, η Μακεδονία και η Ουρανία με απόδοση 5461, 5377 και 5352 kg ha<sup>-1</sup> αντίστοιχα. Οι ποικιλίες αυτές δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους (Πίνακας 3.21). Η ποικιλία με την μικρότερη απόδοση ήταν η ποικιλία Καρπασία με μέση απόδοση 4550 kg ha<sup>-1</sup>.

**Πίνακας 3.21 Μέση απόδοση των έξι ποικιλιών και η πολλαπλή σύγκρισή τους με τη μέθοδο του Tukey .**

Ποικιλίες	Απόδοση kg ha <sup>-1</sup>
Εκάβη	5461 a
Μακεδονία	5377 ab
Ουρανία	5352 ab
Μεσαορία	4825 bc
Αρωνας	4762 bc
Καρπασία	4550 c

\* Οι ποικιλίες στις οποίες αντιστοιχεί το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν σημαντικά.

### 3.6 Παλινδρόμηση ως προς το χαρακτηριστικό της απόδοσης

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν οι αποδόσεις των δύο τοποθεσιών εγκατάστασης του πειράματος, μαζί με τις αποδόσεις τεσσάρων τοποθεσιών από την Κύπρο. Ως εξαρτημένη μεταβλητή χρησιμοποιήθηκε η μέση απόδοση σε  $\text{kg ha}^{-1}$  των τεσσάρων επαναλήψεων σε κάθε τοποθεσία και ως ανεξάρτητη μεταβλητή οι περιβαλλοντικοί δείκτες που υπολογίζονται από την αφαίρεση της μέσης απόδοσης όλων των γονοτύπων σ' ένα συγκεκριμένο περιβάλλον από τη μέση απόδοση όλων των γονοτύπων σ' όλα τα περιβάλλοντα. Οι συντελεστές παλινδρόμησης παρουσιάζονται στον πίνακα 3.22.

**Πίνακας 3.22. Μέσες αποδόσεις, συντελεστές συμμεταβολής μαζί με τα τυπικά τους σφάλματα για έξι ποικιλίες και έξι τοποθεσίες.**

Ποικιλίες	Απόδοση $\text{kg ha}^{-1}$	Συντελεστές Παλινδρόμησης
Άρωνας	4762	0,880 $\pm$ 0.093
Εκάβη	5461	0.997 $\pm$ 0.067
Καρπασία	4550	1.085 $\pm$ 0.149
Μακεδονία	5377	1.089 $\pm$ 0.102
Μεσαορία	4825	0,853 $\pm$ 0.058
Ουρανία	5352	1.095 $\pm$ 0.046

Μία προσαρμοσμένη ποικιλία είναι αναγκαίο να διαθέτει συντελεστή παλινδρόμησης κοντά στη μονάδα. Ένας συντελεστής μεγαλύτερος από την μονάδα

μπορεί να δείχνει είτε μεγαλύτερη απόκριση του γονότυπου από το μέσο όρο σε ευνοϊκά περιβάλλοντα, είτε χειρότερη απόκριση από το μέσο όρο σε μη ευνοϊκά περιβάλλοντα. Σε αντίθεση ένας συντελεστής μικρότερος της μονάδας, προσδιορίζει καλύτερη απόκριση σε μη ευνοϊκά περιβάλλοντα είτε χειρότερη από το μέσο όρο απόκριση σε υψηλοαποδοτικά περιβάλλοντα.

Η σύγκριση της απόδοσης μεταξύ των τοποθεσιών, έδειξε ότι η απόδοση σχετίζεται άμεσα με την παροχή και τη διάθεση του νερού. Οι τοποθεσίες Αχέλεια, Μορόκαμπος και Πόλις δέχονται μεγαλύτερη βροχόπτωση από τις τοποθεσίες Ευλότυμπου και Δρομολαξιά που είναι ξηρικές περιοχές.

Οι ποικιλίες Εκάβη και Ουρανία έχουν συντελεστές πρακτικώς ίσους με την μονάδα (σύγκριση με t-test) και επομένως οι αποδόσεις τους θα προσεγγίζουν κάθε φορά το παραγωγικό δυναμικό του περιβάλλοντος. Στην περίπτωση της ποικιλίας Μεσαορίας θα έχουμε αποδόσεις μικρότερες του δυναμικού του περιβάλλοντος. Οι πιο αποδοτικές ποικιλίες αναδείχθηκαν οι ποικιλίες Εκάβη, Ουρανία και Μακεδονία, με την μεν πρώτη να έρχεται πρώτη στα ευνοϊκά περιβάλλοντα ενώ τη ποικιλία Μακεδονία να υπερισχύει στα ξηρικά περιβάλλοντα.

### **3.7 Συντελεστές συσχέτισης με εφαρμογή Πολυμεταβλητής Ανάλυσης**

Στη πολυμεταβλητή ανάλυση όλων των χαρακτηριστικών (πίνακας 3.22), παρατηρείται σχετική ομοιογένεια μεταξύ των μορφολογικών και των χαρακτηριστικών απόδοσης του φυτού. Το ύψος φυτού είχε μεγάλη θετική συσχέτιση με το μήκος του στάχου και το μήκος του κολεού. Αντίστοιχα τα συστατικά της απόδοσης συσχετίζονταν μεταξύ τους θετικά. Το βάρος των χιλίων κόκκων είχε αρνητική συσχέτιση με το μήκος στάχου, τον αριθμό των αδελφιών και το ύψος φυτού.

Πίνακας 3.22. Συντελεστές συσχέτισης Πολυμεταβλητής Ανάλυσης

	ΥΦ	ΑΑ	ΜΚ	ΜΣ	ΑΣΚ	ΒΣΚ	ΑΣΑ	ΒΣΑ	ΒΣΦ	ΒΧ	Π
Υψος φυτού	1	0,4099	0,5654	0,4782	0,3687	0,2867	0,4637	0,3843	0,3166	-0,2146	0,2061
Αριθμός αδελφιών	0,4089	1	0,2044	0,3445	0,1723	0,0991	0,8496	0,7843	0,6144	-0,2038	0,0548
Μήκος κολεού	0,5654	0,2044	1	0,0509	0,1336	0,1370	0,2308	0,2131	0,1789	-0,0360	0,9201
μήκος στάχυ	0,4782	0,3445	0,0509	1	0,5136	0,3358	0,4305	0,3263	0,2990	-0,3234	-0,1643
Αριθμός σπόρων κυρίου στάχυ	0,3687	0,1723	0,1336	0,5136	1	0,7747	0,3774	0,3125	0,4093	-0,2072	-0,0090
βάρος σπόρων κυρίου στάχυ	0,2867	0,0991	0,1370	0,3358	0,7747	1	0,2619	0,3364	0,4673	0,2334	0,0338
αριθμός σπόρων αδελφιών	0,4637	0,8496	0,2308	0,43050	0,3774	0,2619	1	0,9260	0,9055	-0,2453	0,06544
βάρος σπόρων αδελφιών	0,3843	0,7843	0,21311	0,3263	0,3125	0,33644	0,9260	1	0,98838	0,0881	0,0808
βάρος σπόρων φυτού	0,3166	0,6144	0,1789	0,2990	0,4093	0,4673	0,9055	0,9883	1	0,1218	0,0668
βάρος 1000 κόκκων	-0,2146	-0,2038	-0,0360	-0,3234	-0,2072	0,23345	-0,2453	0,0881	0,1218	1	0,0604
πηλίκιο	0,2061	0,0548	0,9201	-0,1643	-0,0090	0,0338	0,0654	0,0808	0,0668	0,0604	1
Υψος φυτού	1	0,4099	0,5654	0,4782	0,3687	0,2867	0,4637	0,3843	0,3166	-0,2146	0,2061

