

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**« Διερεύνηση διακριτικής ικανότητας περιβαλλόντων για αξιολόγηση γενοτύπων  
βαμβακιού με χρήση πολυπαραγοντικών, μονοπαραγοντικών και μη  
παραμετρικών προτύπων»**

**Μεταπτυχιακή Διατριβή**

**Μεταπτυχιακός Φοιτητής: Μπαξεβάνος Δημήτριος**

**ΒΟΛΟΣ 2005**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ  
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 4931/1  
Ημερ. Εισ.: 20-09-2006  
Δωρεά: Συγγραφέα  
Ταξιθετικός Κωδικός: Δ  
633.518  
ΜΠΑ

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**« Διερεύνηση διακριτικής ικανότητας περιβαλλόντων για αξιολόγηση γενοτύπων  
βαμβακιού με χρήση πολυπαραγοντικών, μονοπαραγοντικών και μη  
παραμετρικών προτύπων»**

**Μεταπτυχιακή Διατριβή**

**Μεταπτυχιακός Φοιτητής: Μπαξεβάνος Δημήτριος**

**ΒΟΛΟΣ 2005**

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**« Διερεύνηση διακριτικής ικανότητας περιβαλλόντων για αξιολόγηση γενοτύπων  
βαμβακιού με χρήση πολυπαραγοντικών, μονοπαραγοντικών και μη  
παραμετρικών προτύπων»**

**Μεταπτυχιακή Διατριβή**

**Μεταπτυχιακός Φοιτητής: Μπαξεβάνος Δημήτριος**

**ΒΟΛΟΣ 2005**

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«Διερεύνηση διακριτικής ικανότητας περιβαλλόντων για αξιολόγησης γενοτύπων  
βαμβακιού με χρήση πολυπαραγοντικών, μονοπαραγοντικών και μη παραμετρικών  
προτύπων»

**Δημήτριος Μπαξεβάνος**

**ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ :**

**Αθανάσιος Μαυρομάτης** (Επιβλέπων) Λέκτορας, Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

**Χρήστος Γούλας** (Μέλος) Καθηγητής, Α.Π.Θ

**Τζώρτζιος Στέργιος** (Μέλος) Επίκουρος Καθηγητής, Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

**ΒΟΛΟΣ 2005**

## Ευχαριστίες

Η εκπόνηση της παρούσης εργασίας επιτεύχθηκε με τη καθοδήγηση της τριμελούς επιτροπής.

Αρχικά θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στον κ. Χρήστο Γούλα, Καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την ανάθεση σε εμένα του ιδιαίτερα ενδιαφέροντος και πρωτότυπου αυτού θέματος καθώς και για τη συνολική του συμβολή τόσο κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας των δεδομένων όσο και κατά τη συγγραφή της εργασίας. Ο κ. Γούλας ήταν επιβλέπων σε αυτή την εργασία από την αρχή μέχρι και λίγο πριν την λήξη της αλλά λόγω μετάθεσης του στην Δασολογική Σχολή Α.Π.Θ δεν κατέστη δυνατό να ολοκληρώσει σαν επιβλέπων. Η πρόταση του για ενασχόληση με αυτό το θέμα συνέβαλε ιδιαίτερα στην επιστημονική μου κατάρτιση σε θέματα που με βοηθούν πολύ στην επαγγελματική μου πρόοδο.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω το μέλος της επιτροπής τον Λέκτορα κ. Αθανάσιο Μαυρομάτη, για τις εύστοχες παρατηρήσεις του και τη βοήθειά του στην συγγραφή της εργασίας, και τον επίκουρο καθηγητή Τζώρτζιο Στέργιο για την βοήθεια του, στην ολοκλήρωση αυτής της εργασίας.

Θα ήταν παράλειψη να μην ευχαριστήσω της εταιρεία D&PL International για την χρηματοδότηση αυτού του προγράμματος για την αγορά των σχετικών software και την παραχώρηση αδείας για την επεξεργασία και την δημοσίευση των πειραματικών δεδομένων και ιδιαιτέρως τους Jesus Rossi και Tom Kerby.

## Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	3
Περιεχόμενα.....	4
Κεφάλαιο 1 <sup>ο</sup> .....	7
1. Εισαγωγή.....	7
Κεφάλαιο 2 <sup>ο</sup> .....	10
2. Ανασκόπηση βιβλιογραφίας.....	10
2.1 Βασικές έννοιες φαινοτύπου, γενότυπου, περιβάλλοντος και αλληλεπίδρασης.....	10
2.1.1 Συνέπειες της αλληλεπίδρασης GxE στα προγράμματα γενετικής βελτίωσης	13
2.1.2 Συνέπειες αλληλεπίδρασης GxE στην φάση αξιολόγησης ποικιλιών.....	15
2.2 Αιτίες της αλληλεπίδρασης γενότυπου περιβάλλοντος.....	15
2.3 Το βασικά συστατικά του περιβάλλοντος του βαμβακιού ως αιτίες αλληλεπίδρασης.....	17
2.3.1 Κλίμα.....	17
2.3.2 Το έδαφος.....	18
2.3.3 Το νερό.....	18
2.4 Η σπονδαιότητα της αλληλεπίδρασης GxE.....	19
2.5 Οι στατιστικές μέθοδοι εκτίμησης της παραγωγικής σταθερότητας.....	20
2.6 Τα GGE bioplot και τα Πολύπεριβαλλοντικά πειράματα.....	25
2.7 Τα πλεονεκτήματα και οι περιορισμοί της μεθόδου των Bioplot.....	28
2.8 Εφαρμογές ανάλυσης σταθερότητας σε ποικιλίες βαμβακιού.....	30
2.8.1 Αναφορές μοντέλου παλινδρόμησης.....	30
2.8.2 Εφαρμογές Bioplot σε πειράματα με γενότυπους βαμβακιού.....	35
2.9 Σύνοψη.....	366
Κεφάλαιο 3 <sup>ο</sup> .....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.7

<b>3. Υλικά και Μέθοδοι</b> .....	<b>37</b>
3.1 Ποικιλίες που αξιολογήθηκαν.....	37
3.2 Περιοχές πειραματισμού.....	38
3.3 Πειραματική διάταξη.....	39
3.4 Καλλιεργητική τεχνική.....	40
3.5 Συλλογή δεδομένων.....	40
3.6 Στατιστική επεξεργασία δεδομένων.....	41
3.6.1 Το πρότυπο GGE biplot.....	41
3.6.2 Ανάλυση με βάση το πρότυπο Eberhart and Russel (1966) .....	40
3.6.3 Μέθοδος συνεκτίμησης (Γούλας και Μαρσάρης, 1992) .....	405
3.6.4 Ανάλυση της παραλακτικότητας γενετικοί συντελεστές .....	47
3.6.6 Σύγκριση πραγματικών αναμενόμενων τιμών.....	48
<b>Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup></b> .....	<b>49</b>
<b>4. Αποτελέσματα και Συζήτηση</b> .....	<b>49</b>
4.1 Συμβατική στατιστική ανάλυση παραλακτικότητας.....	49
4.1.1 Επιμερισμός αθροίσματος τετραγώνων της ανάλυσης διακύμανσης παραλακτικότητας.....	49
4.1.2 Γενετικές παράμετροι .....	50
4.2 Ανάλυση σταθερότητας με την μέθοδο GGE biplot.....	51
4.2.1 Οι καλύτερες ποικιλίες σε κάθε περιβάλλον.....	51
4.2.2 Σύγκριση προεμπορικών ποικιλιών DP 466 - DP 419.....	54
4.2.3 Σταθερότητα και δυναμικό απόδοσης.....	56
4.2.4 Καθορισμός ιδεώδους ποικιλίας .....	61
4.3 Διερεύνηση περιβαλόντων με την μέθοδο GGE biplot .....	62
4.3.1 Αντιπροσωπευτικότητα και διακριτική ικανότητα περιβαλόντων .....	62
4.3.2 Διακριτική ικανότητα περιβαλόντων .....	63

4.3.3 Καθορισμός "Ιδεώδους περιοχής" για πειροματισμό.....	63
4.3.4 Διερεύνηση μέγα - περιβαλλόντων.....	66
4.3.5 Εκτίμηση συσχέτισης πρωιμότητας με παραγωγικό δυναμικό .....	73
4.4 Πρότυπο Παλινδρόμησης <i>Eberhart and Russel (1966)</i> .....	77
4.5 Μέθοδος συνεκτίμησης ( <i>Γούλας και Μασλόρης, 1992</i> ).....	80
4.6 Ανάλυση σταθερότητας με την σύγκριση πραγματικών με αναμενόμενες τιμές.....	86
<b>Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup></b> .....	<b>88</b>
<b>5. Συμπερασματα</b> .....	<b>88</b>
<b>Περίληψη</b> .....	<b>92</b>
<b>Absract</b> .....	<b>94</b>
<b>Βιβλιογραφία</b> .....	<b>95</b>
<b>Παρόρτημα</b> .....	<b>100</b>

## Κεφάλαιο 1ο

### 1. Εισαγωγή

Η δημιουργία μιας ποικιλίας βαμβακιού, με τη μεθοδολογία της γενεαλογικής επιλογής απαιτεί 12 χρόνια. Έξι χρόνια διαρκεί το στάδιο της δημιουργίας των F6 πειραματικών ποικιλιών ενώ τα επόμενα, περιλαμβάνουν στάδια αξιολόγησης και επιλογής των υποσχόμενων ή υποψήφιων ποικιλιών (Poelm and Kleper, 1994). Συνήθως η περίοδος αξιολόγησης των F6-F9 γενεών, είναι η περίοδος που θα αποφασιστεί εάν η ποικιλία έχει το δυναμικό να γίνει εμπορικά επιτυχής. Κατά την περίοδο μεταξύ F9-F12 γενεάς η ποικιλία εγγράφεται στον Εθνικό κατάλογο και αυτό είναι το τελευταίο στάδιο πριν την απελευθερωσή της στο εμπόριο. Είναι αυτονόητο από τα προηγούμενα ότι η δημιουργία ποικιλιών είναι μια μακροχρόνια προσπάθεια και ως επένδυση ονομάζεται συνήθως «χρήματα υπομονής». Κατά τη διάρκεια όλων των προηγούμενων σταδίων, εκτός του χειρισμού της βελτιωτικής μεθοδολογίας, απαιτείται προσπάθεια και διαδικασία συνεχούς αξιολόγησης, δηλαδή γεωργικού πειραματισμού.

Επιδίωξη των προγραμμάτων βελτίωσης της βιομηχανίας σπόρων (seed industry) είναι η δημιουργία εμπορικά πετυχημένων ποικιλιών. Μια εμπορικά επιτυχημένη ποικιλία βαμβακιού χαρακτηρίζεται από το υψηλό παραγωγικό της δυναμικό και τη σταθερότητα των αποδόσεων σε εύρος περιβαλλόντων, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνονται τόσο τα ευνοϊκά όσο και τα περιβάλλοντα καταπόνησης. Προκειμένου ο προηγούμενος στόχος να καταστεί εφικτός, απαιτείται αξιολόγηση δηλαδή γεωργικός πειραματισμός σε μεγάλο αριθμό περιβαλλόντων. Η πολύπεριβαλλοντική αξιολόγηση είναι επιθυμητό να γίνεται όσο το δυνατόν νωρίτερα στη διαδικασία δημιουργίας μιας ποικιλίας, ακόμη και στις πρώτες γενεές επιλογής (F3) κάτι που φυσικά εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα πόρων και τα λοιπά μέσα. Ειδικότερα για το βαμβάκι, η προηγούμενη διαδικασία γίνεται συνήθως από την (F5) γενιά. Η πολύπεριβαλλοντική αξιολόγηση επιτρέπει τον προσδιορισμό της διακύμανσης λόγω αλληλεπίδρασης γενοτύπου με το περιβάλλον (GE) και επιπλέον την εκτίμηση παραμέτρων της παραγωγικής σταθερότητας. Πλήθος μεθόδων έχουν αναπτυχθεί για την εκτίμηση της σταθερότητας και του παραγωγικού δυναμικού των

γενοτύπων. Από αυτές, άλλες εκτιμούν μόνο το παραγωγικό δυναμικό, άλλες τη σταθερότητα και άλλες ταυτόχρονα και τα δύο. Μεταξύ αυτών περισσότερο αποτελεσματικές θεωρούνται οι μέθοδοι που εκτιμούν ταυτόχρονα τη σταθερότητα με το παραγωγικό δυναμικό (Flores *et al.* 1998). Ο Lin *et al.* (1986), κατατάσσει τις μεθόδους σε *μονοπαραγοντικές παραμετρικές*, που βασίζονται στον υπολογισμό της μέσης γενοτυπικής δράσης και αντιπροσωπεύουν αθροίσματα τετραγώνων (AT) τέτοιες είναι η παραλλακτικότητα της ποικιλίας ανάμεσα στα περιβάλλοντα και ο συντελεστής παραλλακτικότητας CV%. Σε *μονοπαραγοντικές παραμετρικές* που βασίζονται στην μέτρηση της αλληλεπίδρασης γενοτύπου - περιβάλλοντος (GE) όπως είναι η μέθοδος της ζευγαρωτής αλληλεπίδρασης (GE), (Plaisted and Peterson, 1959), η μέθοδος Ecoalence, (Wricke, 1962) και η μέθοδος της παραλλακτικότητας GE (Shukla, 1972). Επίσης στις *μονοπαραγοντικές παραμετρικές* μεθόδους ανήκουν ο συντελεστής συμεταβολής b (Finlay and Wilkinson, 1963) και η απόκλιση από τη γραμμή παλινδρόμησης (Eberhart and Russel, 1966) που βασίζονται στον υπολογισμό των AT και της αλληλεπίδρασης GE. Επίσης αναπτύχθηκαν *μονοπαραγοντικές μη παραμετρικές* μέθοδοι όπως, ο δείκτης Ys (Kang, 1988), η μέθοδος διαγραμμμάτων βαθμολόγησης (Ketata, 1989), η μέθοδος βαθμολόγησης σκόρ (Fox, 1990), η μέθοδος συνεκτίμησης (Γούλας και Μασλάρης, 1992), και τέλος η μέθοδος Flores, (Flores *et al.* 1998). Μετά το 1980, χρησιμοποιήθηκαν *πολυπαραγοντικές παραμετρικές* μέθοδοι που βασίζονται στην ομαδοποιημένη ανάλυση (Lin, 1982) και στην ανάλυση κυρίων συνιστωσών (ΚΣ), (Principal Components). Από την ανάλυση κυρίων συνιστωσών, οι πιο σημαντικές είναι, η μέθοδος AMMI (Zobel, 1988) και η μέθοδος GGE biplot (Yan, 2001). Η σωστή ανάλυση των δεδομένων είναι πολύ σημαντική εάν σκεφτεί κανείς το τεράστιο κόστος της διεξαγωγής των πειραμάτων αξιολόγησης. Η ανάλυση αποτελεί το πιο στρατηγικό σημείο σε όλη την ερευνητική προσπάθεια. Επίσης με την ανάλυση των δεδομένων είναι δυνατόν να προκύψουν συμπεράσματα όχι μόνον για τις νέες ποικιλίες αλλά και τα περιβάλλοντα αξιολόγησης, την ομαδοποίηση τους, την αντιπροσωπευτικότητα τους και τέλος τη διακριτική τους ικανότητα. Στόχος του κάθε ερευνητικού προγράμματος, είναι η σωστή ανάλυση των δεδομένων, με την κατάλληλη και αποτελεσματική χρησιμοποίηση των στατιστικών μεθόδων αλλά και της εμπειρίας (Yan *et al.* 2003). Η σωστή επιλογή και ο συνδυασμός των κατάλληλων μεθόδων για την ανάλυση των δεδομένων, είναι απαραίτητος προκειμένου να κάνουμε πρόβλεψη για την παραγωγική συμπεριφορά μιας ποικιλίας στο μέλλον. Για αυτό το λόγο, κάθε

επένδυση στην έρευνα νέων μεθόδων αλλά και η καλή γνώση των περιοχών πειραματισμού, είναι απαραίτητες προϋποθέσεις για την επιβεβαίωση και καλή επαναληψιμότητα των προβλέψεων.

Σκοπός αυτής της εργασίας ήταν:

- Η εκτίμηση της σταθερότητας και παραγωγικής ικανότητας των γενοτύπων, με αντιπροσωπευτικές μεθόδους.
- Η σύγκριση και ο συνδυασμός των μεθόδων για την όσο δυνατόν μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια της ανάλυσης.
- Η μελέτη των σχέσεων μεταξύ περιβαλλόντων καλλιέργειας βαμβακιού κάτω από ελληνικές συνθήκες προκειμένου να εντοπιστούν πιθανά μεγαπεριβάλλοντα στην Ελλάδα.
- Η εύρεση σχέσεων μεταξύ των εξεταζόμενων περιβαλλόντων μέσα στα μέγα-περιβάλλοντα για εντοπισμό εκείνου με τη μεγαλύτερη διακριτική ικανότητα αξιολόγησης ποικιλιών βαμβακιού.
- Η εύρεση των σχέσεων μεταξύ των γενοτύπων, με σκοπό τη μέτρηση της σταθερότητά τους αλλά και του δυναμικού απόδοσής τους.
- Η μελέτη των αγρονομικών παραγόντων που έχουν επίδραση στο δυναμικό της απόδοσης των εξεταζόμενων ποικιλιών.