#### 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

---

Η ανάλυση της διασποράς για όλα τα χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν, ήταν στατιστικά σημαντική. Επιπρόσθετα, η αλληλεπίδραση μεταξύ των ποικιλιών με τις δύο τοποθεσίες του πειράματος ήταν στατιστικά σημαντική. Τα χαρακτηριστικά με την μεγαλύτερη παραλλακτικότητα ήταν το ύψος φυτού, το μήκος στάχυ, ο αριθμός αδελφιών, ο αριθμός σπόρων αδελφιών και το βάρος σπόρων αδελφιών. Αυτά τα χαρακτηριστικά διαχώρισαν περισσότερο τις ποικιλίες και ανέδειξαν περισσότερο την αλληλεπίδραση του γονότυπου με το περιβάλλον. Τα χαρακτηριστικά αυτά αναδείχθηκαν και από τις πολυμεταβλητές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια της παρούσας εργασίας αφού παρατηρήθηκε ότι εισήγαγαν μεγάλο ποσοστό παραλλακτικότητας.

Για το χαρακτηριστικό βάρος χιλίων κόκκων, αν και η ανάλυση της διασποράς ανέδειξε σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ γονότυπου-περιβάλλοντος, υπήρξαν ποικιλίες που η μέση τιμή τους δεν διέφερε σημαντικά και στα δύο περιβάλλοντα. Επίσης, το χαρακτηριστικό αυτό αναδείχθηκε από την ανάλυση κυρίων συνιστωσών καθώς προσθέτει ένα ποσοστό της τάξης του 13,23% στην συνολική διακύμανση. Το βάρος χιλίων κόκκων μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης για έμμεση επιλογή γονοτύπων στα πειράματα βελτίωσης, όπως έχει αναφερθεί και από άλλους ερευνητές (Mohammadi et al., 2011). Εξάλλου θεωρείται γενετικά το πιο αξιόπιστο συστατικό της απόδοσης. Στο περιβάλλον της Κωπαΐδας φάνηκε να υπερτερεί το χαρακτηριστικό αυτό σε σχέση με το περιβάλλον της Γεωπονικής λόγω της αρνητικής συσχέτισης που υπάρχει με τον αριθμό σπόρων του στάχυ.

Ένα χαρακτηριστικό που χρήζει ιδιαίτερης μελέτης είναι ο λόγος του μήκους κολεού προς το ύψος φυτού. Αν και η αλληλεπίδραση των ποικιλιών με τις δύο τοποθεσίες ήταν σημαντική, ο λόγος δεν διέφερε σημαντικά για τις επτά από τις δώδεκα ποικιλίες του πειράματος. Ο έλεγχος της διαπίστωσης αυτής θα πρέπει να διερευνηθεί διεξοδικά ως προς τη σταθερότητα του σε πειράματα στο χώρο και στο χρόνο.



Ως προς το ύψος των φυτών, αναδείχθηκε από την ανάλυση της διασποράς, σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των ποικιλιών. Στο περιβάλλον της Γεωπονικής, όλες οι ποικιλίες ήταν ψηλότερες απ' ό,τι στο περιβάλλον της Κωπαΐδας. Αυτό οφείλεται στις διαφορετικές περιβαλλοντικές μεταβλητές των δύο τοποθεσιών, όπως η φωτοπερίοδος και η θερμοκρασία. Οι διαφορές αυτές στα δύο περιβάλλοντα επηρέασαν κατά πολύ και το βιολογικό κύκλο των φυτών. Στο περιβάλλον της Κωπαΐδας υπήρχε υστέρηση ως προς την ημερομηνία ξεσταχύσματος κατά 20 με 30 ημέρες παρόλο που η σπορά είχε γίνει μια εβδομάδα νωρίτερα στην Κωπαΐδα σε σχέση με την Γεωπονική σχολή.

Ως προς τα χαρακτηριστικά του κύριου στάχυ, οι ποικιλίες παρουσίασαν υπέρμετρες τιμές σε σχέση με το περιβάλλον της Κωπαΐδας.

Αναλυτικότερα για τις ποικιλίες η ποικιλία Εκάβη φαίνεται να υπερτερεί σε πολλά από τα χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν. Αναδείχθηκε ως η πιο παραγωγική ποικιλία αφού υπερτερεί στα χαρακτηριστικά του κυρίου στάχυ και έχει ικανοποιητική απόδοση σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά που έχουν σχέση με το αδελφωμα. Ως προς τον βιολογικό κύκλο, αναδείχθηκε ως μεσοπρώιμη ποικιλία. Επιπρόσθετα, από την ανάλυση της διασποράς της απόδοσης στα έξι περιβάλλοντα (2 τοποθεσίες στην Ελλάδα και τέσσερις στην Κύπρο) αναδείχθηκε η πιο παραγωγική χωρίς να διαφέρει από τις ποικιλίες Μακεδονία και Ουρανία.

Η ποικιλία Simeto, είχε το μεγαλύτερο βάρος 1000 κόκκων σε σχέση με τις υπόλοιπες ποικιλίες. Γενικά υπερτερεί στα χαρακτηριστικά του κυρίου στάχυ εξαιτίας του μικρού αριθμού σπόρων τα οποία έχουν μεγάλο βάρος. Ως προς τα χαρακτηριστικά του αδελφώματος οι τιμές της ήταν κάτω από το μέσο όρο. Επομένως, σε συνθήκες καλλιεργητή, θα μπορούσε να αποδώσει πολύ καλά σε πυκνή σπορά και σε αγρούς με μεγάλες εισροές.

Οι ποικιλίες Ματτ και Άννα παρουσιάστηκαν ως ιδιαίτερα πρώιμες σύμφωνα με τις ημέρες ξεσταχύσματος γεγονός που μπορεί να αξιοποιηθεί σε προγράμματα βελτίωσης που επιζητείται η πρωιμότητα.

Ως προς την ανάλυση της προσαρμοστικότητας των έξι επιλεγμένων ποικιλιών, αναδείχθηκε η γενική προσαρμογή των ποικιλιών Εκάβης και Ουρανίας, κάτι που έρχεται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα των Josephides και Kyratzis, (2007).