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>

### 2. Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

#### 2.1 Βασικές έννοιες φαινοτύπου, γενότυπου, περιβάλλοντος και αλληλεπίδρασης

Η παραλλακτικότητα είναι βασικό χαρακτηριστικό της βιολογικής ζωής. Στη φύση δεν υπάρχουν δύο ζώντες οργανισμοί όμοιοι και το γεγονός ότι βλέπουμε ορισμένους ως ίδιους, οφείλεται στην αδυναμία μας να αναγνωρίσουμε τις διαφορές μεταξύ τους. Η παραλλακτικότητα αυτή εκφράζει τις φαινοτυπικές διαφορές που είναι αποτέλεσμα μιας συγκεκριμένης κάθε φορά αλληλεπίδρασης ενός συγκεκριμένου γενότυπου με το περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσεται. Η ανάλυση της παραλλακτικότητας ως προς την προέλευσή (γενετική, περιβάλλοντος, αλληλεπίδρασης) και το μέγεθος της, είναι απαραίτητα στοιχεία προκειμένου να χειρισθεί ο βελτιωτής τη διαθέσιμη γενετική παραλλακτικότητα και να την αξιοποιήσει.

Η συνολική παραλλακτικότητα είναι εκείνη που εκτιμάται και εκφράζει τις συνολικές φαινοτυπικές διαφορές μεταξύ των φυτών. Τα κύρια συστατικά της συνολικής παραλλακτικότητας αποτελούν, η Γενετική, του περιβάλλοντος και εκείνη που οφείλεται στην αλληλεπίδραση του γενότυπου με το περιβάλλον. Ο βελτιωτής εκτιμά κάθε φορά τη συνολική φαινοτυπική διακύμανση και προκειμένου να επιτύχει το στόχο του, πρέπει να είναι σε θέση να εκτιμά τη γενετική διακύμανση, ελέγχοντας τα δυο άλλα συστατικά (περιβάλλον και αλληλεπίδραση).

Ως κληρονομικότητα ορίζεται η ιδιότητα μεταφοράς χαρακτηριστικών από τους γονείς στους απογόνους τους (κάθετη ροή γονιδίων). Ενώ το σύνολο δράσεων των γονιδίων (αθροιστικές, κυριαρχικές, επιστατικές και οι μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις) ορίζουν τον γενότυπο (G). Ως φαινότυπος (P) ορίζεται η γενική φυσική εικόνα ενός ατόμου, δηλαδή τα συγκεκριμένα διακριτά χαρακτηριστικά του όπως αυτά εκφράζονται στο κάθε περιβάλλον. Ως περιβάλλον (E) ορίζεται το σύνολο των μη γενετικών παραγόντων που σε συνεργασία με το γενότυπο διαμορφώνουν την

παραγωγική συμπεριφορά μιας καλλιέργειας. Έτσι ως περιβάλλον υπονοούνται οι εδαφοκλιματικές παράμετροι και κάθε ανθρώπινη παρέμβαση, δηλαδή η καλλιεργητική πρακτική. Αυτονόητο είναι ότι τα προηγούμενα περιλαμβάνουν τόσο βιοτικές και αβιοτικές καταπονήσεις όσο και την ανθρώπινη παρέμβαση, που αποβλέπουν στο να δημιουργήσουν τις κατάλληλες συνθήκες ώστε η καλλιέργεια να αξιοποιήσει το γενετικό της δυναμικό. Ο γενότυπος μπορεί να εκφράζεται με διαφορετικούς φαινότυπους όταν υπόκειται σε ένα εύρος περιβαλλόντων. Συνεπώς ο φαινότυπος δεν εκφράζει πάντοτε όλο το γενετικό δυναμικό, δηλαδή δεν μπορεί να ορίσει απόλυτα τον γενότυπο, απλώς επιτρέπει τον γενότυπο να εκφράζεται σε ένα εύρος χαρακτήρων (Redei, 1998). Το περιβάλλον, ο γενότυπος και η αλληλεπίδρασή τους είναι τα κύρια συστατικά που καθορίζουν τον φαινότυπο. Η απόδοση της καλλιέργειας δηλαδή η παραγωγική συμπεριφορά της εκφράζεται με την παρακάτω εξίσωση:

$$P=G+E+G \times E$$

όπου

P= φαινότυπος

G= γενότυπος, ή γενοτυπικές δράσεις

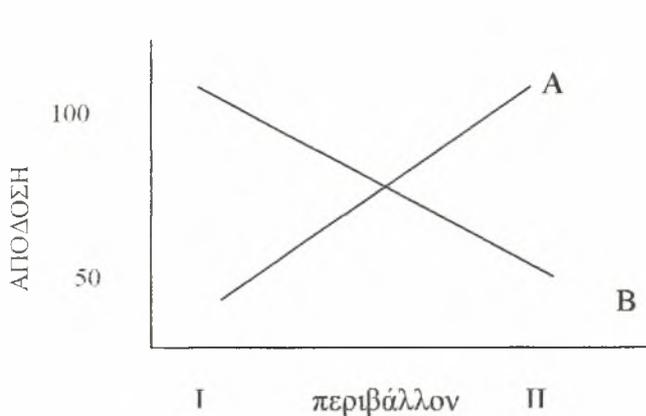
E= περιβάλλον, ή επίδραση του περιβάλλοντος

GxE= αλληλεπίδραση γενοτύπου x περιβάλλον

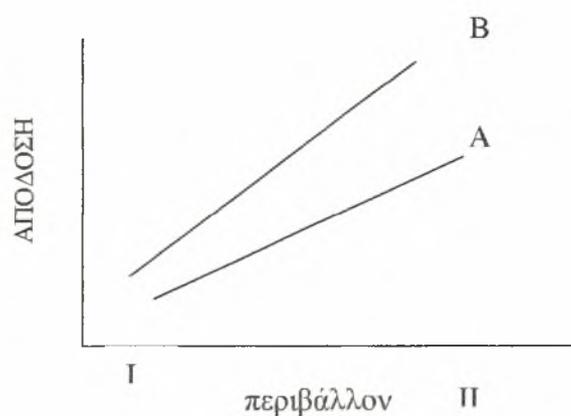
Η αλληλεπίδραση είναι έννοια που ισχύει για όλους τους ζώντες οργανισμούς. Κάθε γενότυπος αλληλεπιδρά με τα περιβάλλοντα και μπορεί να δώσει μια σειρά από φαινότυπους μέσα σε ένα δεδομένο εύρος. Ο Baker (1988) όρισε ως αλληλεπίδραση τη διαφορά μεταξύ της φαινοτυπικής τιμής και της αναμενόμενης τιμής ως αποτέλεσμα της γενοτυπικής τιμής της αντίστοιχα, λόγω του περιβάλλοντος. Όταν συγκρίνεται η αντίδραση δυο γενοτύπων σε διαφορετικά περιβάλλοντα τότε ως αλληλεπίδραση καλείται η αποτυχία των καμπυλών αντίδρασης να είναι παράλληλες (Baker, 1988). Επίσης ο Dicerson (1962) όρισε ως αλληλεπίδραση GxE την παραλλακτικότητα που προκαλείται από την ταυτόχρονη δράση γενοτύπων και περιβαλλόντων. Σύμφωνα με τον Haldane (1947) η αλληλεπίδραση είναι σημαντική μόνο όταν οι γενότυποι αλλάζουν κατάταξη (ranking) στα διάφορα περιβάλλοντα. Για

να μετρήσουμε την αλληλεπίδραση είναι απαραίτητο να έχουμε τουλάχιστον δυο γενότυπους και δυο περιβάλλοντα.

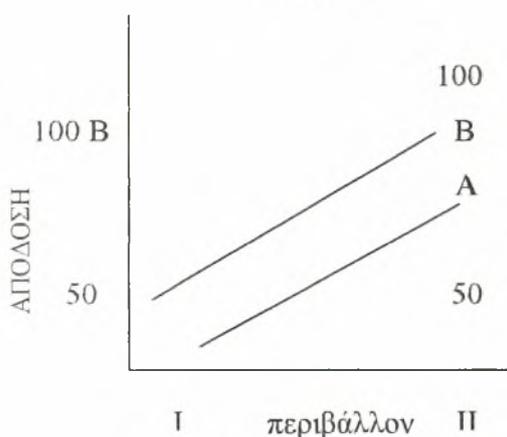
Σύμφωνα με τον Kang (1988) για να αναλύσουμε την αλληλεπίδραση πρέπει να εξετάσουμε την αντίδραση των γενοτύπων στα διαφορετικά περιβάλλοντα αναπαριστώντας γραφικά τις δράσεις τους στα διαφορετικά περιβάλλοντα. Τα προηγούμενα διευκρινίζονται στην εικόνα 2.1 (Γούλας & Σκαράκης, 1977).



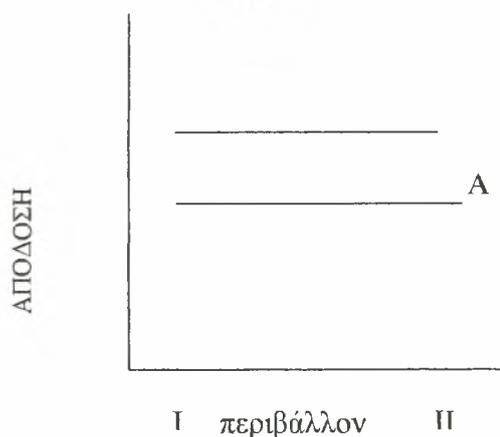
Σχήμα 1



Σχήμα 2



Σχήμα 3



Σχήμα 4

Εικ. 2.1 Μορφές αλληλεπίδρασης σχήμα 1 και 2 και έλλειψη αλληλεπίδρασης σχήμα 3,4.

Εάν οι γραμμές δράσης δεν τέμνονται δεν υπάρχει αλληλεπίδραση γενοτύπου περιβάλλοντος. Εάν για παράδειγμα A και B είναι δυο γενότυποι που καλλιεργούνται σε δυο περιβάλλοντα (i και ii), στα σχήματα 1 και 2 έχουμε αλληλεπίδραση ενώ στα 3 και 4 όχι (Εικ. 2.1). Στην περίπτωση της αλληλεπίδρασεως σε ένα συγκεκριμένο

περιβάλλον (I) σχήμα 1 ο γενότυπος A αποδίδει λιγότερο ενώ ο γενότυπος B περισσότερο ενώ στο περιβάλλον (II) αλλάζει η κατάταξη (ranking) και ο γενότυπος B γίνεται δεύτερος. Η αλλαγή της κατάταξης έχει μεγάλη σημασία, γιατί μπορεί να υπάρχει αλληλεπίδραση και να μην είναι σημαντική ή αυτή να οφείλεται καθαρά στο περιβάλλον όπως συμβαίνει στο σχήμα 2 όπου η κατάταξη (ranking) δεν μεταβάλλεται. Τα σχήματα 1 και 2 δεν υπονοούν ότι οι γενότυποι είναι χωρίς αξία γιατί είναι ασταθείς αλλά μπορεί να έχουν ειδική προσαρμοστικότητα, όπως για παράδειγμα ο γενότυπος A στο περιβάλλον (II) και ο γενότυπος B στο περιβάλλον (I). Στο σχήμα 3, δεν υπάρχει αλληλεπίδραση γιατί δεν αλλάζει η κατάταξη (ranking) των γενότυπων. Γενότυποι με σταθερή συμπεριφορά σύμφωνα με το παραγωγικό δυναμικό του περιβάλλοντος, χαρακτηρίζονται ως γενικής προσαρμοστικότητας. Στο σχήμα 4, η παραγωγικότητα δεν αλλάζει αλλά μένει σταθερή και ονομάζεται ομοιόσταση, (Γούλας & Σκαράκης, 1977). Η αλληλεπίδραση είναι πολύ σημαντική για τους γενετιστές, επειδή δυσχεραίνει την επιλογή των υπέρτερων γενότυπων. Με βάση το παράδειγμα που αφορά δυο μόνο γενότυπους και δυο περιβάλλοντα και με την χρήση ενός μόνου κριτηρίου είναι δυνατόν να παρατηρηθούν τέσσερις αλληλεπιδράσεις. Όμως, οι γενετιστές συνήθως ασχολούνται με πολλούς γενότυπους και πολλά περιβάλλοντα. Έτσι στην περίπτωση που έχουμε 10 γενότυπους οι οποίοι αξιολογούνται σε 10 περιβάλλοντα τότε προκύπτουν 400 τύποι αλληλεπίδρασης (Allard and Bradshaw, 1964).

### **2.1.1 Συνέπειες της αλληλεπίδρασης γενοτύπου περιβάλλοντος ( $G \times E$ ) στα προγράμματα γενετικής βελτίωσης**

Όσο μικρός είναι ο συντελεστής κληρονομικότητας ενός χαρακτηριστικού τόσο πιο δύσκολη είναι η αποτελεσματική επιλογή του. Έτσι οι πληροφορίες για τη δομή και τη φύση του  $G \times E$  είναι ιδιαίτερες χρήσιμες στους βελτιωτές. Η απόδοση και γενικά η παραγωγική συμπεριφορά που είναι κατ' εξοχήν ποσοτικά χαρακτηριστικά υπόκειται έντονα στην αλληλεπίδραση ( $G \times E$ ). Γενικά εάν ο συντελεστής κληρονομικότητας είναι χαμηλός και συνήθως εκτιμάται στο  $h^2=0,5$ , η επιλογή των επιθυμητών γενότυπων δεν είναι πάντοτε όσο αποτελεσματική θα θέλαμε. Η εκτίμηση του  $h^2$  γίνεται ακριβέστερη όταν προέρχεται από πειραματισμό σε περισσότερα περιβάλλοντα έτσι ώστε η εκτίμηση των  $\sigma^2_g$  και  $\sigma^2_p$  που είναι

απαραίτητες για τον υπολογισμό του  $h^2$  να είναι ακριβέστερες αφού προέρχονται από την σχέση:

$$\sigma^2 p = \sigma^2 g + \sigma^2 e + \sigma^2 ge$$

Γι' αυτό, οι πληροφορίες για τη δομή και τη φύση της ( $G \times E$ ) είναι ιδιαίτερω χρήσιμες στους βελτιωτές. Η αξιοποίηση αυτών των πληροφοριών μπορεί να βοηθήσει στον καθορισμό των στόχων ενός βελτιωτικού προγράμματος. Για παράδειγμα θα μπορούμε να προβούμε στη δημιουργία ποικιλιών για «γενική προσαρμοστικότητα» ή εφόσον μερικοί γενότυποι έχουν καλή παραγωγική συμπεριφορά σε ορισμένα μόνο περιβάλλοντα να επιλέξουμε για ποικιλίες «ειδικής προσαρμοστικότητας» (Bridges, 1989). Οι Gauch and Zorbel (1996) αναφέρουν ότι: «Εάν δεν υπήρχε αλληλεπίδραση με το περιβάλλον μια ποικιλία θα είχε την ίδια απόδοση σε πλήθος περιβαλλόντων έτσι δεν θα χρειαζόταν πολλά πειράματα για να βρεθεί η αξία της, αλλά θα αρκούσε μόνο μια τοποθεσία αφού δεν θα υπήρχε πειραματικό σφάλμα και δεν θα χρειαζόταν πειραματικά σχέδια με επαναλήψεις. Το θέμα της αλληλεπίδρασης  $G \times E$  έχει μεγάλη σημασία και θα πρέπει να καταγράφεται η συχνότητα των αλληλεπιδράσεων (Singh *et al.*, 1999). Όταν δεν υπάρχει αλληλεπίδραση, αυτό μπορεί να οφείλεται σε δυο παράγοντες: α) οι γενότυποι να είναι ετερογενείς και τα περιβάλλοντα ομοιογενή, β) οι γενότυποι να είναι ομοιογενείς και τα περιβάλλοντα ετερογενή (Kang, 2001). Για να αποφευχθούν οι αρνητικές επιπτώσεις της αλληλεπίδρασης, είναι απαραίτητο η αξιολόγηση να γίνεται σε ένα εύρος περιβαλλόντων που περιλαμβάνουν ευνοϊκά και μη περιβάλλοντα ανάπτυξης ακόμη και περιβάλλοντα καταπόνησης. Αυτή είναι η πρακτική της διατοπικής αξιολόγησης (multilocation trials) που εφαρμόζεται σε όλα τα προγράμματα βελτίωσης (Busey, 1983). Παρόλο που η πρακτική αυτή για ένα πρόγραμμα βελτίωσης είναι πολυέξοδη, ταυτόχρονα είναι και αναγκαία επειδή εξασφαλίζει μεγαλύτερο γενετικό κέρδος.