## 5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

- Allard R.W. and Bradshaw A.D., (1964). Implications of genotype-environment interactions in applied plant breeding. *Crop Sci.*, 4: 503-508.
- Alpert P. and Simms E.L., (2002). The relative advantages of plasticity and fixity in different environments: when is it good for a plant to adjust? *Evolutionary Ecology* 16, 285-297.
- Araus J.L., Slafer G.A., Reynolds M.P. and Royo C., (2002). Plant breeding και drought in C<sub>3</sub> cereals: What should we breed for? *Annals of Botany* 89: 925-940.
- Baker R.J., (1988). Analysis of genotype-environmental interactions in crops. *ISI Atlas of Science: Animal και Plant Science* 1, 1-4. Byth, D.E. (1981). Genotype x environment interaction και environmental adaptation in plant improvement - an overview. In: Byth, D.E. and Mungomery, V.E. (eds) *Interpretation of Plant Response και Adaptation to Agricultural Environments*. Australian Institute of Agricultural Science, Queensl and Branch, pp. 2-10.
- Byrnes B.H. and B.L. Bumb, (1998). Population growth, food production και nutrient requirements. *J. Crop Prod.* 2: 1-27.
- Byth D.E., Eisemann R.L. and DeLacy I.H., (1976). Two way pattern analysis of a large data.
- Braun H.-J., Payne, T.S., Morgounov, A.I., van Ginkel, M. and Rajaram, S., (1998). The challenge: one billion tons of wheat by 2020. In: A.E. Slinkard, ed. *Proc. 9th Int. Wheat Genetics Symp.*, 2-7 Aug., vol. 1. Saskatoon, Saskatchewan, Canada, University Extension Press, University of Saskatchewan.
- Bray E.A., Bailey-Serres J. and Weretilnyk E., (2000). Responses to abiotic stresses. In: Gruissem W., Buchannan B. and Jones R (eds) *Biochemistry και molecular biology of plants*. American Society of Plant Physiologists, Rockville, MD, pp 1158–1249.

- Bushuk W., (1998). Wheat breeding for end-product use. *Euphytica* 100: 137–145, Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.
- Brennan P.S., Byth D.E., Drake D.W., DeLacy I.H. and Butler D.G., (1981). Determination of the locations and number of test environments for a wheat cultivar evaluation program. *Aust. J. Agric. Res.*, 32: 189-201.
- Briggle L.W., (1980). Origin και botany of wheat. In: E. Häfliger, ed. *Wheat documenta Ciba gegy*, p. 6-13. Basle, Switzerland.
- Ceccarelli S., Acevedo E. and Grandó S., (1991). Breeding for yield stability in unpredictable environments: single traits, interaction between traits, and architecture of genotypes. *Euphytica*, 56: 169-185.
- CIMMYT., (1996). CIMMYT 1995-96 world wheat facts και trends: understanding global trends in the use of wheat diversity και international flows of wheat Genetic resources. Mexico, DF.
- Clements R.J., Hayward M.D. and Byth D.E., (1983). Genetic adaptation in pasture plants. In: McIvor, J.G. και Bray, R.A. (eds) *Genetic Resources of Forage Plants*. CSIRO, East Melbourne, pp. 101-115.
- Comstock R.E. and Moll R.H., (1963) Genotype-environment interactions. In: Hanson, W.D. and Robinson, H.F. (eds) *Statistical Genetics και Plant Breeding*. NAS-NRC, Publication 982, Washington D.C., pp. 164-196.
- Cooper M. and Hammer G.L., (2005). *Plant adaptation και Crop improvement*. CAB INTERNATIONAL, Australia.
- Cornelius P.L., Crossa J. and Seyedsadr M., (1996). Statistical tests και estimators for multiplicative models for cultivar trials. Pages 199-234 in M.S. Kang and H.G. Gauch, Jr., eds. *Genotype-by-environment interaction*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Cornelius P.L. and Seyedsadr M., (1997). Estimation of general linear-bilinear models for two-way tables. *J. Stat. Comput. Sim.* 58: 287-322.

- CPVO-TP/120/2/Final English, (2003). Protocol For Distinctness, Uniformity και Stability Tests, *Triticum durum* Desf.
- Crossa J., Burgueno J., Cornelius P. L., McLaren G., Trethowan, R. and Krishnamachari, A., (2006). Modeling genotype x environment interaction using additive genetic covariances of relatives for predicting breeding values of wheat genotypes. *Crop Sci.* 46: 1722-1733.
- Crossa J., Mateo Vargas, and Arun Kumar Joshi, (2010). Biometrics και Statistics Unit, Crop Research Informatics Laboratory, International Maize και Wheat Improvement Center (CIMMYT), Apdo. Postal 6-641, 06600 Mexico DF, Mexico; Universidad Autonoma de Chapingo, Chapingo, Mexico; και Global Wheat Breeding Program, CIMMYT.
- Curtis B.C., (2002). Wheat in the word. In: Bread Wheat, Improvement και Production. Plant Production και Protection Series, Food και Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Διαμαντόπουλος Χρήστος και Μήτσης Τερτυλλιανός (2011). Γεωργία-Κτηνοτροφία, τεύχος 8/2011, εκδόσεις Αγρότυπος.
- Denis J.-B., (1988). Two-way analysis using covariates. *Statistics* 19: 123-132.
- Dhungana P., (2004). Structural equation modeling of genotype x environment interaction. Ph.D. Dissertation, University of Nebraska, Lincoln, NE.
- Di Fonzo N., Ravaglia S., De Ambrosio E., Blanco A. and Troccoli A., (2005). Durum Wheat Improvement in: Italy in Durum Wheat Breeding, Current Approaches και Future Strategies , volume 2. Food Products Press. An Imprint of the Haworth Press, Inc. New York, London και Oxford.
- Dorofeev V.F., Filatenko A.A., Migushova E.F., Udaczin R.A. and Jakubziner M.M., (1979). Wheat. In: Dorofeev VF, Korovina ON (eds) *Flora of Cultivated Plants*, vol 1. Leningrad, Russia.

- Dvorak J., Luo M.C., and Akhunov E.D., (2011) N.I. Vavilov's theory of centers of diversity in light of current understanding of wheat diversity, domestication και evolution. *Czech J genet Plant Breed* (in press).
- Dvorak J., Akhunov E.D., Akhunov A.R., Deal K.R. and Luo M.C., (2006) Molecular characterization of a diagnostic DNA marker for domesticated tetraploid wheat provides evidence for gene flow from wild tetraploid wheat to hexaploid wheat. *Mol Biol Evol* 23:1386–1396.
- Dvorak, J., Terlizzi P.D, Zhang H.B. and Resta P., (1993). The evolution of polyploid wheats: Identification of the A genome donor species. *Genome*, 36: 21-31.
- Eberhart, S. A. and Russell, W. A., (1966). Stability parameter for comparing varieties. *Crop Sci.* 6:36-1-0.
- Evans L.T., (1998). *Feeding the Ten Billion: Plants και Population Growth*,: Cambridge University Press.
- Falconer, D.S., (1952) Selection for large and small size in mice. *Journal of Genetics* 51: 470–501.
- Feldman M and Kislev M.E., (2007) Domestication of emmer wheat και evolution of free-threshing tetraploid wheat. *Israel J Plant Sci* 55: 207–221.
- Feldman M., (2001). Origin of cultivated wheat. In A.P. Bonjean και W.J. Angus, eds., *The World Wheat Book: A History of Wheat Breeding*. Lavoisier, New York, pp. 3-58.
- Finlay K.W. and Wilkinson G.N., (1963) The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Australian Journal of Agricultural Research* 14, 742-754.
- Finney K. F., Yamazaki W. T, Youngs Y. L. and Rubenthaler G. L., (1987). Quality of hard, soft και durum wheats pp 677-748. In E. G. Heyne (ed.) *Wheat και wheat improvement*. American Society of Agronomy. Inc., Madison, USA, Agronomy Series No 13, Second edition.

- Gabriel K.R., (1971). The biplot-graphical display of matrices with applications to principal components analysis. *Biometrika* 58, 453-467.
- Gauch H.G.Jr., (1988). Model selection και validation for yield trials with interaction. *Biometrics* 44: 705-715.
- Gill B. S., Sood S., Kuraparthi V., Friebe Simons K.J., Zhang Z. and Faris J.D., (2007) Genetics και genomics of wheat domestication-driven evolution. *Isr J Plant Sci* 55: 223–229.
- Gollob H.F., (1968). A statistical model which combines features of factor analytic and analysis of variance techniques. *Psychometrika*, 33: 73-115.
- Gooding M.J. and Davies W.P., (1997). Wheat production και utilization. Systems, Quality και the Environment, (Eds) CAB International, Cambridge, UK, pp. 355.
- Gregorius H. R. and Namkoong G., (1986). Joint analysis of genotype and environmental functions. *Theoretical and Applied Genetics*, 72: 413-422.
- Gustafson P., Raskina O., Ma X. and Nevo E., (2009) Wheat evolution, domestication, και improvement. In: Carver BF (ed) *Wheat: science και trade*. Wiley, Danvers, pp 5–30.
- Haldane J.B.S., (1946) The interaction of nature και nurture. *Annals of Eugenics* 13, 197-205.
- Helland I. S., (1988). On the structure of partial least squares. *Commun. Stat. Part B Sim. Comput.* 17: 581-607.
- Heun M., Schafer-Pregl R., Klawan D., Castagna R., Accerbi M., Borghi B. and Salamini F., (1997) Site of einkorn wheat domestication identified by DNA fingerprinting. *Science* 278:1312–1314.
- Hillman G. and Davies S., (1990) Measured domestication rates in wild wheats και barley under primitive cultivation, και their archaeological implications. *J World Prehistory* 4:157–222. Όπως αναφέρεται από Mac Key J., (2005). *Wheat: Its Concept, Evolution και Taxonomy*. In *Durum Wheat Improvement in: Italy in Durum Wheat Breeding, Current Approaches και Future Strategies*, volume 1. Food Products Press. An Imprint of the Haworth Press, Inc. New York, London και Oxford.

- Huang S., Sirikhachornkit A., Su X., Faris J., Gill B., Haselkorn R. and Gornicki P., (2002) Genes encoding plastid acetyl-CoA carboxylase και 3-phosphoglycerate kinase of the Triticum/Aegilops complex και the evolutionary history of polyploid wheat. *Proc Natl Acad Sci USA* 99:8133–8138.
- I.Γ.Ε., (2005). Προοπτικές και μέτρα στήριξης του τομέα των σιτηρών, Τομέας Δημοσιότητας Κλάδου Γεωργικών Εφαρμογών, Λευκωσία, Κύπρος.
- Inda L.A., Segarra-Moragues Jose´ Gabriel, Muller Jochen, Peterson Paul M. and Catalan Pilar, (2008) Dated historical biogeography of the temperate LoHinae (Poaceae, Pooideae) grasses in the northern και southern hemispheres. *Mol Phylogenet Evol* 46: 932–957.
- Johnson B.L. and Dhaliwal H.S., (1976) Reproductive isolation of Triticum boeoticum και Triticum urartu and the origin of the tetraploid wheats. *Am J Bot* 63:1088–1094.
- Josephides C.M., (1992). Analysis of adaptation of barley, triticale, durum και bread wheat under Mediterranean conditions. *Euphytica* 65: 1-8.
- Josephides C.M., (1994). Macedonia: A new high yielding και high quality durum wheat cultivar. Technical Bulletin 163, Agricultural Research Institute, Nicosia. 8p.
- Josephides C.M., (1997). Η νέα ποικίλα σκληρού σιταριού ‘Μακεδονία’. *Αγρότης*, τεύχος 395: 17-18. Εκδόσεις Γραφείου Τύπου και Πληροφοριών του Υπουργείου Προεδρίας.
- Josephides C.M., (2003). Cultivation και Use of the new ARI Durum Wheat Cultivar Hecabe. Technical Bulletin 212, ISSN 0070-2315.
- Josephides C.M. and Kyratzis A.K., (2007). Ourania, Kholina και Josephina, Three New Durum Wheat Cultivars Adapted to Cyprus Conditions. Technical Bulletin 229, ISSN 0070-2315.
- Καλτσίκης, Π.Ι., (1990). Πίνακες Γεωργικού Πειραματισμού. Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Πειραιάς.
- Καλτσίκης, Π.Ι., (1992). Ειδική Βελτίωση Φυτών. Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Πειραιάς.
- Καλτσίκης, Π.Ι., (1997). Απλά Πειραματικά Σχέδια. Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Πειραιάς.
- Καλτσίκης, Π.Ι., (1989). Βελτίωση Φυτών. Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Πειραιάς.
- Kang M.S., (1993). Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: consequences for growers. *Agron. J.*, 85: 754-757.

- Kang M.S., (1998). Using Genotype by environment interaction for crop cultivar development. *Advances in Agronomy* 62, 199-252.
- Καραμάνος, Α.Ι., (1994). Τα σιτηρά των εύκρατων κλιμάτων. Εκδόσεις Ελληνική Λιθογραφία, Αθήνα.
- Kilian B., Ozkan H., Walther A., Kohl J., Dagan T., Salamini F. and Martin W., (2007) Molecular diversity at 18 loci in 321 wild και 92 domesticate lines reveal no reduction of nucleotide diversity during *Triticum monococcum* (einkorn) domestication: Implications for the origin of agriculture. *Mol Biol Evol* 24: 2657–2668.
- Kislev M.E., Nadel D. and Carmi I., (1992) Epipalaeolithic (19,000 BP) cereal και fruit diet at Ohalo II, Sea of Galilee, Israel. *Rev Palaeobot Palynol* 73:161–166.
- Kislev, M.E., (1980). *Triticum parvicoccum* sp. Nov., the oldest naked wheat. *Israel Journal of Botany*, 28: 95-107.
- Lee, M., (1995). DNA markers και plant breeding programs. *Advances in Agronomy* 55, 265-344.
- Lin C.S., Binns M. R. and Lefkovitch L.P., (1986). Stability Analysis: Where do we stand ? *Crop Science* 26(5) pp 894-900.
- Mandel J., (1971). A new analysis of variance model for non-additive data. *Technometrics*, 13: 1-18.
- Manjit S. Kang M.S, (2001). *Quantitative Genetics, Genomics και Plant Breeding*. Cabi Publishing.
- Mohammadi M., Karimizadeh R., Shefazadeh K.M., and Sadeghzadeh B., (2011). Statistical analysis of durum wheat yield under semi-warm dryland condition. *Australian Journal of Crop Science* 5(10):1292-1297.
- Morris R. and E.R. Sears., (1967). The cytogenetics of wheat και its relatives. In: *Wheat και Wheat Improvement*. K.S. Quisenberry και L.P. Reitz (Editors) American Society of Agronomy, Madison, Wisc.
- Nyquist WE., (1991) Estimation of heritability και prediction of selection response in plant populations. *Critical Reviews in Plant Science* 10(3), 235-322.
- Orlov A.A., (1923). The geographical center of origin και the area of cultivation of durum wheat—*T. durum* Desf. *Bulletin of Applied Botany και Plant Breeding*, 13.
- Ortiz R., Crossa J., Vargas M. and Izquierdo J., (2006). Studing the effect of environment variables on the genotype x environment interaction of tomato. *Euphitica* 153: 119-134.