Μέχρι πρόσφατα επικρατούσε η άποψη ότι τα πειράματα αξιολόγησης πρέπει να γίνονται για περισσότερες καλλιεργητικές περιόδους προκειμένου να γίνεται καλύτερη πρόβλεψη της συμπεριφοράς των γενοτύπων (Gellner, 1989). Αυτή όμως η αρχή δεν είναι επαρκώς τεκμηριωμένη επειδή συνήθως τα δεδομένα από πολλά έτη και περιοχές δεν είναι ισορροπα (balanced), αφού κάθε χρόνο προστίθενται νέες ποικιλίες, ενώ οι διαχρονικοί μάρτυρες δεν επαρκούν για να δημιουργηθεί μια βάση δεδομένων με ικανοποιητικό αριθμό ποικιλιών.

Τα σταθερά πρότυπα που χρησιμοποιούνταν μέχρι πρόσφατα (*fixed models*) αδυνατούν να αξιολογήσουν μη ισόρροπα δεδομένα (*unbalanced*). Με τις τελευταίες προόδους της στατιστικής καθίσταται δυνατό η ανάλυση μη ισόρροπων δεδομένων με μικτά πρότυπα (*mixed models*). Ο Yan (2003) χρησιμοποιώντας ανάλυση μικτού προτύπου σε δεδομένα από πειράματα στη σόγια, διαπίστωσε ότι τα αποτελέσματα ενός μόνο έτους ήταν ικανά να κάνουν ασφαλή πρόβλεψη για την αξία των ποικιλιών. Τα δεδομένα του 2<sup>ου</sup> χρόνου πρόσθεταν μικρή ακρίβεια, ενώ τα δεδομένα περισσότερων ετών δεν φάνηκε να αυξάνουν την ακρίβεια. Τα περισσότερα έτη όμως είχαν το πλεονέκτημα ότι χρησιμοποιούνταν περισσότεροι γενότυποι για σύγκριση μεταξύ τους.

### 2.1.2 Συνέπειες αλληλεπίδρασης GxE στην φάση αξιολόγησης ποικιλιών

Οι Yan *et al.* (2003) αναφέρουν ότι όσο μεγαλύτερη είναι η συμβολή της αλληλεπίδρασης GxE, στην διαμόρφωση της φαινοτυπικής διακύμανσης ( $\sigma^2_p$ ) τόσο μειώνεται η συμβολή των κυρίων δράσεων (*main effects*) με αποτέλεσμα να είναι δύσκολη η γενοτυπική διαφοροποίηση και επομένως η αποτελεσματική αξιολόγηση υπέρτερων ποικιλιών. Τα πολυπεριβαλλοντικά πειράματα επιτρέπουν την αναγνώριση των σταθερών ποικιλιών με την επανάληψη των πειραμάτων αξιολόγησης στο χώρο και στο χρόνο. Παρόλο που το κόστος των πολυπεριβαλλοντικών πειραμάτων είναι μεγάλο, η εφαρμογή τους είναι το μόνο μέσον για την εκτίμηση της παραγωγικής σταθερότητας των ποικιλιών.

### 2.2 Αιτίες της αλληλεπίδρασης γενοτύπου περιβάλλοντος

Όταν παρατηρηθεί στατιστικώς σημαντική αλληλεπίδραση τότε ο ερευνητής οφείλει να διερευνήσει τις αιτίες ώστε να κάνει ασφαλείς προβλέψεις για τη συμπεριφορά των γενοτύπων. Όταν κάποιος παράγοντας βρίσκεται σε επίπεδα χαμηλότερα ή υψηλότερα από το άριστο, τότε συνιστά περιβάλλον καταπόνησης. Διαφορές μεταξύ των γενοτύπων για παράδειγμα σε καταπόνηση νερού, εκφράζουν διαφορές στην ικανότητα αποτελεσματικής αξιοποίησης του συγκεκριμένου πόρου σε μειωμένη ποσότητα. Αντίθετα όταν ένας παράγοντας έχει τιμή πάνω από το άριστο,

π.χ. περίσσια νερού τότε οι διάφορες των γενοτύπων εκφράζουν διαφορές στο επίπεδο ανοχής (Baker, 1988).

Ο Smith, (1990) αναφέρει ότι: «Προσαρμοστικότητα είναι ένα ποσοτικό γνώρισμα και καθορίζεται από το μέγεθος, την ποιότητα και την πλαστικότητα των γενοτυπικών χαρακτηριστικών του φυτού». Σύμφωνα με τον Scandalios, (1990) τα φυτά έχουν την ικανότητα να ανταποκρίνονται πετυχημένα σε μια ποικιλία περιβαλλόντων, ενσωματώνοντας κατά την εξελικτική τους πορεία μηχανισμούς προσαρμογής στο γένωμά τους.

Οι βιοτικές καταπονήσεις είναι ένα μεγάλο εμπόδιο στη παραγωγικότητα των φυτών. Διαφορές ανάμεσα στους γενότυπους όσον αφορά την ανοχή τους στα έντομα, ασθένειες, ιούς κ.τ.λ. μπορεί να εξηγήσουν διαφορές στη σταθερότητα τους. Για παράδειγμα ο Baker, (1990) συμπεραίνει ότι διαφορές στη σταθερότητα ποικιλιών σιταριού, οφειλόταν στη ανοχή τους σε ασθένειες ή σε κάποιο άλλο κληρονομήσιμο χαρακτηριστικό. Οι Gravois *et al.*, (1990) συμπέραναν ότι η αλληλεπίδραση με τις ασθένειες ήταν πολύς σημαντικός παράγοντας για υψηλή αλληλεπίδραση G<sub>x</sub>E. Επίσης έχουν αναφερθεί πλήθος αβιοτικών καταπονήσεων που συμβάλουν στις αλληλεπιδράσεις. Για παράδειγμα, η ευαισθησία του σέλινου στην έλλειψη μαγνησίου και βορίου, μπορεί να οφείλεται στην απουσία συγκεκριμένων γονιδίων που ελέγχουν την πρόσληψη των ιχνοστοιχείων (Pope and Munger, 1953). Επίσης η ευαισθησία της σόγιας στη έλλειψη σιδήρου οφείλεται σε ένα γονίδιο που ελέγχει τη τροφοπενία σιδήρου (Devine, 1982). Έχουν αναφερθεί επίσης άλλες περιπτώσεις όπου οι γενότυποι παρουσιάζουν διαφορετική ευαισθησία στην ύπαρξη υπολειμματικών ζιζανιοκτόνων (Einhellig, 1996). Η ατμοσφαιρική ρύπανση, η αλατότητα, η τοξικότητα βαρέων μετάλλων, η υψηλή θερμοκρασία, το ψύχος, η ξηρασία καθώς και η κατεργασία του εδάφους μπορεί να δημιουργήσουν συνθήκες υψηλής G<sub>x</sub>E (Steiner *et al.*, 1984; Unsworth and Fuhrer, 1993; Spechr and Laing, 1993).

## 2.3 Το βασικά συστατικά του περιβάλλοντος του βαμβακιού ως αιτίες αλληλεπίδρασης

### 2.3.1 Κλίμα

Το κλίμα είναι ο πιο ευμετάβλητος παράγοντας του περιβάλλοντος γι' αυτό πάντα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη και να αναλύεται καταλλήλως.

Το βαμβάκι αναπτύσσεται σε ένα μεγάλο εύρος κλιματικών συνθηκών λόγω της γενετικής πλαστικότητας του (Hake, 1996). Η ίδια ποικιλία βαμβακιού μπορεί να προσαρμοστεί σε περιβάλλοντα με πολύ υγρασία, όπως αυτό του Mississippi Delta (Η.Π.Α) έως και τις έρημους όπως αυτές της Αrizona (Η.Π.Α). Χαρακτηριστικό παράδειγμα ευρείας προσαρμοστικότητας αποτελεί η ποικιλία DP 50 (Βουλκάνο) (USDA-ARS, 1992). Ο κύριος μηχανισμός προσαρμοστικότητας των ποικιλιών βαμβακιού, είναι η αύξηση της διάρκειας ανθοφορίας τους. Η βροχόπτωση, το γεωγραφικό πλάτος και μήκος είναι οι τρεις παράγοντες που επηρεάζουν το κλίμα κατά την διάρκεια της περιόδου ανάπτυξης. Η θερμοκρασία εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος και μήκος αλλά και από την γειτνίαση με υδάτινους όγκους. Η ζώνη του βαμβακιού στην Ελλάδα είναι βόρεια 38-40° (γεωγραφικό πλάτος) σε σχέση με τις καλλιεργούμενες περιοχές των Η.Π.Α. που βρίσκονται από 31° έως και 37° αλλά η Ελλάδα βρίσκεται ανάμεσα σε μεγάλους υδάτινους όγκους (Αιγαίο- Ιόνιο) με αποτέλεσμα η θερμοκρασία να είναι ευνοϊκή για το βαμβάκι. Το βαμβάκι ως είδος υποτροπικό, είναι πολύ ευαίσθητο σε θερμοκρασίες μικρότερες των 10°C, ενώ η παραγωγή του είναι ελάχιστη όταν η θερμοκρασία είναι μικρότερη από 15°C. Η άριστη θερμοκρασία αύξησης και ανάπτυξης του βαμβακιού είναι 30°C για το υπέργειο μέρος και για την ρίζα 30-35°C (Hodges *et al.*, 1993; McMichael and Quisenberry, 1993). Σε θερμοκρασίες μεταξύ 15 °C και 30 °C η αύξηση και ανάπτυξη των φυτών είναι γραμμική (Kerby *et al.*, 1985). Η έλλειψη νερού αυξάνει κατακόρυφα τη θερμοκρασία των φύλλων και διάφορα ένζυμα σταματούν να δρουν, με αποτέλεσμα σε θερμοκρασία πάνω από 34°C να σταματά η αύξηση και ανάπτυξη

των φυτών (Bruke *et al.*, 1989). Νυχτερινή θερμοκρασία κάτω από 25°C είναι ωφέλιμη, το άριστο όμως βρίσκεται μεταξύ 18-20°C (Gipson and Johan, 1968;1969). Όταν η θερμοκρασία κατά την νύχτα μένει πάνω από 26°C τα στόματα κλείνουν με αποτέλεσμα να μην διαπνέουν τα φυτά και η θερμοκρασία να αυξάνεται περαιτέρω. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να παρατηρείται μείωση στη γονιμότητα της γύρης, ενώ ο έντονος μεταβολισμός των φυτών, καταναλώνει τους υδατάνθρακες που σχηματίστηκαν κατά τη διάρκεια της ημέρας.

### 2.3.2 Το έδαφος

Το βαμβάκι προσαρμόζεται σε μεγάλο εύρος εδαφών. Ανάλογα με το κλίμα της περιοχής και κυρίως τη βροχόπτωση, προσαρμόζεται από αμμουδερά με καλή στράγγιση εδάφη σε περιοχές με μεγάλο βροχομετρικό ύψος έως και αργιλώδη με καλή συγκράτηση νερού και θρεπτικών σε περιοχές με μικρό βροχομετρικό ύψος (Hake, 1996). Επίσης παρατηρούνται μεγάλες διαφορές ανάμεσα στις ποικιλίες ως προς την προσαρμοστικότητα τους, στις διαφορετικές συνθήκες του εδάφους. Αυτές οι διαφορές όμως δεν έχουν σχέση συνήθως με την θρεπτική κατάσταση του εδάφους όσο με την ικανότητα συγκράτησης της υγρασίας τους (Hake, 1996). Μακροχρόνια πειράματα απέδειξαν ότι το βαμβάκι αντιδρά θετικά στην αμειψισπορά το πρόγραμμα της οποίας πρέπει πάντα να καταγράφονται στα πειραματικά δεδομένα (Mitchell *et al.*, 1991).

Όσον αφορά την αφομοίωση των μακροστοιχείων, συνήθως με την συγκομιδή σύσπορου απομακρύνονται (ανά στρέμμα) 5 κιλά άζωτο, 1 κιλό φωσφόρος, 2 κιλά κάλιο ενώ ταυτόχρονα απομακρύνονται και μικρές ποσότητες ιχνοστοιχείων. Το έδαφος θεωρείται σταθερός παράγοντας και εάν η αντικατάσταση των απολεσθέντων θρεπτικών στοιχείων γίνεται κανονικά συνήθως δεν συμβάλει στη παραλλακτικότητα των αποδόσεων (Hake, 1996).

### 2.3.3 Το νερό

Το βαμβάκι είναι πολύ ευαίσθητο στην έλλειψη υγρασίας κατά την διάρκεια της ανθοφορίας, αλλά επίσης και στην περίσσεια υγρασίας κατά το φύτευμα και το άνοιγμα των καρυδιών. Ενώ η θερμοκρασία καθορίζει την έναρξη και την λήξη της

καλλιεργητικής περιόδου, το νερό καθορίζει πότε οι συνθήκες θα είναι κατάλληλες για καρπόδεση και ωρίμανση της καλλιέργειας.

Το βαμβάκι έχει αρκετούς μηχανισμούς να ανέχεται την έλλειψη νερού. Αυτοί είναι η επιμήκυνση του ριζικού συστήματος εις βάρος των φύλλων, η πτώση των μικρών καρυδιών, των ώριμων φύλλων ή των μικρών χτενιών (Guinn, 1982). Τα μεγάλα καρύδια και τα μικρά χτένια έχουν προτεραιότητα στην επιβίωση του φυτού γι' αυτό τον λόγο και πέφτουν τελευταία, (Constable and Rawson, 1980). Η περίοδος του ανοίγματος είναι πολύ ευαίσθητη στη βροχόπτωση. Η περίσσεια και η έλλειψη νερού μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα όπως αναερόβιες συνθήκες από υπερβολική υγρασία στην ρίζα, έλλειψη θρεπτικών, μειωμένη ή υπερβολική βλαστική αύξηση (Hake, 1996).

Οι διάφορες ποικιλίες αλληλεπιδρούν σημαντικά στην έλλειψη και την περίσσεια νερού. Ποικιλίες όπως η Deltaopal παρουσιάζουν μεγάλη βλαστική αύξηση όταν υπάρχει περίσσεια νερού, με αποτέλεσμα να είναι απαραίτητη η εφαρμογή ρυθμιστών αύξησης για να περιοριστεί η βλαστική αύξηση και να ενισχυθεί η καρποφορία. Από την άλλη, ποικιλίες πρώιμες και καθορισμένης αύξησης δεν είναι ανθεκτικές στην έλλειψη νερού και χρειάζονται περισσότερη υγρασία νωρίς κατά την καλλιεργητική περίοδο, έτσι ώστε να αποφευχθεί η πρόωρη είσοδος στην καρποφορία (πριν δημιουργήσουν ικανοποιητικό υπέργειο τμήμα για υψηλή φωτοσυνθετική ικανότητα). Τα φυτά που υποφέρουν από έλλειψη νερού προσβάλλονται λιγότερο από αδρομύκωση, που προκαλείται από τον μύκητα *Verticillium dahliae*. Η έρευνα έδειξε ότι φυτά τύπου Acala είχαν περισσότερα συμπτώματα προσβολής από *Verticillium dahliae* με τρεις αρδεύσεις σε σχέση με τα αντίστοιχα συμπτώματα που γινόταν εμφανή μετά από μια άρδευση (Grimes and Huisman, 1984). Σύμφωνα με τους Ostrerhuis *et al.*, (1991) στα Μεσογειακά κλίματα συνήθως η ατμόσφαιρα είναι ξηρή και τα φυτά έχουν μικρότερα φύλλα και μίσχους, με αποτέλεσμα τα φυτά μπορούν να ρυθμίζουν καλύτερα τη θερμοκρασία τους λόγω της ακόρεστης ατμόσφαιρας και να φωτοσυνθέτουν καλύτερα.

#### **2.4 Η σπουδαιότητα της αλληλεπίδρασης GxE**

Σύμφωνα με τελευταία στοιχεία για τη βελτίωση των αποδόσεων τα τελευταία 50-60 χρόνια, βρέθηκε ότι αυτή οφείλεται κατά 50% στο γενότυπο και το υπόλοιπο στη διαχείριση και τις βελτιωμένες καλλιεργητικές τεχνικές (Silvey, 1981;

Simonds, 1981). Στο σιτάρι η αύξηση των αποδόσεων από το 1946 μέχρι το 1977 κατά 130 κιλά το στρέμμα οφειλόταν κατά 40-60 % στο περιβάλλον, 20-40% στον γενότυπο και 15-25 % στην αλληλεπίδραση GxE (Simmonds, 1981). Στις περιπτώσεις που παρατηρείται σημαντική αλληλεπίδραση (GxE), οι γενετιστές είναι υποχρεωμένοι να εγκαταστήσουν επιπλέον ερευνητικούς σταθμούς με αποτέλεσμα το κόστος της βελτίωσης να αυξάνεται κατακόρυφα. Εάν οι καιρικές συνθήκες και οι πρακτικές διαχείρισης διαφέρουν ανάμεσα στις περιοχές τότε είναι υποχρεωμένοι κατά την αξιολόγηση των ποικιλιών, να εγκαταστήσουν πολλές τοποθεσίες πειραματισμού. Ο Kang, (1993) ανέλυσε τα μειονεκτήματα της επιλογής που βασίζεται σε ένα μόνο περιβάλλον. Έτσι εύκολα μπορούν να απομακρυνθούν γενότυποι που σε ένα άλλο περιβάλλον και μια άλλη χρονιά, θα ήταν παραγωγικοί. Ως αποτέλεσμα μερικά ωφέλιμα γονίδια μπορεί να απομακρυνθούν οριστικά από το γενετικό δυναμικό. Η μεγάλη αλληλεπίδραση GxE μας αναγκάζει επίσης να δοκιμάσουμε ποικιλίες σε πολλές περιοχές, όμως έτσι μπορούμε πιο εύκολα να υπολογίσουμε τα συστατικά της παραλλακτικότητας καθώς και τον τρόπο κληρονομής των χαρακτηριστικών (Kang, 2002).