- Palumbo M. and Boggini, G., (1994). Comparison of durum-wheat bread wheat και barley in a Mediterranean environment. *Cereal Research Communications*.
- Piepho, H. P. and Mohring, J., (2005). Best linear unbiased prediction of cultivar effects for subdivided target regions. *Crop Sci.* 45: 1151-1159.
- Peng J.H., Dongfa S. and Eviatar N., (2011). Domestication evolution, *Genetics και Genomics in wheat*. *Mol Breeding* 28: 281–301.
- Peng J.H., Ronin Y., Fahima T., Roder M.S., Li Y.C., Nevo E. and Korol A., (2003) Domestication quantitative trait loci in *Triticum dicoccoides*, the progenitor of wheat. *Proc Natl Acad Sci USA* 100:2489–2494.
- Percival J., (1921). *The wheat plant. A monograph*. New York, NY, USA, E.P. Dutton & Company.
- Perkins, J.M. and Jinks, J.L., (1968). Environmental and genotype-environmental components of variability. III. Multiple lines and crosses. *Heredity*, 23: 339-356.
- Perrino P., Laghetti G., D’Antuono L.F., Al Ajlouni M., Kanbertay M., Szabo A.T. and Hammer K., (1996) Ecogeographical distribution of hulled wheat species. In: Padulosi S, Hammer K, Heller J (eds) *Hulled wheats*. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, pp 102–118
- Philips S., (1995). Poaceal. In I. Hedberg και S. Edwards, eds., *Flora of Ethiopia και Eritrea*. Department of Systematic Botany, Uppsala University, Sweden, και the National Herbarium, Adolis Ababa University, Ethiopia, Volume 7, pp. 59-63.
- Pugsley A. T., (1983). *Euphytica* 32 743-748. *The Impact of Plant Physiology. On Australian Wheat Breeding*. Australia.
- Rajaram S., van Ginkel M. and Fischer, R.A., (1995). CIMMYT’s wheat breeding mega-environments (ME). In *Proceedings of the 8th International Wheat Genetics Symposium*, Jul. 19-24 1993. Beijing, China.
- Rosegrant M. W., Agcaoili-Sombilla M. and Perez N.D., (1995). *Global food projections to 2020: implications for investment*. Food Agriculture και Environment Discussion Paper No. 5. Washington, DC, IFPRI.
- Sakamoto S., (1973). Patterns of phylogenetic differentiation in the tribe Triticeae. *Seiken Zihō* 24: 11-31.

- Salamini F., Ozkan H., Brandolini A., Schafer-Pregl R. and Martin W., (2002). Genetics and Geography of wild cereal domestication in the Near East. *Nat Rev Genet* 3:429–441.
- Sall J., Creighton L. and Lehman A., (2007). *JMP Start Statistics, A Guide to Statistics and Data Analysis Using JMP*. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Saunders D.A. and Hettel, G.P., (1994). Wheat in heat stressed environments: irrigated, dry areas και rice-wheat farming systems. Mexico, DF, CIMMYT.
- Scholberg J, McNeal B.L., Boote K.J., Jones J.W., Locascio S.J. and Olson S.M., (2000) Nitrogen stress effects on growth and nitrogen accumulation by field-grown tomato. *Agron J* 92:159–167.
- Singh, M., Ceccarelli, S. and Grando, S.(1999). Genotype x environment interaction of cross-over type: detecting its presence and estimating the crossover point. *Theor. Appl. Genet.*, 99: 988-995.
- Slafer G.A., and Otegui M.O., (2000). Is there a niche for physiology in future genetic improvement of maize yields? In M.O. Otegui, και G.A. Slafer (Eds.), *Physiological Bases for Maize Improvement*. Binghamton, NY: The Haworth Press, pp. 1-13.
- Silvey, V., (1981) The contribution of new wheat, barley and oat varieties to increasing yield in England and Wales 1947–78. *Journal of National Institute of Agricultural Botany* 15: 399–412.
- Stapper M. and Fischer R.A., (1990). Genotype, sowing date και planting spacing influence on high-yielding irrigated wheat in southern New South Wales. I. Phasic development, canopy growth και spike production. *Aust. J. Agric. Res.* 41: 997-1019.
- Συμιλλίδης Γ., (2003). Ταυτοποίηση και σχέσεις ποικιλιών σίτου. Εργαστήριο Βελτίωσης Φυτών και Γεωργικού Πειραματισμού. Εκδόσεις Γ.Π.Α., Αθήνα.
- Tanno K. and Willcox G., (2006) How fast was wild wheat domesticated? *Science* 311:1886.

- Valamoti S.M., (2002). Food remains from Bronze Age Archondiko και Mesimeriani Touba in northern Greece? *Veget. Hist. Archaeobot* 11:17–22.
- Vavilov, N.I., (1931). The wheat to Abyssinia και their place in the general system of wheat. *Bulletin of Applied Botany, Genetics, και Plant Breeding, Supplement* 51.
- Via S., (1984). The quantitative genetics of polyphagy in an insect herbivore. I. genotype-environment interaction in larval performance of different host plant species. *Evolution* 38, 881-895.
- Warrington I.J., Dunstone R.L. and Green L.M., (1977). Temperature effects at three development stages on the yield of the wheat ear. *Australian Journal of Agriculture Research* 28: 11-27.
- Williams E.J., (1952). The interpretation of interactions in factorial experiments. *Biometrika* 39:65-81.
- Willcox G., (2004) Measuring grain size και identifying Near Eastern cereal domestication: evidence from the Euphrates valley. *J Archaeol Sci* 31:145–150.
- Zeven A.C. and Zhukovsky, P.M., (1975). *Dictionary of Cultivated Plants και Their Centres of Diversity*. Wageningen University, the Netherlands.
- Zohary D, and Hopf M. (2000). *Domestication of plants in the Old World*. 3rd edn. 316pp. New York: Oxford University Press.
- Χατζηχριστοδούλου Α. και Καρής Α., (1985). Καρπασία, νέα ποικιλία σκληρού σιταριού. *Αγρότης* 343: 20-21. Εκδόσεις Γραφείου Τύπου και Πληροφοριών του Υπουργείου Προεδρίας.
- Yates F. and Cochran W.G., (1938). The analysis of groups of experiments. *Journal of Agricultural Science* 28, 556-580.

## **Ιστοσελίδες**

<http://www.cerealinstitute.gr/index.php/el/antikeimena/sitari/22-AΓΓInikes-plirofories-sitari>

<http://faostat3.fao.org/home/index.html>

<http://wheatpedigree.net>.