Τα πολυπεριβαλλοντικά πειράματα δίνουν τη δυνατότητα για αναγνώριση ποικιλιών γενικής και ειδικής προσαρμοστικότητας. Οι ποικιλίες με ευρεία προσαρμοστικότητα είναι μεν πιο σταθερές σε ένα εύρος περιβαλλόντων, ενώ οι ποικιλίες με ειδική προσαρμοστικότητα μπορούν να είναι περισσότερο σταθερές σε συγκεκριμένα περιβάλλοντα (Kang, 2002). Ο ίδιος ερευνητής επίσης αναφέρει ότι η αλληλεπίδραση (GxE) παρουσιάζει αρκετές προκλήσεις για τους βελτιωτές. Εξ' αιτίας του GxE οι βελτιωτές είναι αναγκασμένοι να αναπτύξουν διαφορετικούς πληθυσμούς για τα διαφορετικά περιβάλλοντα, κάτι που αυξάνει το κόστος της αξιολόγησης μακροπρόθεσμα όμως το κέρδος είναι πολύ μεγαλύτερο. Η εκτίμηση και ο χειρισμός του GxE είχε σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη μεθόδων που γενικά αναφέρονται ως στατιστικές μέθοδοι ανάλυσης σταθερότητας.

## **2.5 Οι στατιστικές μέθοδοι εκτίμησης της παραγωγικής σταθερότητας**

Από το 1970 έγιναν διάφορες προσπάθειες για την ανάλυση της αλληλεπίδρασης (GxE) με κύριο στόχο την ταυτόχρονη επιλογή για απόδοση και

σταθερότητα, δεν βρέθηκε όμως καμία μέθοδος δεν που να είναι γενικής αποδοχής (Kang, 2002).

Οι Lin *et al.*, (1986) ταξινόμησαν τις στατιστικές μεθόδους για ανάλυση σταθερότητας σε τέσσερις ομάδες:

- Ομάδα A: Βασίζεται στην εκτίμηση απόκλισης από τη μέση γενοτυπική δράση όπως αυτή εκφράζεται με τη διακύμανση (Variance). Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούν την απόκλιση από την μέση γενοτυπική δράση έχουν σαν κοινό όρο την εξίσωση:

$$X_{ij} - \bar{X}_i$$

όπου:

$X_{ij}$  = Απόδοση του γενότυπου  $i$  στο περιβάλλον  $j$

$\bar{X}$  = Γενικός μέσος όρος

- Ομάδα B: Βασίζεται στην εκτίμηση διακύμανσης που ωφείλεται στην αλληλεπίδραση G $\times$ E. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούν την διακύμανση της αλληλεπίδρασης έχουν σαν κοινό όρο την εξίσωση:

$$X_{ij} = \bar{X}_i - \bar{X}_j + \bar{X}$$

όπου :

$X_{ij}$  = Απόδοση του γενότυπου  $i$  στο περιβάλλον  $j$

$\bar{X}_i$  = μέσος όρος γενότυπου

$\bar{X}_j$  = μέσος όρος περιβάλλοντος

$\bar{X}$  = Γενικός μέσος όρος

- Ομάδες C και D: Βασίζονται στον συνδυασμό των δυο παραπάνω και εκφράζονται από το συντελεστή παλινδρόμησης ή απόκλισης από τη γραμμή παλινδρόμησης.

Οι Lin *et al.*, (1986) επίσης κατηγοριοποίησαν τις τέσσερις ομάδες ως εξής:

- Ομάδα Α–Σταθερότητας τύπου 1 (Type 1 stability). Ένας γενότυπος είναι σταθερός όταν η παραλλακτικότητα ανάμεσα στα περιβάλλοντα είναι μικρή. Ονομάζεται και βιολογική σταθερότητα.
- Ομάδες Β, C – Σταθερότητας τύπου 2 (Type 2 stability). Ένας γενότυπος είναι σταθερός όταν η αντίδραση στο περιβάλλον είναι παράλληλη με τον μέσο όρο του περιβάλλοντος. Ονομάζεται και αγρονομική σταθερότητα.
- Ομάδα D- Σταθερότητα τύπου 3 (Type 3 stability). Ένας γενότυπος είναι σταθερός εάν το μέσα τετράγωνα της απόστασης των σημείων από την γραμμή παλινδρόμησης είναι μικρά.

Οι Florens *et al.*, (1998) κατάταξαν τις μεθόδους με έναν άλλο τρόπο σε τρεις ομάδες:

- Ομάδα 1<sup>η</sup>. Η σταθερότητα συσχετίζεται μόνο με το επίπεδο της απόδοσης και δεν λαμβάνονται υπόψη παράμετροι σταθερότητας.
- Ομάδα 2<sup>η</sup>. Λαμβάνονται υπόψη τόσο η απόδοση όσο και η σταθερότητα.
- Ομάδα 3<sup>η</sup>. Η μέθοδος βασίζεται μόνο σε χαρακτηριστικά σταθερότητας.

Επίσης οι ίδιοι ερευνητές ομαδοποίησαν τις μεθόδους σε Μονοπαραγοντικές Παραμετρικές, Μονοπαραγοντικές μη–Παραμετρικές και Πολυπαραγοντικές. Σύμφωνα με τους παραπάνω οι *Μονοπαραγοντικές Παραμετρικές* βασίζονται στη υπολογισμό της μέσης γενοτυπικής δράσης και αντιπροσωπεύουν αθροίσματα τετραγώνων (AT) όπως είναι η παραλλακτικότητα και ο συντελεστής παραλλακτικότητας CV% (Francis and Kenneber, 1978).

Οι μονοπαραγοντικές παραμετρικές βασίζονται στη μέτρηση της αλληλεπίδρασης (GE) όπως είναι η μέθοδος της ζευγαρωτής αλληλεπίδρασης GE, Plaisted and Peterson (1959), η μέθοδος Ecovalence (Wricke, 1962) και η μέθοδος της παραλλακτικότητας GE (Shukla, 1972). Επίσης στις μονοπαραγοντικές παραμετρικές μεθόδους ανήκουν ο συντελεστής παλινδρόμησης (b) (Finlay and Wilkinson, 1963) και η απόκλιση από την γραμμή παλινδρόμησης (Eberhart and Russel, 1966) που βασίζονται στον υπολογισμό των AT και GE.

Οι *Μονοπαραγοντικές μη Παραμετρικές* μέθοδοι είναι ο δείκτης Ys (Kang , 1988), η μέθοδος των διαγραμμάτων βαθμολόγησης (Ketata, 1989), η μέθοδος Fox (1990), και τέλος η μέθοδος Flores (1993).

Οι κυριότερες πολυπαραγοντικές παραμετρικές μέθοδοι βασίζονται στην ομαδοποιούσα ανάλυση (Lin, 1982), ή στην ανάλυση κυρίων συνιστωσών (ΚΣ),

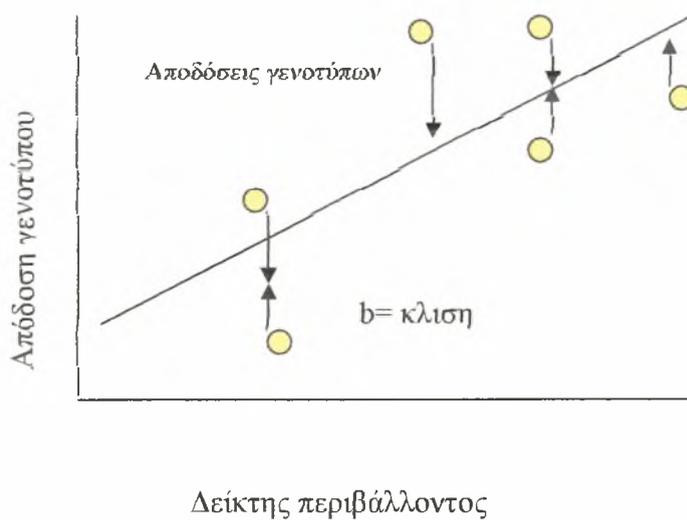
(Principal Components). Από την ανάλυση κυρίων συνιστωσών οι πιο σημαντικές είναι, η μέθοδος AMMI (Zobel 1988) και η μέθοδος GGE biplot (Yan *et al.*, 2000).

Ο Petersen, (1994) αναφέρει ότι υπάρχουν και δυο στατιστικές μέθοδοι που εξαρτώνται από τους άλλους γενότυπους που συμπεριλαμβάνονται στο πείραμα. Στις μεθόδους αυτές ένας γενότυπος μπορεί να είναι σταθερός όταν δοκιμάζεται με μια ομάδα γενοτύπων και ασταθής όταν δοκιμάζεται με μια άλλη ομάδα γενοτύπων. Οι μέθοδοι αυτές είναι:

- Μέθοδος Wricke, (1962)
- Μέθοδος Shukla, (1972)

Ο πιο σταθερός γενότυπος είναι αυτός με τις μικρότερες τιμές των αντίστοιχων δεικτών. Μια όμως από τις πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες μεθόδους, είναι η μέθοδος που χρησιμοποιεί το μοντέλο της Παλινδρόμησης. Αυτή η μέθοδος προτάθηκε για πρώτη φορά από τους Yates and Cochran, (1938). Εξάλλου οι Finlay and Wilkinson, (1963) χρησιμοποίησαν τη μέθοδο για να περιγράψουν την προσαρμογή ποικιλιών σε μεταβαλλόμενα περιβάλλοντα. Οι Eberhard and Russell, (1966) πρότειναν επίσης την ίδια μέθοδο για αξιολόγηση της σταθερότητας. Η σταθερότητα εκφράζεται από την τιμή του συντελεστή  $b$ , που εκφράζει την κλίση της γραμμής παλινδρόμησης. Σύμφωνα με τους Finlay and Wilkinson, (1963) η κλίση είναι δείκτης σταθερότητας και όταν είναι πάνω από 1 σημαίνει ότι η ποικιλία προσαρμόζεται σε υψηλοαποδοτικά περιβάλλοντα. Επιπλέον σύμφωνα με τους Eberhard and Russell, (1966) το μέσο τετράγωνο (MT) των αποστάσεων των σημείων από την γραμμή παλινδρόμησης, εκφράζει την σταθερότητα, γιατί όσο πιο απομακρυσμένα είναι τα σημεία από την γραμμή παλινδρόμησης τόσο πιο ασταθής είναι η ποικιλία (εικ. 2.2). Τέλος ο δείκτης  $R^2$  εκφράζει το πόσο καλά ερμηνεύει η γραμμή παλινδρόμησης το φαινόμενο, όσο πιο υψηλή είναι η τιμή του  $R^2$  τόσο πιο σταθερή είναι η ποικιλία.

Πρόσφατες αξιοσημείωτες προσεγγίσεις είναι η ανάλυση σχεδίου (pattern analysis), (Delacy *et al.*, 1996) και το μοντέλο AMMI (Additive main effects and multiplicative interaction model), (Gauch and Zobel, 1996). Το πρότυπο AMMI καθώς και η ανάλυση μοτίβων (pattern) παράγουν δισδιάστατα γράφηματα (biplot) που δείχνουν την σχέση των γενοτύπων με τα περιβάλλοντα δοκιμής.



Εικόνα 2.2 Γραμμή παλινδρόμησης. Το μέσο τετράγωνο (MT) των αποστάσεων των σημείων από την γραμμή παλινδρόμησης, εκφράζει την σταθερότητα

Επίσης, οι ίδιες μέθοδοι χρησιμοποιήθηκαν για να δείξουν τη συσχέτιση μεταξύ ομοειδών περιβαλλόντων καθώς και για τον προσδιορισμό των περιβαλλόντων με την καλύτερη διακριτική ικανότητα για διαφοροποίηση μεταξύ των γενοτύπων. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν και το SHMM (Shifted Multiplicative Model) (Crossa *et al.*, 1996; Cornelius *et al.*, 1996), και η μη παραμετρική μέθοδος Huhn, (1996) που βασίζεται στην βαθμολόγηση (ranks) των ποικιλιών σε σχέση με ένα μάρτυρα. Με τον ίδιο τρόπο ο Kang (1988), υπολόγισε το άθροισμα βαθμολογιών. Οι δυο τελευταίες μέθοδοι Huhn και Kang ενσωματώνουν την απόδοση και την σταθερότητα σε ένα κριτήριο το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης επιλογής. Οι Γούλας και Μασλάρης (1992) χρησιμοποίησαν μια μη παραμετρική μέθοδο με ταυτόχρονη συνεκτίμηση δυο μεταβλητών για την αξιολόγηση του παραγωγικού δυναμικού των ζαχαρότευλων.

Η μέθοδος κυρίων συνιστωσών (Principal Components) προτάθηκε από τον Gabriel, (1971) και στη συνέχεια διερευνήθηκε από τους Kempton, (1984); Zobel *et al.*, (1988). Οι Yan *et al.*, (2000) ανέπτυξαν πρότυπο που εκφράζει ως κύριες συνιστώσες τον γενότυπο (G) και την αλληλεπίδραση (GE) ταυτόχρονα και ανέπτυξαν λογισμικό που διευκολύνει την ανάλυση των δεδομένων (GGE Biplot). Οι ίδιοι αναφέρουν ότι “το λογισμικό GGE Biplot είναι ένα πολυπρόσωπο εργαλείο στην ποσοτική γενετική ανάλυση και βελτίωση φυτών, το οποίο διευκολύνει την

ανάλυση δεδομένων του τύπου: γενοτύπων–περιβαλλόντων, γενοτύπων–χαρακτηριστικών, ακόμη και γενοτύπων–διαλληλικών διασταυρώσεων και ανάλυση γονιδικών θέσεων (QTLs), (Yan *et al.*, 2000; 2001; Yan and Hunt, 2001; 2002; Yan and Rajcan, 2002).

## 2.6 Τα GGE biplot και τα Πολύπεριβαλλοντικά πειράματα

Στην μέθοδο ανάλυσης κυρίων συνιστωσών, τα επαναλαμβανόμενα πειράματα σε μεγάλο αριθμό περιβαλλόντων αντιμετωπίζονται ως πολυπαραγοντικά, αφού έχουν πολλές μεταβλητές. Η ανάλυση πολλαπλών μεταβλητών, μελετά ταυτόχρονα πολλές σχετιζόμενες μεταβλητές, όπου η κάθε μία θεωρείται εξίσου σημαντική και δεν είναι ξεκάθαρο αν η κάθε μία μεταβλητή είναι ανεξάρτητη από την άλλη (Τζιντάρας, 2003). Σκοπός της Ανάλυσης Κυρίων Συνιστωσών (ΑΚΣ), είναι να ελαττώσει τον αριθμό των μετρούμενων μεταβλητών ( $X_1, X_2, \dots, X_p$ ) από τους γενοτύπους ή τα περιβάλλοντα που μελετούμε σε ένα μικρό αριθμό δεικτών ( $K_{S1}, K_{S2}, \dots, K_{S_n}$ ) οι οποίοι είναι γραμμικοί συνδυασμοί των αρχικών μεταβλητών και λέγονται Κύριες Συνιστώσες (ΚΣ) (PC, Principal Components). Επειδή οι ΚΣ ερμηνεύουν τη συνολική διακύμανση των δεδομένων μπορούν να αντικαταστήσουν τις αρχικές μεταβλητές στην ανάλυση των δεδομένων. Συνήθως, δύο ή τρεις ΚΣ αντιπροσωπεύουν σχεδόν την συνολική διακύμανση των δεδομένων. Οπότε αντί στην ανάλυση των δεδομένων μας να χρησιμοποιήσουμε (p) μεταβλητές, μπορούμε να χρησιμοποιούμε μόνο δυο. Οι Yan and Hunt (1998), συνοπτικά αναφέρουν τους χειρισμούς που πρέπει να γίνουν προκειμένου να αναλυθούν πολύπεριβαλλοντικά πειράματα. Κατ' αρχήν σημειώνουν ότι η ύπαρξη  $G \times E$  είναι ο λόγος που χρησιμοποιούμε πολύπεριβαλλοντικά πειράματα, αλλιώς θα αρκούσε μια μόνο περιοχή για να βρούμε ποια ποικιλία είναι ο «νικητής». Συνεπώς κάποιος θα πρέπει να απαντήσει στις παρακάτω ερωτήσεις και να κάνει ανάλογες επιλογές: Υπάρχει  $G \times E$ ; εάν όχι όπως προαναφέρεται, ένα μόνο περιβάλλον αρκεί για να μας αποκαλύψει την υπέρτερη ποικιλία, δηλαδή το «νικητή». Εάν υπάρχει  $G \times E$  και αυτή είναι μικρή τότε θα έχει μικρή επίδραση στον καθορισμό του «νικητή» και η ανάλυση θα είναι άνευ σημασίας. Εάν η  $G \times E$  είναι σημαντική και επαναλαμβανόμενη τότε η αξιολόγηση των ποικιλιών πρέπει να γίνει στα αντίστοιχα μέγαπεριβάλλοντα.

Οι Gauch and Zobel, (1997) αναφέρουν ότι απαιτούνται δυο κριτήρια για να καθοριστεί ένα μέγα-περιβάλλον. Να υπάρχουν διαφορετικοί «νικητές» σε

διαφορετικά περιβάλλοντα και η παραλλακτικότητα εντός (within) των περιβαλλόντων να είναι μικρότερη από αυτή που υπάρχει μεταξύ περιβαλλόντων (among). Επίσης οι ίδιοι ερευνητές ανέπτυξαν το γράφημα ‘Which won where’ το οποίο λαμβάνοντας υπ’ όψιν τις αλληλεπιδράσεις μπορούσαν να αποκαλυφθούν οι «νικητές» μέσα σε μια ομάδα δεδομένων. Οι Yan *et al.*, (1999) εισήγαγαν στα bioplot ένα πολύγωνο το οποίο αναγνωρίζει τους «νικητές» στα αντίστοιχα περιβάλλοντα του σχεδίου ‘Which won where’. Σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές το πολύγωνο ήταν πολύ χρήσιμο για να περιγραφούν συνοπτικά τα δεδομένα. Όταν αναγνωριστούν και προσδιοριστούν οι ομάδες περιβαλλόντων μέσα στις οποίες δεν υπάρχει αλληλεπίδραση GxE τότε μέσα σ’ αυτά τα συγκεκριμένα περιβάλλοντα που είναι μεν όλα κατάλληλα για αξιολόγηση, υπάρχει όμως κάποιο περιβάλλον που έχει την καλύτερη διακριτική ικανότητα (Yan *et al.*, 2000; 2001). Αυτό ορίζεται ως μέγα-περιβάλλον και τα πειράματα πρέπει να επαναλαμβάνεται με δεδομένα αρκετών ετών. Αν αναγνωριστεί ένα περιβάλλον ως μέγαπεριβάλλον με βάση τα δεδομένα μιας χρονιάς πειραματισμού και την επόμενη δεν ισχύει, τότε αντιμετωπίζεται ως ένα σύνθετο μέγα-περιβάλλον το οποίο δεν έχει επαναλαμβανόμενες αλληλεπιδράσεις.

Η έννοια του «σύνθετου μέγα- περιβάλλοντος» είναι ότι έχει μεγάλες και απροσδιόριστες αλληλεπιδράσεις GxE (γενοτύποςxτοποθεσία) και όταν αναλύεται δια μέσου των ετών, οι αλληλεπιδράσεις (γενοτύποςxτοποθεσία) μετατρέπονται σε αλληλεπιδράσεις (γενοτύποςxτοποθεσίαxέτος), με αποτέλεσμα η αλληλεπίδραση (γενοτύποςxτοποθεσία) να εξαφανίζεται και να γίνεται άνευ σημασίας (Yan *et al.*, 2003). Σε αυτή την περίπτωση ο Kang, (1993a; 1998) πρότεινε η αξιολόγηση να βασίζεται στην μέση απόδοση και σταθερότητα διαμέσου των ετών. Οι Yan *et al.*, (2003) αναφέρουν ότι τα πολυπεριβαλλοντικά δεδομένα πρέπει να έχουν τέσσερις σημαντικούς σκοπούς: α)την ταυτοποίηση διαφορετικών μέγα-περιβαλλόντων, β)την αξιολόγηση των ποικιλιών μέσα στα μέγα-περιβάλλοντά, γ)την αξιολόγηση του κάθε περιβάλλοντος μέσα στην ομάδα του μέγα- περιβάλλοντος, ώστε να διαπιστωθεί η διακριτική τους ικανότητα να αποκαλύπτει τους νικητές και δ)την διερεύνηση των αιτιών της εμφάνισης GxE.

Ο Yan (2000) χρησιμοποιώντας σειρά δεδομένων που προέκυψαν από αξιολόγηση 18 ποικιλιών σιταριού σε 9 περιοχές στο Οντάριο του Καναδά, διέκρινε την ύπαρξη 2 μέγα-περιβαλλόντων. Στο παρελθόν η περιοχή αυτή διαιρούταν σε τρία μέγα-περιβάλλοντα, με αποτέλεσμα να γίνονται περιττά πειράματα αξιολόγησης που ανέβαζαν το κόστος της βελτίωσης. Επίσης βρέθηκαν οι σχέσεις των περιβαλλόντων

μεταξύ τους, ενώ επιπλέον έγινε δυνατός ο προσδιορισμός περιβαλλόντων μέσα στο κάθε μέγα-περιβάλλον που ήταν τα πιο αντιπροσωπευτικά και μπορούσαν να διαφοροποιήσουν αποτελεσματικά τις αξιολογούμενες ποικιλίες.

Οι Yan *et al.*, (2002) ανέλυσαν με GGE bioplot πολύ- περιβαλλοντικά δεδομένα σόγιας για απόδοση και χαρακτηριστικά ποιότητας. Σε αυτή τη μελέτη εκτός από το GGE bioplot για την ανάλυση του γενότυπου (G) και της αλληλεπίδρασης (GxE), χρησιμοποίησαν και μια νέα μορφή bioplot που την ονόμασαν «γενότυπος x γνώρισμα» (GT- Genotype x trait). Η μεθοδολογία αυτή καθιστά δυνατή την αξιολόγηση των χαρακτηριστικών ποιότητας της σόγιας (λάδι, πρωτεΐνη) αλλά και άλλων αγρονομικών χαρακτηριστικών όπως το ύψος και το πλάγιασμα. Το γράφημα Γενότυπος x Γνώρισμα (GT-bioplot) έχει την ίδια λογική με το GGE, με τη διαφορά να συνίστάται στο ότι οι παράγοντες διαιρούνται με την τυπική απόκλιση των χαρακτηριστικών (standardized units) και έτσι επιτρέπει τη σύγκριση μεταξύ τους αφού δεν υπάρχουν πλέον οι διαφορετικές μονάδες μέτρησης. Τελικά από τις τέσσερις τοποθεσίες πειραματισμού βρέθηκε ότι η μια ήταν περιττή γιατί ομαδοποιούταν μαζί με μια από τις άλλες τρεις περιοχές. Επίσης βρέθηκε ότι μια περιοχή (Winchester) διαφοροποιείτο γενικά σε σχέση με τις άλλες, όμως όταν η ανάλυση έγινε με βάση ετήσια δεδομένα βρέθηκε ότι σε δυο από τα έξι χρόνια η περιοχή ομαδοποιούταν με μια από τις άλλες, και έτσι δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελεί μέγαπεριβάλλον. Αυτή η συμπεριφορά έδειξε ότι όταν υπάρχει μεγάλη GxE, οι εκτιμήσεις θα πρέπει να γίνονται σε ετήσια βάση. Αυτό μπορούμε να το καταλάβουμε όταν στα δεδομένα μας η τιμή της ΚΣ2 (PC2) είναι υψηλή σε σχέση με της ΚΣ1 (PC1). Υψηλή ΚΣ2 σημαίνει ότι υπάρχει μεγάλη GxE διακύμανση αφού η ΚΣ2 ερμηνεύει την ύπαρξη GxE και έχει σχέση με τη σταθερότητα ενώ αντίθετα η ΚΣ1 ερμηνεύει το δυναμικό της απόδοσης. Έτσι το ιδανικό περιβάλλον για αξιολόγηση, θα πρέπει να έχει υψηλή ΚΣ1 δηλαδή μεγάλη διακριτική ικανότητα και μικρή ΚΣ2 δηλαδή να είναι αντιπροσωπευτικό σε σχέση με τα άλλα περιβάλλοντα. Το ίδιο θα πρέπει να συμβαίνει και με την ιδανική ποικιλία. Θα πρέπει να έχει μεγάλο δυναμικό απόδοσης (υψηλή βαθμολογία ΚΣ1) αλλά να είναι και σταθερή δηλαδή (χαμηλή ΚΣ2).

Τα γραφήματα GT έδωσαν επιπλέον την δυνατότητα για ταυτόχρονη επιλογή γενοτύπων για περισσότερα από ένα χαρακτηριστικά, όπως για παράδειγμα στην σόγια ταυτόχρονη επιλογή για απόδοση σε σπόρο, πρωτεΐνη και λάδι. Επιπλέον τα GT bioplot έχουν μια δυνατότητα που ονομάζεται εκλεκτική απομάκρυνση (Culling).

Η ενέργεια αυτή είναι ισοδύναμη με τη μεθοδολογία επιλογής «ανεξάρτητο επίπεδο απόρριψης» (independent culling level) που επιτρέπει να απομακρύνουμε γενοτύπους οι οποίοι δίνουν χαμηλότερη απόδοση ως προς ένα χαρακτηριστικό σε σχέση με το μέσο όρο του πειράματος. Η διαδικασία εκλεκτικής απομάκρυνσης, βοηθάει στην επιλογή γενοτύπων που υπερέχουν σε ορισμένα χαρακτηριστικά τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για βελτίωση, με τη χρήση των επιλεγμένων γενοτύπων, ως γονείς.

Τα biplot βασίζονται στην ανάλυση που ονομάζεται ανάλυση κύριων συνιστωσών (Principal Components Analysis-PCA). Για να γίνει όμως σωστή αναπαράσταση των δεδομένων απαιτείται και σωστός επιμερισμός των τιμών των περιβαλλόντων (testers) και των γενοτύπων (entries). Ο επιμερισμός των τιμών γίνεται με την διαδικασία που ονομάζεται Μοναδικός Επιμερισμός Τιμής (MET (Singular value partitioning-SV). Ο Yan, (2002) μελετώντας διάφορες μεθόδους MET, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι όταν θέλουμε να εξετάσουμε τις σχέσεις ανάμεσα σε διαφορετικά περιβάλλοντα τότε είναι καλύτερα να χρησιμοποιήσουμε τη μέθοδο που εστιάζεται στα περιβάλλοντα (environment focused). Αντίθετα όταν ασχολούμαστε με σχέσεις μεταξύ γενοτύπων είναι καλύτερα να χρησιμοποιήσουμε την γενοτυπική μέθοδο εστίασης (genotype focused). Η διαφορά ανάμεσα στις δυο μεθόδους έγκειται στο ότι το MET επιμερίζεται στα διανύσματα των περιβαλλόντων ή των γενοτύπων αντίστοιχα. Επιπροσθέτως έχει δοκιμαστεί και μέθοδος επιμερισμού και στα δυο παράγοντες ταυτόχρονα, η οποία ονομάστηκε συμμετρική. Με την συμμετρική μέθοδο δεν παρατηρήθηκε κανένα πλεονέκτημα αφού η παραλλακτικότητα που εξηγούνταν ήταν λίγο μικρότερη από τις άλλες και τελικά δεν χρησιμοποιήθηκε. Τέλος δοκιμάστηκε και η ισομερής μέθοδος (Equal-space Scaling), χωρίς όμως επιτυχία.

## 2.8 Τα πλεονεκτήματα και οι περιορισμοί της μεθόδου των Biplot

Οι Yan et al. (2000) αναφέρουν ότι το GGE biplot ερμηνεύει μεγαλύτερο ποσοστό της παραλλακτικότητας από το πρότυπο AMMI καθώς και από το μοντέλο SREG (Site regression environment genotype). Επίσης σε σχέση με το πρότυπο της παλινδρόμησης, οι Zobel *et al.*, (1988) αναφέρουν ότι οι μέσοι όροι που χρησιμοποιούνται για να ερμηνεύσουν το περιβάλλον πολλές φορές δεν το

καταφέρνουν, ενώ η γραμμή παλινδρόμησης στις περισσότερες των περιπτώσεων ερμηνεύει μικρό μέρος της συνολικής GxE διακύμανσης.

Οι Yan and Hunt (2002) σχολιάζοντας τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των GGE biplot αναφέρουν τα παρακάτω: Με τα GGE είναι δυνατόν σε κάποιον να προσδιορίσει την ύπαρξη μέγα – περιβαλλόντων, να επιλέξει τις καλύτερες ποικιλίες, και τέλος να επιλέξει τα καλύτερα περιβάλλοντα για πειραματισμό. Τα δεδομένα που προκύπτουν από την ανάλυση MET έχουν και μια τέταρτη χρησιμότητα που έχει σχέση με την εξήγηση των αιτιών της ύπαρξης GEI. Για να αναλύσουμε όμως το GEI χρειαζόμαστε και επιπλέον πληροφορίες εκτός από την απόδοση, που σχετίζονται με περιβαλλοντικούς παράγοντες (θερμοκρασίες, υγρασία, βιοτικοί, αβιοτικοί κτλ.). Εάν υπάρχουν και αυτές οι πληροφορίες οι τιμές των περιβαλλόντων και των γενοτύπων μπορούν να συσχετιστούν με τους γενοτυπικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες, έτσι ώστε οι αλληλεπιδράσεις να ερμηνευτούν ως αλληλεπιδράσεις παραγόντων και όχι σαν αλληλεπιδράσεις γενότυπου x περιβάλλοντος. Τα GGE biplot όπως όλες οι μέθοδοι έχουν τους περιορισμούς τους γιατί:

- Απαιτούν ισορροπημένα δεδομένα (balanced data).
- Μερικές φορές ερμηνεύουν μικρό ποσοστό της GxE.
- Δεν μπορούν να μετρήσουν την σημαντικότητα των επιδράσεων όπως η συμβατική στατιστική προσέγγιση.
- Είναι δύσκολα στην εφαρμογή τους αφού απαιτούν πολλούς υπολογισμούς.

Παρόλα αυτά, οι ίδιοι συγγραφείς αναφέρουν ότι με τη χρήση του σχετικού λογισμικού, η ανάλυση των δεδομένων γίνεται αυτόματα και δεν είναι ιδιαίτερα δύσκολη. Επίσης όταν έχουμε μη ισορροπημένα δεδομένα, τα «κενά κελιά» αντικαθιστώνται από τους μέσους όρους των αντίστοιχων περιβαλλόντων. Όταν τα GGE biplot ερμηνεύουν μικρό μέρος του GGE, η λύση που δόθηκε είναι να διερευνηθεί εάν τα ΚΣ3, ΚΣ4, ΚΣ5 κτλ ή συνδυασμοί όπως ΚΣ1 Vs ΚΣ3, ΚΣ2, ΚΣ3 κτλ, ερμηνεύουν καλύτερα τα φαινόμενα. Σχετικά με τη διερεύνηση της σημαντικότητας, οι Yan *et al.*, (2001) αναφέρουν ότι είναι απαραίτητη η χρήση της συμβατικής στατιστικής διότι τα GGE biplot ερμηνεύουν τα φαινόμενα με συσχετίσεις. Για παράδειγμα όταν το φαινόμενο ερμηνεύεται κατά 80%, είναι δυνατόν οι τιμές των αποδόσεων στα biplot να μην σχετίζονται απόλυτα με τις πραγματικές αποδόσεις. Για αυτό τον λόγο τα GGE biplot είναι ένα χρήσιμο

εργαλείο για τη δημιουργία υποθέσεων οι οποίες θα πρέπει να αποδεικνύονται με συμβατική ανάλυση της παραλλακτικότητας (Yan *et al.*, 2001).

## 2.8 Εφαρμογές ανάλυσης σταθερότητας σε ποικιλίες βαμβακιού

Οι πιο πολλές αναφορές σχετικά με το βαμβάκι αναφέρονται σε σταθερότητα τύπου 1 που βασίζεται στο συντελεστή γραμμικής παλινδρόμησης ή σε αποκλίσεις από τη γραμμή παλινδρόμησης. Μετά το 2002 υπάρχουν αναφορές για χρήση των μοντέλων AMMI και GGE biplots (Myers, 2002; Lubbers, 2003; Aguado *et al.*, 2003).