<http://www.ari.gov.cy/>

## **6 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ**

---

## Παράρτημα Α

Αρκετά αγρονομικά χαρακτηριστικά των ποικιλιών που χρησιμοποιήθηκαν στη παρούσα διατριβή υπάρχουν στο παράρτημα Α (Πίνακας 1). Οι πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά των ποικιλιών προέρχονται από τις ιστοσελίδες των διατηρητών, τα περιοδικά 'Αγρότης' (Τριμηνιαίο περιοδικό του Υπουργείου Γεωργίας και Φυσικών Πόρων Κύπρου), το περιοδικό 'Γεωργία- Κτηνοτροφία' και τα τεχνικά δελτία που εκδίδει το Ινστιτούτο Γεωργικών Ερευνών (Ι.Γ.Ε.) της Κύπρου.

**Πίνακας 1.** Αγρονομικά χαρακτηριστικά των ποικιλιών της παρούσας διατριβής.

<b>Άρωνας</b>	
<b>Μορφολογικά χαρακτηριστικά</b>	
Ύψος	(83 ± 4 cm)
<b>Αγρονομικά χαρακτηριστικά</b>	
Αδέλφωμα	287± 23/m <sup>2</sup>
Βάρος 1000 κόκκων	45± 8 γρ
Απόδοση	422± 13 κιλά/ στρ

<b>Καρπασία</b>	
<b>Μορφολογικά χαρακτηριστικά</b>	
Ύψος	(80± 5 cm)
<b>Αγρονομικά χαρακτηριστικά</b>	
Αδέλφωμα	284 ± 27/m <sup>2</sup>
Βάρος 1000 κόκκων	40± 3 γρ
Απόδοση	356± 17 κιλά/ στρ

<b>Μεσαορία</b>	
<b>Μορφολογικά χαρακτηριστικά</b>	
Ύψος	(73± 4 cm)
<b>Αγρονομικά χαρακτηριστικά</b>	
Αδέλφωμα	294± 33/m <sup>2</sup>
Βάρος 1000 κόκκων	43± 3 γρ
Απόδοση	415± 13 κιλά/ στρ

Πηγή Ινστιτούτο Γεωργικών Ερευνών Αθήλασσας

**Εκάβη:** Τα κύρια αγρονομικά χαρακτηριστικά της, με εξαίρεση το πιο μεγάλο μέγεθος των κόκκων της, είναι παρόμοια με της Μακεδονίας. Αυτό της παρέχει το πλεονέκτημα να παράγει ικανοποιητικό μέγεθος σιταριού με αποδεκτές εμπορικές προδιαγραφές, ακόμη και στις δύσκολες ξηροθερμικές συνθήκες. Σχετικά με τη μεταποιητική της ικανότητα, η Εκάβη υπερτερεί στο κιτρινωπό χρώμα του παραγόμενου σιμιγδαλιού έναντι των μέχρι σήμερα καλλιεργούμενων ποικιλιών και η ποιότητα της γλουτένης της ικανοποιεί τις απαιτήσεις της ντόπιας μεταποιητικής βιομηχανίας για την παρασκευή επιθυμητής ποιότητας ψωμιού και μακαρονιών. Έχει μέσο ύψος κατά την ωριμότητα και διαθέτει ανθεκτικότητα στο πλάγιασμα. Είναι πρώιμη ποικιλία με μεγάλη απόδοση χάρη στο μεγαλύτερο βάρος των σπόρων ανά στάχυ.

**Μακεδονία:** Είναι κοντή ποικιλία, η οποία δημιουργήθηκε μετά από πετυχημένη διασταύρωση της καλλιεργούμενης ποικιλίας Καρπασίας και της αμερικάνικης VIC. Ο στάχυς της είναι μέσης συμπίεσης, λευκός, με άγανα λευκά σχεδόν παράλληλα με το στάχυ, χαρακτηριστικά που δεν είναι ενδεικτικά της αναμενόμενης σοδειάς. Είναι πρώιμη ποικιλία με πλούσιο αδέλφωμα, μεγάλη αντοχή στο πλάγιασμα και μεγάλη προσαρμοστικότητα στις διάφορες σιταροπαραγωγικές περιοχές της Κύπρου. Τα προϊόντα άλεσης του χαρακτηρίζονται από έντονο κιτρινωπό χρώμα και δυνατή γλουτένη.

**Ουρανία:** η Ουρανία είχε το μικρότερο μέγεθος διασποράς της πραγματικής από την αναμενόμενη απόδοση στα διάφορα περιβάλλοντα της Κύπρου και συνεπώς, η καλλιέργεια της θα συμβάλει στην καλύτερη αξιοποίηση των μεταβαλλόμενων

εδαφοκλιματικών συνθηκών. Επιπρόσθετα, η Ουρανία έχει μεγαλύτερου μεγέθους σπόρους από την Μακεδονία και ψηλότερο εκατολιτρικό βάρος σε σύγκριση και με τις δύο καλλιεργούμενες ποικιλίες (Μακεδονία-Εκάβη) παρέχοντας τη δυνατότητα παραγωγής σιταριού μεγαλύτερης εμπορικής αξίας. Σχετικά με τη μεταποιητική ικανότητα, η Ουρανία έχει τη δυνατότητα παρασκευής εξαιρετικής ποιότητας ψωμιού και μακαρονιών. Γενικά η Ουρανία με το χαρακτηριστικό της προσαρμογής σε διαφορετικές εδαφοκλιματικές συνθήκες, το πιο μεγάλο μέγεθος κόκκων σιταριού από την Μακεδονία και το μεγαλύτερο εκατολιτρικό βάρος του παραγόμενου σιταριού σε σύγκριση με την Μακεδονία και την Εκάβη, συστήνεται από τους Josephides και Kyratzis (2007) για εμπορική καλλιέργεια μαζί με την Εκάβη και σε αντικατάσταση της Μακεδονίας.

**Iride.** Μεσοπρώιμη ποικιλία με μαύρα άγανα, πολύ καλό αδέλωμα και ύψος 82-90 εκ. Εμφανίζει καλή αντοχή στο πλάγιασμα, στο κρύο, το ωίδιο, τη μαύρη σκωρίαση και τη σεπτόρια. Παρουσιάζει υψηλές αποδόσεις και καλή προσαρμοστικότητα σε όλους τους τύπους εδαφών. Αντέχει την ξηρασία και τις υψηλές θερμοκρασίες. Εμφανίζει υψηλά ποσοστά γονιμοποίησης στην άνθηση, πολύ καλές αποδόσεις και δυνατότητα παραγωγής υψηλής ποιότητας προϊόντος.

**Simeto.** Ποικιλία μετρίου αναστήματος (75-80 εκ.) με επιμήκη και μεγάλο στάχυ και πολλά μαύρα άγανα. Ο σπόρος είναι επιμήκης, μεγάλος, με κεχριμπαρένιο χρώμα. Εμφανίζει ικανοποιητική αντοχή στο ψύχος, και μεγάλη αντοχή στο πλάγιασμα και τις ξηροθερμικές συνθήκες. Πρώιμη ποικιλία με μέτριο αδέλωμα, που ανταποκρίνεται άριστα σε όλους τους τύπους εδαφών, αζωτούχας λίπανσης και με δυνατότητα υψηλής παραγωγής, πολύ καλής ποιότητας σπόρου. Για τη σπορά χρησιμοποιούνται 22-24 κιλά σπόρου/στρέμμα.