### 2.8.1 Αναφορές μοντέλου παλινδρόμησης

Οι Palomo and Godoy, (1996) εκτίμησαν τη σταθερότητα έξι πειραματικών ποικιλιών βαμβακιού και τριών εμπορικών σε οκτώ περιβάλλοντα στο Μεξικό, χρησιμοποιώντας παραμέτρους του πρότυπου Eberhart and Russel (1966). Η συνδυασμένη ανάλυση έδειξε ότι υπήρχε μη σημαντική αλληλεπίδραση γενοτύπου-περιβάλλοντος και ότι οι ποικιλίες ήταν ευρείας προσαρμοστικότητας. Σε αυτή την περίπτωση, η συμπεριφορά των γενοτύπων ήταν παρόμοια σε όλες τις περιοχές που δοκιμάστηκαν και οι πλέον κατάλληλες επιλέχθηκαν σύμφωνα με τη μέση απόδοση και το μέσο τετράγωνο της απόκλισης από τη γραμμή παλινδρόμησης. Τελικά επιλέχθηκαν οι πρώτες τρεις υψηλοαποδοτικές ποικιλίες που είχαν όμως μικρή απόκλιση από την γραμμή παλινδρόμησης ( $S^2 d_j$ ).

Ο Hernandez-Jassa, (1988) αναφέρει ότι σε εκτίμηση της σταθερότητας για απόδοση με επτά ποικιλίες βαμβακιού και οκτώ περιβάλλοντα για τρία χρόνια, τα πιο σημαντικά στοιχεία της παραλλακτικότητας, ήταν ο γενότυπος και η αλληλεπίδραση Έτος×Τοποθεσία. Ο συντελεστής παλινδρόμησης (b) ήταν κοντά στην μονάδα για τις ποικιλίες με χαμηλή απόδοση, και είχε τιμή >1 για τις υψηλοαποδοτικές ποικιλίες. Επιπλέον οι διαφορές από τη γραμμή παλινδρόμησης, ήταν μικρές για τις χαμηλοαποδοτικές ποικιλίες, οι οποίες ήταν σταθερές αλλά χαμηλού δυναμικού απόδοσης. Τέλος οι διαφορές από την γραμμή παλινδρόμησης, ήταν μεγαλύτερες για τις υψηλοαποδοτικές ποικιλίες υποδηλώνοντας ότι οι ποικιλίες μεγάλου δυναμικού

απόδοσης ήταν και λιγότερο σταθερές. Αυτό επιβεβαιώνει την άποψη ότι στο βαμβάκι η ταυτόχρονη αύξηση του δυναμικού απόδοσης πολλές φορές δεν συνοδεύεται και από την ανάλογη σταθερότητα, υποδηλώνοντας ότι η εκτίμηση της σταθερότητας των ποικιλιών βαμβακιού έχει μεγάλη σημασία στα προγράμματα γενετικής βελτίωσης.

Οι Kerby *et al.*, (2000) αναλύοντας δεδομένα από 10 έτη και 80 περιοχές επιμέρισαν, την παραλλακτικότητα που αφορά την απόδοση, την ποιότητα και την αύξηση της ίνας σε παράγοντες που σχετίζονται με τον γενότυπο και το περιβάλλον. Για αυτό τον λόγο, χρησιμοποίησαν μικροπειράματα με επαναλήψεις καθώς και πειράματα σε λωρίδες (*strip trials*). Από διαφορετικές ομάδες πειραμάτων προέκυψε ότι κατά τα έτη 1996 και 1997 για δεδομένα που αντιπροσώπευαν ένα μεγάλο εύρος περιβαλλόντων στις Η.Π.Α, η παραλλακτικότητα της απόδοσης, όπως αυτή εκφράζεται από το άθροισμα των τετραγώνων, οφείλεται κατά 90% στην τοποθεσία. Για τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά (π.χ ποιότητα ίνας), η τοποθεσία (περιβάλλον) συνέβαλε κατά 85% στην παραλλακτικότητα του μήκους ίνας, 69% στο μικροναίρ, 48% στην αντοχή, 90% στο ύψος των φυτών, 85% στον συνολικό αριθμό των γονάτων, 80% στην ημερομηνία τερματισμού (*cut out*) και τέλος 75% στην συγκράτηση των 5 χαμηλότερων θέσεων καρποφορίας. Τα στοιχεία αυτά, ήταν σε απόλυτη συμφωνία με παλαιότερες μελέτες και μάλιστα από περιορισμένο αριθμό τοποθεσιών που αναφέρονται από τους ίδιους ερευνητές για την Καλιφόρνια (Kerby *et.al.*, 1996). Το ενδιαφέρον ήταν ότι η ανάλυση της παραλλακτικότητας, όπως εκφράζεται από τη διακύμανση, έδωσε τα ίδια αποτελέσματα με την γραμμή παλινδρόμησης των ποικιλιών ως προς τον μέσο όρο των περιβαλλόντων. Το πρότυπο της παλινδρόμησης εφαρμόστηκε και στα πειράματα σε λωρίδες, όπου τα δεδομένα δεν ήταν ισορροπημένα. Ο συντελεστής προσδιορισμού  $R^2$  μεταξύ πραγματικής και μέσης απόδοσης του περιβάλλοντος, είχε τιμές γύρο στο 90% δηλώνοντας ότι και με την παλινδρόμηση μπορούμε για μη ισορροπημένα δεδομένα να εκτιμήσουμε την επίδραση του περιβάλλοντος. Πρέπει όμως να έχουμε υπ' όψιν μας ότι μια τέτοια προσέγγιση υπερεκτιμά το περιβάλλον επειδή δεν έχουμε επαναλήψεις και δεν μπορούμε να αφαιρέσουμε την αλληλεπίδραση. Ο ίδιος επίσης συγγραφέας, τονίζει ότι για την εκτίμηση της σταθερότητας των ποικιλιών πρέπει να γίνει χρήση και των τριών συντελεστών της γραμμής παλινδρόμησης ως ακολούθως:

Το  $R^2$  το οποίο μας δηλώνει ότι η ποικιλία δεν αποκλίνει από το παραγωγικό δυναμικό του περιβάλλοντος σε καμιά περίπτωση δεν μας δείχνει το πραγματικό

παραγωγικό της δυναμικό. Το  $b$  εκφράζει την κλίση της γραμμής παλινδρόμησης. Όταν είναι  $b > 1$  η απόδοση της ποικιλία αυξάνεται περισσότερο από την απόδοση του περιβάλλοντος και από την άλλη σε χαμηλοαποδοτικά περιβάλλοντα μειώνεται περισσότερο.

Ένα χρήσιμο στοιχείο που δεν συνυπολογίζεται από άλλους συγγραφείς είναι το σημείο έναρξης στον άξονα των  $y$  όταν το  $x=0$  στην εξίσωση παλινδρόμησης  $y=a+bx$ . Επειδή το  $(a)$  αντιπροσωπεύει την προβολή (intercept). Για τιμές  $a > 0$  σημαίνει ότι το σημείο εκκίνησης είναι μεγαλύτερο από τον μέσο όρο των ποικιλιών όταν το περιβάλλον  $x$  έχει χαμηλές τιμές. Όταν το  $x < 0$  σημαίνει ότι η ποικιλία είναι χαμηλοαποδοτική στα φτωχά περιβάλλοντα.

Το πρότυπο της παλινδρόμησης επίσης χρησιμοποιήθηκε από τον Kerby *et.al.*, (1996) για την εκτίμηση της σταθερότητας των τεχνολογικών χαρακτηριστικών της ίνας σε μοριακά γενετικά τροποποιημένες ποικιλίες (GMO) σε σύγκριση με τις αντίστοιχες συμβατικές τους, σε έναν αριθμό περιβαλλόντων που περιλάμβαναν έτη και περιοχές (Kerby *et.al.*, 2001). Η κάθε ποικιλία συγκρινόταν με τον μέσο όρο όλων των ποικιλιών στα αντίστοιχα περιβαλλοντά τους. Πέντε ομάδες ποικιλιών συγκρίθηκαν με τις αντίστοιχες που προέκυψαν μετά από μοριακή γενετική τροποποίηση (Bollgard®, Roudup Ready® και Stacked®). Όπως αναμενόταν, οι ποικιλίες δείχνουν μεταξύ τους μεγάλη παραλλακτικότητα στα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους αλλά η σύγκριση μεταξύ των συμβατικών (επαναλαμβανόμενος γονέας) και των αντιστοιχών γενετικώς τροποποιημένων δεν έδειξε σημαντική διαφορά ανάμεσα στα διάφορα περιβάλλοντα. Και πάλι χρησιμοποιήθηκε η παράμετρος  $R^2$ , η προβολή (intercept) και η κλίση ( $b$ ). Για την παραλλακτικότητα μεταξύ των ετών διαπιστώθηκε ότι εάν χρησιμοποιηθεί μη ισόρροπη σειρά δεδομένων τότε η επίδραση του έτους στην συνολική παραλλακτικότητα είναι μεγάλη. Εάν όμως η σειρά των δεδομένων περιλαμβάνει πολλά χρόνια τότε το πρόβλημα ελαχιστοποιείται. Το μήκος της ίνας έδειξε μεγαλύτερη αστάθεια σε αντίθεση με την αντοχή που ήταν πιο σταθερή. Το μικροναιφ έδειξε επίσης μεγάλη παραλλακτικότητα ακόμη και σε σχετικά μεγάλες σειρές δεδομένων. Επίσης σε αυτή την εργασία χρησιμοποιήθηκε μια παραλλαγή της παλινδρόμησης. Για καλύτερη σύγκριση των ακραίων τιμών σε κάθε περιβάλλον βρέθηκαν οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές του περιβάλλοντος και συγκρίθηκαν με τις τιμές των ποικιλιών σε αυτές τις τιμές. Για παράδειγμα οι ακραίες τιμές του περιβάλλοντος στην αντοχή της ίνας ήταν 22-36 gr/tex (μονάδα μέτρησης αντοχής ίνας). Για τις τιμές αυτές η

ποικιλία DP 388 έδωσε κατά μέσο όρο 22,6-38,1 gr/tex δηλώνοντας ότι έχει τάση να ξεπερνά τον μέσο όρο των πιο ακραίων τιμών του περιβάλλοντος. Το μοντέλο της παλινδρόμησης επίσης χρησιμοποιήθηκε για να εκτιμηθεί η σταθερότητα ποικιλιών βαμβακιού σε διαφορετικές καλλιεργητικές τεχνικές και επίπεδα υγρασίας εδάφους (Stacey *et al.*, 2002). Το βαμβάκι είναι ένα φυτό που αλληλεπιδρά έντονα με τα επίπεδα υγρασίας καθώς και τις καλλιεργητικές πρακτικές. Για αυτό το λόγο, έγινε προσπάθεια να μελετηθεί η σταθερότητα των ποικιλιών σε διαφορετικές πρακτικές. Για την σύγκριση χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής  $R^2$  του οποίου όσο πιο υψηλή ήταν η τιμή τόσο πιο σταθερή ήταν η ποικιλία. Ποικιλίες συγκρινόμενες σε διαφορετικά επίπεδα υγρασίας εδάφους όπως ξηρική καλλιέργεια και ποτιστική, έδειξαν σημαντικά επίπεδα αλληλεπίδρασης. Για παράδειγμα η ποικιλία PM 1218 BG/RR έδειξε ότι ήταν πιο σταθερή στην ξηρική καλλιέργεια από την ποτιστική, ενώ η Sure-Grow 747 ήταν πιο σταθερή στην ποτιστική καλλιέργεια. Από την άλλη στα καλλιεργητικά συστήματα ελάχιστης κατεργασίας και συμβατικής κατεργασίας του εδάφους, οι ποικιλίες επέδειξαν παρόμοια σταθερότητα. Όλα αυτά τελικά, υπονοούν ότι η καταγραφή των ιδιαίτερων καλλιεργητικών και περιβαλλοντικών συνθηκών είναι σημαντική στην εξήγηση της αλληλεπίδρασης γενότυπου-περιβάλλοντος. Τελικά η ανάλυση της σταθερότητας πρέπει να επιχειρείται με την αντίστοιχη προσεκτική ανάλυση όλων των πιθανών παραγόντων που προκαλούν παραλλακτικότητα συμπεριλαμβανομένου και των ιδιαίτερων καλλιεργητικών τεχνικών του κάθε περιβάλλοντος. Για αυτό το λόγο, τα πειράματα θα πρέπει να εγκαθίστανται σε συνθήκες που είναι όμοιες με αυτές του παραγωγού.

Ο Kerby, (2003) συγκρίνοντας πειράματα που διεξάγονταν από πανεπιστήμια στις Η.Π.Α και αντίστοιχα πειράματα που διαχειριζόταν η D&PL, βρήκε ότι στα πανεπιστημιακά πειράματα υπήρχε τάση να αποδίδουν συγκεκριμένοι γενότυποι που ήταν σταθεροί σε υψηλοαποδοτικά πειράματα. Το γεγονός αυτό οδήγησε σε υπερεκτίμηση της σταθερότητας των ποικιλιών αφού απομόνωνε το δείγμα σε συγκεκριμένα σημεία που δεν ήταν αντιπροσωπευτικά του πληθυσμού των περιβαλλόντων. Σε αυτή επίσης την εργασία χρησιμοποιήθηκε μια τροποποίηση του προτύπου της παλινδρόμησης. Επειδή ο αριθμός των δεδομένων ήταν πολύ μεγάλος (πάνω από 900), ως μέσος όρος του περιβάλλοντος, χρησιμοποιήθηκε η γραμμή με κλίση  $b=1$  και προβολή  $\text{intercept}=0$ . Επίσης ως δείκτης παραγωγικού δυναμικού της ποικιλίας, χρησιμοποιήθηκαν οι σχετικές τιμές (%) της ποικιλίας επί του γενικού μέσου όρου του περιβάλλοντος. Εάν η ποικιλία ήταν κάτω από αυτή τη γραμμή, τότε

απέδιδε λιγότερο σε σχέση με το δυναμικό του περιβάλλοντος. Ως δείκτης σταθερότητας χρησιμοποιήθηκε το  $R^2$ . Επειδή δεν χρησιμοποιήθηκε ένας κοινός μάρτυρας ή περισσότεροι κοινοί μάρτυρες, υπήρχε μια τάση η κλίση να μειώνεται στις ποικιλίες με πολλά δεδομένα και να γίνεται οριζόντια, πράγμα που σημαίνει ότι καθώς περνούσαν τα χρόνια το καλύτερο γενετικό υλικό έκανε τις παλαιές ποικιλίες κατώτερες και έτσι η παραγωγική τους ανταγωνιστικότητα μειωνόταν.

Οι Albers *et al.*, (2002) πρότειναν μια μετατροπή της παλινδρόμησης προκείμενου να εκτιμήσουν την σταθερότητα ποικιλιών συγκρίνοντας μια εμπορική ποικιλία με μια νέα πειραματική ποικιλία. Τα δεδομένα από τις ίδιες περιοχές τοποθετήθηκαν σε πρότυπο παλινδρόμησης για ζευγαρωτή σύγκριση (head to head). Για παράδειγμα η ποικιλία PM 1218 BG/RR σε σύγκριση με την DP 451 B/RR ήταν καλύτερη σε αποδόσεις (πάνω από 746 lib/acre) δείχνοντας ότι υπερτερούσε σε υψηλοαποδοτικά περιβάλλοντα. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι ήταν και καλύτερη, δεδομένου ότι τα περισσότερα περιβάλλοντα σε αυτή την περιοχή είχαν χαμηλότερες αποδόσεις από αυτή των 746 lib/acre. Αυτό έδειξε ότι η σταθερότητα είναι σχετική και εξαρτάται πάντα από το περιβάλλον που εξετάζουμε. Με αυτό επίσης τον τρόπο επιχειρείται και η ομαδοποίηση των περιβαλλόντων. Το πρότυπο της παλινδρόμησης δεν είναι ευέλικτο στο να προσφέρει την δυνατότητα που προσφέρουν τα μοντέλα AMMI και GGE Biplot, στο να διαχωρίζουν δηλαδή τα περιβάλλοντα ανάλογα με το ποσοστό της  $G \times E$  που ερμηνεύουν. Η χρήση της παλινδρόμησης με αυτή την μετατροπή, βοήθησε την καλύτερη κατανόηση της συμπεριφοράς των ποικιλιών σε ένα εύρος περιβαλλόντων αλλά σε καμία περίπτωση δεν αποτελεί τον οδηγό για το ποια ποικιλία είναι η καλύτερη σε κάθε συγκεκριμένο χωράφι.

Οι Johnson and Bourland, (2003) προσπάθησαν να εξηγήσουν την σταθερότητα ποικιλιών βαμβακιού επιμερίζοντας την απόδοση σε ίνα, στα κύρια συστατικά της όπως: καρύδια ανά acre, σπόροι ανά καρύδι, σπόροι ανά acre, ποσότητα ίνας ανά σπόρο, αριθμός ινών ανά σπόρο. Ο σκοπός ήταν να διαπιστωθεί εάν η σταθερότητα των συστατικών της απόδοσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επιλογή σταθερότερων ποικιλιών. Το κάθε χαρακτηριστικό έτσι συσχετίστηκε γραμμικά με τον μέσο όρο και υπολογίστηκαν, η κλίση (b) και το  $R^2$ . Η σταθερότητα των συστατικών της απόδοσης δεν σήμαινε ότι και ο γενότυπος θα ήταν και πιο σταθερός, γιατί με ένα χαρακτηριστικό είναι δύσκολο να συσχετιστεί η συνολική σταθερότητα του γενότυπου. Τελικά προτάθηκε ότι για τα συστατικά της απόδοσης ο καλύτερος

δείκτης είναι ο συντελεστής παραλλακτικότητας (CV%) που είναι ένας απλός δείκτης της διασποράς του χαρακτηριστικού γύρω από τον μέσο του όρο.