**Άννα:** κοντή πρώιμη ποικιλία με λευκό πυραμοειδή στάχυ που φέρουν λευκά άγανα. Θεωρείται πρώιμη ποικιλία με μεγάλη αντοχή στο πλάγιασμα και μέτρια ανθεκτικότητα στους παγετούς της άνοιξης και του χειμώνα. Διαθέτει γενική προσαρμοστικότητα και είναι ανθεκτική και στις τρεις σκωριάσεις. Έχει πολύ καλή σταθερότητα απόδοσης με βάρος 1000 κόκκων 42 γρ., πολύ καλή ποιότητα γλουτένης και ποσοστό υαλωδών κόκκων 85%.

**Matt:** Ημινάνα ποικιλία σκληρού σιταριού με λευκά άγανα που προέρχεται από την Αμερική. Είναι πρώιμη ποικιλία με καλή αντοχή στις ασθένειες, κατάλληλη και για ξηρικές συνθήκες. Συνδιάζει την υψηλή παραγωγικότητα με την καλή ποιότητα καθώς έχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που κρατάει το υαλώδες.

**Duilio:** Φυτό με μαυρόξανθο στάχυ που παράγει μεγάλο και βαρύ σπυρί σιταριού. Έχοντας μεγάλη παραγωγικότητα και μια απόλυτη προσαρμοστικότητα μπορεί να αποδώσει τα μέγιστα ακόμη και σε δύσκολες συνθήκες , γεγονός που οφείλεται σε έναν ιδιαιτέρως πρώιμο κύκλο και σε μία αξιοσημείωτη αντοχή στις κυριότερες αντιξοότητες.

Η Καρπασία είναι 4 μέρες πιο όψιμη από την ποικιλία Μεσαορία και 7 ημέρες πρωιμότερη της Κυπερούντας, Έχει ύψος 80 εκατοστά (είναι κατά 23 εκατοστά χαμηλότερη της Κυπερούντας και 7 εκατοστά υψηλότερη της Μεσαορίας). Το βάρος των 1000 σπόρων της Καρπασίας είναι 1.2 γραμμάρια μεγαλύτερο του βάρους των 1000 σπόρων της Κυπερούντας και 3-5 γραμμάρια μικρότερο του βάρους των 1000 σπόρων της Μεσαορίας και του Αρωνα (Χατζηχριστοδούλου και Καρής, 1985). Η ποικιλία Μακεδονία έχει στάχυ μέσης συμπίεσης, λευκός, με άγανα λευκά σχεδόν παράλληλα με το στάχυ. Είναι πρώιμη ποικιλία με πλούσιο αδελφωμα, μεγάλη αντοχή στο πλάγιασμα και μεγάλη προσαρμοστικότητα στις διάφορες σιταροπαραγωγικές περιοχές (Josephides, 1994).



## Παράρτημα Β

Πίνακας 1. Ανάλυση της διασποράς για το ύψος φυτού.

Πηγή Παραλλακτικότητας	B.E.	A.T.	M.T.	F	P>F <sub>0.05</sub>
περιβάλλον	1	39462	39462	1733,2*	<,0001
ποικιλία	11	16743	1522	66,9*	<,0001
περιβάλλον*ποικιλία	11	5329	484	21,3*	<,0001
Σφάλμα	1421	32352	23		
Σύνολο	1444	94136			

\* μεγαλύτερο του F των πινάκων για επίπεδο σημαντικότητας 0,05.

Πίνακας 2. Περίληψη του προτύπου της ανάλυσης του πειράματος για το ύψος φυτού.

R <sup>2</sup>	0,656
R <sup>2</sup> σχετικό	0,651
Μέση τετραγωνική ρίζα του σφάλματος	4,771
Μέσος του πειράματος	88,875
Αριθμός Παρατηρήσεων	1445
CV	5.37

Πίνακας 3. Ανάλυση της διασποράς για το χαρακτηριστικό αριθμό αδελφιών.

Πηγή Παραλλακτικότητας	B.E.	A.T.	M.T.	F	P>F <sub>0.05</sub>
περιβάλλον	1	524	5234	273,73*	<,0001
ποικιλία	11	524	48	24,91*	<,0001
περιβάλλον*ποικιλία	11	126	11	5,97*	<,0001
Σφάλμα	1421	2719	1,9		
Σύνολο	1444	3892			

\* μεγαλύτερο του F των πινάκων για επίπεδο σημαντικότητας 0,05.

Πίνακας 4. Περίληψη του προτύπου της ανάλυσης του πειράματος για το χαρακτηριστικό αριθμός αδελφιών.

R <sup>2</sup>	0,301
R <sup>2</sup> σχετικό	0,29
Μέση τετραγωνική ρίζα του σφάλματος	1,383
Μέσος του πειράματος	4,283
Αριθμός Παρατηρήσεων	1445
CV	32.29

**Πίνακας 5.** Ανάλυση της διασποράς για το peduncle length.

Πηγή Παραλλακτικότητας	B.E.	A.T.	M.T.	F	P>F <sub>0.05</sub>
περιβάλλον	1	1571	1571	280,9*	<,0001
ποικιλία	11	7819	710	127*	<,0001
περιβάλλον*ποικιλία	11	1241	112	20,2*	<,0001
Σφάλμα	1421	7948	5,6		
Σύνολο	1444	18606			

\* μεγαλύτερο του F των πινάκων για επίπεδο σημαντικότητας 0,05.

**Πίνακας 6.** Περίληψη του προτύπου της ανάλυσης του πειράματος για το peduncle length.

R <sup>2</sup>	0,573
R <sup>2</sup> σχετικό	0,566
Μέση τετραγωνική ρίζα του σφάλματος	2,365
Μέσος του πειράματος	15,382
Αριθμός Παρατηρήσεων	1445
CV	15,37

**Πίνακας 7.** Ανάλυση της διασποράς για το μήκος στάχυ.

Πηγή Παραλλακτικότητας	B.E.	A.T.	M.T.	F	P>F <sub>0.05</sub>
περιβάλλον	1	495	495	1133,1*	<,0001
ποικιλία	11	457	42	95,1*	<,0001
περιβάλλον*ποικιλία	11	107	9,7	22,2*	<,0001
Σφάλμα	1421	621	0,4		
Σύνολο	1444	1674			

\* μεγαλύτερο του F των πινάκων για επίπεδο σημαντικότητας 0,05.

**Πίνακας 8.** Περίληψη του προτύπου της ανάλυσης του πειράματος για το μήκος στάχυ.

R <sup>2</sup>	0,629
R <sup>2</sup> σχετικό	0,623
Μέση τετραγωνική ρίζα του σφάλματος	0,661
Μέσος του πειράματος	7,623
Αριθμός Παρατηρήσεων	1445
CV	8,67

**Πίνακας 9.** Ανάλυση της διασποράς για τον αριθμό σπόρων κυρίου στάχυ.

Πηγή Παραλλακτικότητας	B.E.	A.T.	M.T.	F	P>F <sub>0.05</sub>
περιβάλλον	1	26843	26843	321,77*	<,0001
ποικιλία	11	26056	2368	28,39*	<,0001
περιβάλλον*ποικιλία	11	6954	632	7,57*	<,0001
Σφάλμα	1419	118378	83,4		
Σύνολο	1442	178247			

\* μεγαλύτερο του F των πινάκων για επίπεδο σημαντικότητας 0,05.