### 2.8.2 Εφαρμογές Bioplot σε πειράματα με γενότυπους βαμβακιού

Ο Myers, (2002) ερεύνησε την χρησιμότητα των GGE Bioplot αναλύοντας τα εθνικά πειράματα των Η.Π.Α στο βαμβάκι για τα έτη 1997-2000. Το GGE μοντέλο εξήγησε το 84% της παραλλακτικότητας της απόδοσης σε ένα, που οφειλόταν στο γενότυπο (G) και την αλληλεπίδραση (G<sub>x</sub>E). Το μοντέλο διευκόλυνε να βρεθούν ποιες ποικιλίες ήταν καλύτερες για την κάθε περιοχή. Στις Η.Π.Α θεωρήθηκε ότι υπήρχαν 7 διαφορετικά περιβάλλοντα ενώ με τη χρησιμοποίηση του μοντέλου βρέθηκαν ότι υπήρχαν 5 μέγα-περιβάλλοντα όπου οι ποικιλίες δεν παρουσίαζαν G<sub>x</sub>E στην διάρκεια των διαφορετικών ετών. Αποδείχθηκε επίσης ότι δυο από αυτά είναι πιο αντιπροσωπευτικά περιβάλλοντα και έχουν μεγαλύτερη διακριτική ικανότητα για αξιολόγηση γενοτύπων (St. Joseph, LA και Stoneville, MS). Ο συγγραφέας αναφέρει ότι τα GGE Bioplot υπερτερούν έναντι των παλαιότερων μεθόδων ανάλυσης σταθερότητας συμπεριλαμβανόμενου και του AMMI επειδή εξηγούν μεγαλύτερο μέρος της παραλλακτικότητας και επιτρέπουν καλύτερη ερμηνεία πολύπλοκων σχέσεων.

Με την ίδια μέθοδο επίσης ο Lubbers, (2003) προσδιόρισε της καλύτερες περιοχές για να εγκατασταθεί ένα πρόγραμμα γενετικής βελτίωσης που θα αντιπροσωπεύει όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος της βαμβακοκαλλιέργειας των Η.Π.Α. Σύμφωνα με τον ίδιο υπάρχουν τέσσερα διαφορετικά περιβάλλοντα στις Η.Π.Α. Το περιβάλλον των ποικιλιών τύπου Acala, το περιβάλλον ποικιλιών τύπου Stripet, και δυο περιβάλλοντα για ποικιλίες τύπου Picker που περιλαμβάνει τις πρώιμες και τις όψιμες. Το ιδανικό για ένα πρόγραμμα βελτίωσης είναι να υπάρχει ένα κεντρικό σημείο σε ένα περιβάλλον με μεγάλη διακριτική ικανότητα και μεγάλη σταθερότητα. Με τον προσδιορισμό των μεγαπεριβαλόντων βρέθηκαν οι περιοχές μέσα στο μέγα-περιβάλλον που επαναλαμβάνονται και από αυτές προσδιορίστηκαν εκείνες με τη μεγαλύτερη διακριτική ικανότητα. Το αποτέλεσμα ήταν το πρόγραμμα βελτίωσης να γίνει πιο οικονομικό αφού με λιγότερες τοποθεσίες πειραματισμού η απολεσματικότητα της αξιολόγησης ήταν η ίδια. Τα δεδομένα επίσης

επεξεργάστηκαν και με το πρότυπο AMMI και βρέθηκαν πανομοιότυπα αποτελέσματα. Τελικά προσδιορίστηκε ότι η τοποθεσία Stoneville MS είναι η πιο αντιπροσωπευτική για ένα βελτιωτικό σταθμό πράγμα που συμφωνεί με προηγούμενες έρευνες.

Το μοντέλο των Biplot χρησιμοποιήθηκε και στην Ισπανία από τους Aguado *et al.*, (2003) για τον προσδιορισμό γενότυπων που υπερτερούν σε χαρακτηρίστηκα χρήσιμα σε ένα βελτιωτικό πρόγραμμα. Για αυτό τον λόγο 7 γενότυποι αξιολογήθηκαν σε 5 περιβάλλοντα για δυο χρόνια για τα χαρακτηριστικά απόδοση, επί τοις εκατό περιεκτικότητα σε ίνα, πρωιμότητα, μήκος, αντοχή, μικροναίρ και ομοιομορφία ίνας. Τελικά βρέθηκε μεγάλη συσχέτιση ανάμεσα στην ομοιομορφία της ίνας, αντοχή και μήκος καθώς και μεγάλη σταθερότητα στην έκφραση αυτών των χαρακτηριστικών. Η απόδοση όμως δεν είχε καμία απολύτως συσχέτιση με τα χαρακτηριστικά ποιότητας αλλά σε πολλές περιπτώσεις είχε και αρνητική συσχέτιση. Τελικά προτάθηκαν οι πλέον κατάλληλες ποικιλίες όταν θέλουμε να βελτιώσουμε την απόδοση, σε συνδυασμό με την πρωιμότητα, ομοιομορφία και άλλα χαρακτηριστικά.

## 2.9 Σύνοψη

Ανακεφαλαιώνοντας τα προηγούμενα πρέπει να σημειώσουμε ότι η αποτελεσματικότητα ενός εμπορικού προγράμματος αξιολόγησης ποικιλιών πρέπει να βασίζεται στην σωστή αξιοποίηση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από πολυπεριβαλλοντικά πειράματα. Κατά την επιλογή, μόνο ο παράγοντας γενότυπος (G) και η αλληλεπίδραση του με το περιβάλλον (GxE) σχετίζονται με την εκτίμηση των ποικιλιών. Αυτό σημαίνει ότι τα χαρακτηριστικά G και GxE πρέπει να συνυπολογίζονται ταυτόχρονα όταν παίρνουμε αποφάσεις για επιλογή ποικιλιών που θα δοθούν με επιτυχία για καλλιέργεια. Σήμερα με τις νέες προόδους στην στατιστική ανάλυση των δεδομένων, είναι δυνατόν με την εφαρμογή της μεθόδου GGE biplot να εξηγηθεί μεγάλο μέρος της παραλλακτικότητας που οφείλεται στο γενότυπο και την αλληλεπίδραση με το περιβάλλον. Παρόλα αυτά οι παραπάνω μέθοδοι θα πρέπει να συνοδεύονται και από συμβατική στατιστική ανάλυση για καλύτερη τεκμηρίωση των αποφάσεων μας.

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>

### 3. Υλικά και Μέθοδοι

#### 3.1 Ποικιλίες που αξιολογήθηκαν

Το γενετικό υλικό αποτέλεσαν επτά ποικιλίες βαμβακιού ιδιοκτησίας της D&PL International, τα χαρακτηριστικά των οποίων εμφανίζονται στον (πίνακα 3.1). Η αξιολόγηση διεξήχθη τα έτη 2002–2003 με έμφαση στην παραγωγική συμπεριφορά των νέων ποικιλιών DP 419 και DP 466 οι οποίες ήταν δοκιμαστικές σε σύγκριση με τις υπόλοιπες εμπορικές που χρησιμοποιήθηκαν ως μάρτυρες στην προκειμένη περίπτωση (πίνακας 3.1). Η ποικιλία DP 419 αξιολογήθηκε ως πρώιμη ενώ η DP 466 ως μέσο όψιμη ενώ και οι δυο χαρακτηρίζονται από μέση ανθεκτικότητα στο μύκητα εδάφους *Verticillium dahliae*. Οι ποικιλίες OPAL και DP 493 χρησιμοποιήθηκαν ως μάρτυρες μεγάλου βιολογικού κύκλου και υψηλής ανθεκτικότητας στον μύκητα *Verticillium dahliae*, ενώ οι ποικιλίες DP 5111 και DP 388 ως πρώιμες με μέτρια ανθεκτικότητα στο *Verticillium dahliae*. Τέλος ποικιλία SG 96 είναι ενδιάμεσου βιολογικού κύκλου με μέτρια αντοχή στον *Verticillium dahliae*.

Πίνακας 3.1 Χαρακτηριστικά των ποικιλιών που δοκιμάστηκαν

Ποικιλία	Εμπορικός κύκλος προϊόντος	Βιολογικός κύκλος	Ανεκτικότητα στο ( <i>Verticillium dahliae</i> ).
<b>DP 419</b>	Δοκιμαστική	Πρώιμη	Μέτρια
<b>DP 466</b>	..	Μέσο όψιμη	Μέτρια
<b>SG 96</b>	Εμπορική	Μέσο πρώιμη	Μέτρια
<b>DP 388</b>	..	Πολύ πρώιμη	Μέτρια
<b>DP 5111</b>	..	Πολύ πρώιμη	Μέτρια
<b>OPAL</b>	..	Όψιμη	Πολύ καλή
<b>DP 493</b>	..	Μέσο όψιμη	Πολύ καλή

### 3.2 Περιοχές πειραματισμού

Η αξιολόγηση έγινε σε εννιά τοποθεσίες που καλύπτουν όλο το εύρος των βαμβακοπαραγωγικών περιοχών της Βορείου, Κεντρικής και Νότιου Ελλάδας. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 18 πειράματα που εμπίπτουν σε τρεις ομάδες (πίνακας 3.2).

- Ως προς τον προσανατολισμό, Βόρεια, Κεντρικά, Νότια.
- Ως προς τα γεωγραφικά διαμερίσματα Θεσσαλία, Στερεά, Θράκη, Μακεδονία.
- Ως προς τους Νομούς Λάρισας, Καρδίτσας, Φθιώτιδας, Ροδόπης, Θεσσαλονίκης, Σερρών.

#### Οι τοποθεσίες στους εκάστοτε νομούς ήταν:

- Νομός Λάρισας, δυο τοποθεσίες: Πλατύκαμπος και Φάρσαλα.
- Νομός Καρδίτσας, τρεις τοποθεσίες: Κόρδα, Παλαμάς και Φανάρι.
- Νομός Φθιώτιδας δυο τοποθεσίες: Αγία Παρασκευή, αυτή η περιοχή καλύπτει και την περιοχή της Λιβαδειάς λόγω της ομοιότητας της και της μικρής απόστασης από αυτή.
- Νομός Ροδόπης μια τοποθεσία: Πόρπη.
- Νομός Θεσσαλονίκης μια τοποθεσία: Λουδίας.
- Νομός Σερρών: μια τοποθεσία: Σκοτούσσα.

Οι ημερομηνία σποράς σε κάθε περιοχή, καταβλήθηκε προσπάθεια να είναι αντιπροσωπευτική της περιοχής. Το δυναμικό απόδοσης των περιβαλλόντων ήταν από μέσο έως υψηλό. Επιπλέον σε κάθε περιοχή, η εγκατάσταση των πειραμάτων έγινε σε αγρό, ομοιόμορφο και αντιπροσωπευτικό της περιοχής.

**Πίνακας 3.2** Τοποθεσίες αξιολόγησης

	ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	ΝΟΜΟΙ	ΤΟΠΟΘΕΣΙΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΣΠΟΡΑΣ	ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΑΠΟΔΟΣΗΣ
Κεντρική Ελλάδα	Θεσσαλία	Λάρισα	Πλατύκαμπος	Πρώιμη	Υψηλό
			Φάρσαλα	Πρώιμη	Υψηλό
		Καρδίτσα	Κόρδα	Όψιμη	Πολύ Υψηλό
			Παλαμάς	Όψιμη	Μέσο
			Φανάρι	Μέση	Μέσο
					Μέσο
Νότια Ελλάδα	Στερεά Ελλάδα	Φθιώτιδα	Αγία Παρασκευή	Μέση	Μέσο
Βόρεια Ελλάδα	Θράκη	Κομοτηνή	Πόρπη	Όψιμη	Μέσο
	Μακεδονία	Θεσσαλονίκη	Λουδίας	Μέση	Πολύ Υψηλό
		Σέρρες	Σκοτούσσα	Μέση	Μέσο

### 3.3 Πειραματική διάταξη

Χρησιμοποιήθηκε πειραματικό σχέδιο σε τυχαιοποιημένες πλήρεις ομάδες (RCB) με τέσσερις επαναλήψεις. Το πειραματικό τεμάχιο ήταν τεσσάρων γραμμών με συγκομιζόμενες τις δυο κεντρικές, για την αποφυγή της επίδρασης της γειτονικής ποικιλίας (buffer effect). Το μήκος των γραμμών ήταν 10 m και ή μεταξύ τους απόσταση 0,95 m. Η σπορά έγινε με πειραματική σπαρτική μηχανή δυο σειρών που έχει τη δυνατότητα να αλλάζει ποικιλία στην απόσταση που θα ρυθμιστεί από τον χειρίστη. Η ποσότητα του σπόρου ήταν αυξημένη σε σχέση με αυτή που χρησιμοποιείται σε εμπορική κλίμακα προκειμένου να εξασφαλιστεί καλύτερη εγκατάσταση της φυτείας. Έγινε αραιώμα στο στάδιο των 2 πραγματικών φύλλων ώστε να παραμένουν 12-15 φυτά ανά μέτρο γραμμής. Κατά την σπορά έγινε γραμμική εφαρμογή κοκκώδους εντομοκτόνου εδάφους Phorate10G στην δόση του 1kg/στρέμμα.

### 3.4 Καλλιεργητική τεχνική

Το βαμβάκι είναι φυτό που η διαχείριση ειδικά με το νερό, τους ρυθμιστές αύξησης και το άζωτο είναι σημαντική. Ελήφθησαν όλα τα μέτρα ώστε το ύψος της πιο ζωηρής ποικιλίας να μην ξεπεράσει τα 100 cm, δεδομένου ότι μετά από αυτό το ύψος η απόδοση είναι χαμηλή αφού η βλαστική αύξηση υπερισχύει της καρποφορίας. Για να επιτευχθεί αυτό στις υγρές περιοχές όπου η αύξηση ήταν ζωηρή έγινε εφαρμογή ρυθμιστή (meriquat chlorite 5%). Οι αρδεύσεις καταγράφονταν ώστε σε καμία περίπτωση να μην ξεπεράσουν τις συνιστώμενες για καλή ισορροπία βλαστοφορίας και καρποφορίας. Επίσης έγιναν αναλύσεις εδάφους προκειμένου να πραγματοποιηθεί ορθολογιστική λίπανση. Στο τέλος κατά την ωρίμανση της καλλιέργειας με την αποφύλλωση (Def, Finish, Drop, Ethephon κτλ.) καλύφθηκαν τα πιθανά διαχειριστικά λάθη που προκάλεσαν οψιμότητα.

Κοντές ποικιλίες ενδεχομένως να επηρεάστηκαν από την υπερβολική χρήση ρυθμιστών αλλά δεν υπήρχε άλλος τρόπος διαχείρισης αφού οι ποικιλίες ήταν σπαρμένες σε μικροπειράματα με επαναλήψεις και η τοπική χρήση ψεκασμών κατέστη αδύνατη. Η ζιζανιοκτονία και η λίπανση ήταν εκείνη που χρησιμοποιείται από τους παραγωγούς. Ενώ εφαρμογή εντομοκτόνων έγινε μόνο όταν ήταν άκρως απαραίτητη, προκειμένου να εξασφαλισθεί η καλή προστασία των φυτών.

### 3.5 Συλλογή δεδομένων

Οι παρατηρήσεις και μετρήσεις που ελήφθησαν αφορούσαν τα ακόλουθα:

1. Μέτρηση της απόδοσης σε σύσπορο (kg/ha). Η συγκομιδή έγινε με το χέρι συγκομίζοντας τις δύο κεντρικές γραμμές, όταν κατά μέσο όρο τα καρύδια της πιο όψιμης ποικιλίας ήταν ανοιχτά κατά 75%. Όταν τα καρύδια της πιο όψιμης ποικιλίας άνοιγαν κατά 100% τότε γινόταν και δεύτερη συγκομιδή. Το άθροισμα των δύο ήταν η εκτίμηση της συνολικής απόδοσης (kg/ha) σε σύσπορο ανά πειραματικό τεμάχιο. Τέλος οι μετρήσεις μετατράπηκαν σε κιλά ανά εκτάριο.
2. Η πρωιμότητα εκτιμήθηκε ως ο λόγος της πρώτης συγκομιδής προς τη συνολική απόδοση πολλαπλασιάζοντας επί τοις εκατό.