**Πίνακας 10.** Περίληψη του προτύπου της ανάλυσης για τον αριθμό σπόρων κυρίου στάχυ του πειράματος.

<b>R<sup>2</sup></b>	0,335
<b>R<sup>2</sup> σχετικό</b>	0,325
<b>Μέση τετραγωνική ρίζα του σφάλματος</b>	9,134
<b>Μέσος του πειράματος</b>	51,699
<b>Αριθμός Παρατηρήσεων</b>	1443
<b>CV</b>	17,6

**Πίνακας 11.** Ανάλυση της διασποράς για το βάρος σπόρων κυρίου στάχυ.

Πηγή Παραλλακτικότητας	B.E.	A.T.	M.T.	F	P>F <sub>0.05</sub>
περιβάλλον	1	26,7	26,69	84,4*	<,0001
ποικιλία	11	82,6	7,50	23,73*	<,0001
περιβάλλον*ποικιλία	11	29,9	2,72	8,60*	<,0001
Σφάλμα	1419	448,9	0,31		
Σύνολο	1442	587,3			

\* μεγαλύτερο του F των πινάκων για επίπεδο σημαντικότητας 0,05.

**Πίνακας 12.** Περίληψη του προτύπου για το βάρος σπόρων κυρίου στάχυ της ανάλυσης του πειράματος

<b>R<sup>2</sup></b>	0,236
<b>R<sup>2</sup> σχετικό</b>	0,223
<b>Μέση τετραγωνική ρίζα του σφάλματος</b>	0,562
<b>Μέσος του πειράματος</b>	2,769
<b>Αριθμός Παρατηρήσεων</b>	1443
<b>CV</b>	20,31

**Πίνακας 13.** Ανάλυση της διασποράς για τον αριθμό σπόρων αδερφιών.

Πηγή Παραλλακτικότητας	B.E.	A.T.	M.T.	F	P>F <sub>0.05</sub>
περιβάλλον	1	1590291,4	1590291	380,65*	<,0001
ποικιλία	11	895747,4	81432	19,49*	<,0001
περιβάλλον*ποικιλία	11	318623,0	28966	6,93*	<,0001
Σφάλμα	1418	5924150,7	4178		
Σύνολο	1441	8723943,3			

\* μεγαλύτερο του F των πινάκων για επίπεδο σημαντικότητας 0,05.

**Πίνακας 14.** Περίληψη του προτύπου της ανάλυσης του πειράματος για τον αριθμό σπόρων αδελφιών.

R <sup>2</sup>	0,32
R <sup>2</sup> σχετικό	0,309
Μέση τετραγωνική ρίζα του σφάλματος	64,636
Μέσος του πειράματος	172,425
Αριθμός Παρατηρήσεων	1442
CV	37,4

**Πίνακας 15.** Ανάλυση της διασποράς για το βάρος σπόρων αδελφιών.

Πηγή Παραλλακτικότητας	B.E.	A.T.	M.T.	F	P>F <sub>0.05</sub>
περιβάλλον	1	1745	1746	151,71*	<,0001
ποικιλία	11	1951	177	15,41*	<,0001
περιβάλλον*ποικιλία	11	669	60,78	5,28*	<,0001
Σφάλμα	1418	16318	11,5		
Σύνολο	1441	20666			

\* μεγαλύτερο του F των πινάκων για επίπεδο σημαντικότητας 0,05.

**Πίνακας 16.** Περίληψη του προτύπου της ανάλυσης του πειράματος για το βάρος σπόρων αδελφιών.

R <sup>2</sup>	0,21
R <sup>2</sup> σχετικό	0,197
Μέση τετραγωνική ρίζα του σφάλματος	3,392
Μέσος του πειράματος	8,37
Αριθμός Παρατηρήσεων	1442
CV	40,51

**Πίνακας 17.** Ανάλυση της διασποράς για το βάρος σπόρων φυτού.

Πηγή Παραλλακτικότητας	B.E.	A.T.	M.T.	F	P>F <sub>0.05</sub>
περιβάλλον	1	2223	2223	172,54*	<,0001
ποικιλία	11	2139	194	15,09*	<,0001
περιβάλλον*ποικιλία	11	870	79,17	6,14*	<,0001
Σφάλμα	1421	18304	12,88		
Σύνολο	1444	23512			

\* μεγαλύτερο του F των πινάκων για επίπεδο σημαντικότητας 0,05.

**Πίνακας 18.** Περίληψη του προτύπου της ανάλυσης του πειράματος για το βάρος σπόρων φυτού.

R <sup>2</sup>	0,221
R <sup>2</sup> σχετικό	0,208
Μέση τετραγωνική ρίζα του σφάλματος	3,588
Μέσος του πειράματος	11,131
Αριθμός Παρατηρήσεων	1445
CV	40,51

**Πίνακας 19.** Ανάλυση της διασποράς για το βάρος 1000 κόκκων.

Πηγή Παραλλακτικότητας	B.E.	A.T.	M.T.	F	P>F <sub>0.05</sub>
περιβάλλον	1	124,34621	124,3462	371,7627	<,0001
ποικιλία	11	189,09207	17,1902	51,3942	<,0001
περιβάλλον*ποικιλία	11	45,75790	4,1598	12,4367	<,0001
Σφάλμα	1421	475,29240	0,3345		
Σύνολο	1444	834,29383			

\* μεγαλύτερο του F των πινάκων για επίπεδο σημαντικότητας 0,05.

**Πίνακας 20.** Περίληψη του προτύπου της ανάλυσης του πειράματος για το βάρος 1000 κόκκων.

R <sup>2</sup>	0,430
R <sup>2</sup> σχετικό	0,421
Μέση τετραγωνική ρίζα του σφάλματος	0,578
Μέσος του πειράματος	5,046
Αριθμός Παρατηρήσεων	1445
CV	11,4

**Πίνακας 21.** Ανάλυση της διασποράς για το λόγο μήκους κολεού με το ύψος.

Πηγή Παραλλακτικότητας	B.E.	A.T.	M.T.	F	P>F <sub>0.05</sub>
περιβάλλον	1	0,002	0,003	4,28	0,0387
ποικιλία	11	0,63	0,058	89,47	<,0001
περιβάλλον*ποικιλία	11	0,130	0,012	18,35	<,0001
Σφάλμα	1421	0,92	0,0006		
Σύνολο	1444	1,69			

\* μεγαλύτερο του F των πινάκων για επίπεδο σημαντικότητας 0,05.

**Πίνακας 22.** Περίληψη του προτύπου της ανάλυσης του πειράματος για το λόγο μήκους κολεού προς ύψος φυτού.

<b>R<sup>2</sup></b>	0,458
<b>R<sup>2</sup> σχετικό</b>	0,449
<b>Μέση τετραγωνική ρίζα του σφάλματος</b>	0,025
<b>Μέσος του πειράματος</b>	0,173
<b>Αριθμός Παρατηρήσεων</b>	1342
<b>CV</b>	14,7