3. Η περιεκτικότητα σε ίνα εκτιμήθηκε σε δείγμα ενός κιλού από το σύσπορο της πρώτης συγκομιδής. Το δείγμα εκκοκκίστηκε σε εργαστηριακό εκκοκκιστήριο (μακινέτο) με 12 πριόνια. Η επί τοις εκατό (%) περιεκτικότητα εκτιμήθηκε ως ο λόγος της ίνας προς τη συνολική ποσότητα σε σύσπορο. Οι ζυγίσεις έγιναν με ζυγαριά ακριβείας ενός δεκαδικού.

4. Η απόδοση σε ίνα ανά εκτάριο προσδιορίστηκε από το γινόμενο περιεκτικότητας σε ίνα (%) με την απόδοση σε σύσπορο. Λόγω αυτού του γεγονότος, πρέπει να τονιστεί ότι η απόδοση σε ίνα είναι έμμεση και εμπεριέχει δειγματοληπτικό λάθος το οποίο μπορεί να συμβεί κατά την λήψη του δείγματος του σύσπορου όπως και κατά την εκκόκκιση στο μακινέτο.

5. Τα χαρακτηριστικά ποιότητας ίνας εκτιμήθηκαν με τη χρήση HVI Instrument (Hake et al, 1996). Δείγματα 25 γραμμάρων ίνας στάλθηκαν στο εργαστήριο για προσδιορισμούς: α) του μήκους ίνας (length) σε ίντσες, β) της αντοχής (strength)  $\text{grams text}^{-1}$ , γ) της ομοιομορφίας μήκους (uniformity) επί τοις εκατό του λόγου του μέσου μήκους των ινών προς το μέσο μήκος των μακρύτερων ινών, δ) του μικροναίρ (micronaire) ως δείκτης λεπτότητας και ωριμότητας των ινών και ε) του δείκτη επιμήκυνσης (elongation) των ινών.

### 3.6 Στατιστική επεξεργασία δεδομένων

#### 3.6.1 Το πρότυπο GGE bioplot

Το συγκεκριμένο πρότυπο απομονώνει το κομμάτι της παραλλακτικότητας των πολυπεριβαντολογικών δεδομένων, που οφείλεται στους παράγοντες γενότυπος και αλληλεπίδραση γενότυπος x περιβάλλον.

Η εξίσωση του πρότυπου είναι:

$$Y_{ij} - Y_j = \lambda_1 \xi_{i1} \eta_{j1} + \lambda_2 \xi_{i2} \eta_{j2} + \varepsilon_{ij} \quad (3.1)$$

Όπου:

$Y_{ij}$ : η μέση απόδοση του γενότυπου (i) στο περιβάλλον (j)

$Y_j$ : η μέση απόδοση όλων των γενότυπων στο περιβάλλον (j)

$\lambda_1$  και  $\lambda_2$ : είναι οι μοναδικές τιμές για τα ΚΣ1 και ΚΣ 2, αντίστοιχα

$\xi_{i1}$  και  $\xi_{i2}$ : είναι τα ΚΣ 1 and ΚΣ 2 σκορ, αντίστοιχα για τον γενότυπο I

$\eta_{j1}$  και  $\eta_{j2}$ : είναι τα ΚΣ 1 και ΚΣ 2 σκορ, αντίστοιχα για το περιβάλλον

(j)

$\varepsilon_{ij}$ : είναι το σφάλμα που συνδέεται με τον γενότυπο (i) στο περιβάλλον

(j)

ΚΣ 1 και ΚΣ 2 είναι οι κύριες συνιστώσες 1 και 2 που προκύπτουν από την ανάλυση κυρίων συνιστωσών (Principal Components Analysis). Για να παρασταθούν τα ΚΣ1 και ΚΣ2 στο biplot πρέπει να ξαναγραφούν όπως η παρακάτω εξίσωση:

$$Y_{ij} - Y_i = \xi^*_{i1} \eta^*_{j1} + \xi^*_{i2} \eta^*_{j2} + \varepsilon_{ij} \quad (3.2)$$

Όπου:  $\xi^*_{i1} \eta^*_{j1}$  η πρώτη κύρια συνιστώσα ΚΣ1

$\xi^*_{i2} \eta^*_{j2}$  η δεύτερη κύρια συνιστώσα ΚΣ2

και αντίστοιχα  $\xi^*_{in} = \lambda_n^{1/2} \xi_{in}$  και  $\eta^*_{jn} = \lambda_n^{1/2} \eta_{jn}$  με  $n=1,2$  (όπως στην εξίσωση 3.1)

Η μέθοδος αυτή έχει το πλεονέκτημα ότι τα ΚΣ1 και ΚΣ2 έχουν την ίδια μονάδα μέτρησης (τετραγωνική ρίζα της αρχικής μονάδας). Με αυτή τη μετατροπή τα ΚΣ1 και ΚΣ2 έχουν την ίδια μονάδα μέτρησης η οποία είναι η τετραγωνική ρίζα της μονάδας μέτρησης. Ένα GGE biplot θα παρασταθεί από τα  $\xi^*_{i1}$  και  $\eta^*_{j1}$  ως προς τα  $\xi^*_{i2}$  και  $\eta^*_{j2}$  αντίστοιχα..

Όταν θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε στη θέση των περιβαλλόντων γνωρίσματα όπως τα χαρακτηριστικά ποιοτητάς που έχουν διαφορετικές μονάδες μέτρησης, για παράδειγμα μήκος ίνας σε χιλιοστά ή αντοχή σε gr/tex, τότε για να παραστήσουμε όλα αυτά σε ένα biplot, πρέπει να απομακρύνουμε τις διαφορετικές μονάδες μέτρησης για να γίνουν συγκρίσιμα. Αυτό γίνεται διαιρώντας στο προηγούμενο μοντέλο (3.1) με την τυπική απόκλιση των γενοτυπικών μέσων όρων στα αντίστοιχα περιβάλλοντα j, όπως παρακάτω:

$$(Y_{ij} - Y_i) / s_i = \lambda_1 \xi_{i1} \eta_{j1} + \lambda_2 \xi_{i2} \eta_{j2} + \varepsilon_{ij} \quad (3.3)$$

Επιπροσθέτως εάν στα δεδομένα μας έχουμε επαναλήψεις το μοντέλο (3.3) γίνεται:

$$(Y_{ij} - Y_i) / z_i = \lambda_1 \xi_{i1} \eta_{j1} + \lambda_2 \xi_{i2} \eta_{j2} + \varepsilon_{ij} \quad (3.4)$$

Όπου:

$z_j$  είναι το τυπικό σφάλμα για το περιβάλλον  $j$

Όλοι οι υπολογισμοί με τα παραπάνω μοντέλα έγιναν με το πρόγραμμα που αναπτύχθηκε από τον Yan, W (2001). Το πρόγραμμα δεν αναλύει μόνο τα δεδομένα αλλά αναπαριστά και τα GGE biplot σε διδιάστατα γραφήματα.

### 3.6.2 Ανάλυση με βάση το πρότυπο Eberhart and Russel (1966)

Στο πρότυπο Eberhart and Russel (1966) ο υπολογισμός της παραγωγικής σταθερότητας και προσαρμοστικότητας των ποικιλιών στηρίζεται στην εξίσωση παλινδρόμησης:

$$Y_{ij} = \mu_i + \beta_i I_j - \delta_{ij}$$

Όπου :

$Y_{ij}$  είναι ο μέσος όρος της ποικιλίας  $i$  στο περιβάλλον  $j$  ( $i= 1,2,\dots,v$ ,  $j=1,2,\dots,n$ )

$\mu_i$  είναι το παραγωγικό δυναμικό της ποικιλίας  $i$

$\beta_i$  είναι ο συντελεστής παλινδρόμησης που μετρά την αντίδραση της ποικιλίας  $i$  σε κάθε περιβάλλον

$I_j$  είναι ο δείκτης παραγωγικού δυναμικού του περιβάλλοντος  $j$

$\delta_{ij}$  είναι η απόκλιση από την γραμμή παλινδρόμησης της ποικιλίας  $i$  στο περιβάλλον  $j$

Ο δείκτης παραγωγικού δυναμικού περιβάλλοντος  $I_j$  (Environmental Index) ορίζεται ως η μέση απόδοση των δύο ποικιλιών μαρτύρων σε κάθε πείραμα (ποικιλίες EXP 1 και EXP 2). Εάν από τους μέσους όρους των ποικιλιών μαρτύρων αφαιρεθεί ο γενικός μέσος όρος των μαρτύρων (ποικιλίες EXP 1 και EXP 2) παίρνουμε τον δείκτη παραγωγικού δυναμικού περιβάλλοντος ο οποίος θα έχει τιμές θετικές εάν το παραγωγικό δυναμικό του περιβάλλοντος, είναι μεγαλύτερο από το γενικό μέσο όρο και αρνητικές εάν είναι μικρότερο Eberhart and Russel (1966).

Το παραγωγικό δυναμικό της ποικιλίας, εκτιμάται ως η μέση απόδοση της ποικιλίας σε όλα τα οικολογικά περιβάλλοντα. Γενικό παραγωγικό δυναμικό θεωρείται η μέση απόδοση όλων των ποικιλιών σε όλα τα περιβάλλοντα. Ο πρώτος δείκτης σταθερότητας ο  $b_i$  υπολογίζεται με τους γνωστούς τρόπους ως:

$$b_i = \frac{\sum Y_{ij} I_j}{\sum I_j^2}$$

Η εξίσωση της γραμμής παλινδρόμησης είναι:

$$Y_{ij} = X_i + b_i I_{ij}$$

Όπου:

$Y_{ij}$  η εκτιμώμενη απόδοση της ποικιλίας  $i$  στο περιβάλλον  $j$

$X_i, b_i$  εκτίμηση των  $\mu_i, \beta_i$  αντίστοιχα

$I_{ij}$  όπως προηγουμένως υπολογίζετε η εκτίμηση της απόδοσης της ποικιλίας

Έχοντας την εκτιμώμενη απόδοση για κάθε συνδυασμό  $i, j$  εκτιμάται η δεύτερη παράμετρος για τον υπολογισμό της σταθερότητας  $s_{di}^2$

$$s_{di}^2 = [\sum \delta_{ij}^2 / (n-2)] - s_e / r$$

Όπου:

$$\delta_{ij}^2 = Y_{ij} - Y_{ij}$$

$s_e / r$  το πειραματικό σφάλμα

Κατά την θεωρία της παλινδρόμησης, η διακύμανση ( $s_{di}^2$ ) των αποκλίσεων  $\delta_{ij}$  μπορεί να οφείλεται στο πειραματικό σφάλμα ή στην απόκλιση από την γραμμική σχέση. Με την αφαίρεση του πειραματικού σφάλματος, η διακύμανση που απομένει οφείλετε αποκλειστικά στην απόκλιση από την γραμμή μεταβολής. Χρησιμοποιώντας τις δυο παραμέτρους  $b_i$  και  $s_{di}^2$  μπορεί να χαρακτηριστεί η σταθερότητα και το παραγωγικό δυναμικό της ποικιλίας, όπως παρακάτω:

1. αν  $b = 1$  και  $s_{di}^2 = 0$ , η ποικιλία θα έχει απόδοση ίση με το παραγωγικό δυναμικό του περιβάλλοντος στο οποίο καλλιεργείται.
2. αν  $b \neq 1$  και  $s_{di}^2 = 0$  η ποικιλία θα έχει απόδοση μεγαλύτερη αν  $b > 1$  και μικρότερη αν  $b < 1$  σε σχέση με το παραγωγικό δυναμικό του περιβάλλοντος (αλλά σταθερά μικρότερη ή μεγαλύτερη και στις δυο περιπτώσεις η ποικιλία θα θεωρείται σταθερή).
3. αν  $b = 0$ , η ποικιλία θα έχει απόδοση σταθερή σε όλα τα περιβάλλοντα. Στα δυσμενή περιβάλλοντα οι αποδόσεις της ποικιλίας θα θεωρούνται ικανοποιητικές, αλλά στα ευμενή δεν θα χρησιμοποιεί το καλύτερο περιβάλλον για αύξηση των αποδόσεων.
4.  $s_{di}^2 > 0$ , τότε προκύπτει ότι οι ποικιλίες είναι ειδικής προσαρμοστικότητας με μεγαλύτερη πιθανότητα όσο το  $s_{di}^2$  είναι μεγαλύτερο.

Παράλληλα με τα  $b$  και  $s_{ai}^2$  στην ανάλυση της σταθερότητας μας βοηθάει και συντελεστής προσδιορισμού  $R^2$  ο οποίος εκφράζει το τμήμα της παραλλακτικότητας γύρω από το μέσο όρο που εξηγείται από το μοντέλο της συμεταβολής. Η εναπομείναντα παραλλακτικότητα οφείλεται σε τυχαίο σφάλμα. Όταν  $R^2 = 1$  η ποικιλία έχει απόδοση παρόμοια με αυτή του περιβάλλοντος και ανταποκρίνεται στις μεταβολές του περιβάλλοντος. Όταν  $R^2 = 0$  σημαίνει ότι η γραμμή παλινδρόμησης δεν ταιριάζει καλύτερα από τον μέσο όρο και η ποικιλία δεν ανταποκρίνεται στις μεταβολές του περιβάλλοντος. Το  $R^2$  υπολογίζεται ως άθροισμα τετραγώνων μοντέλου / συνολικό άθροισμα τετραγώνων.

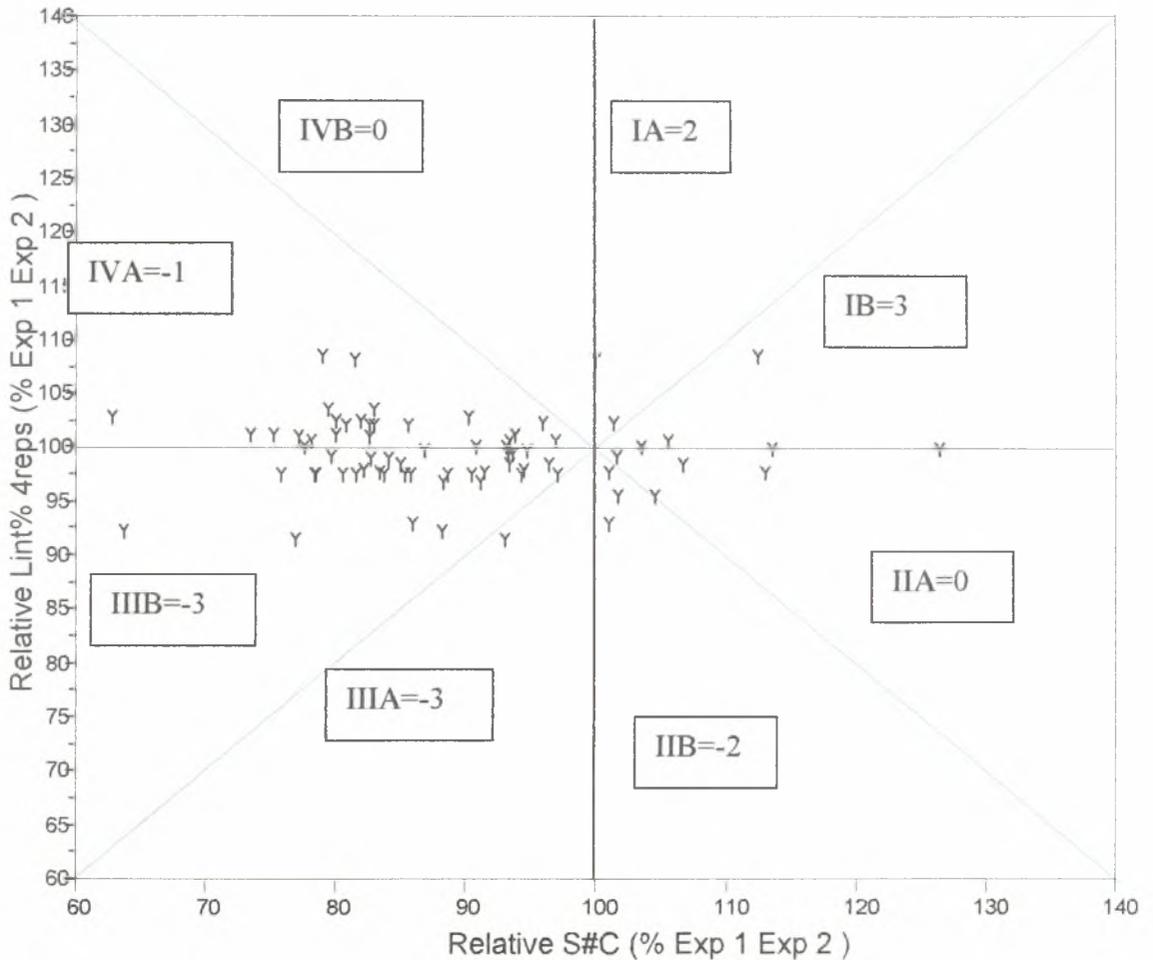
### 3.6.3. Μέθοδος συνεκτίμησης (Γούλα και Μασλάρη, 1992)

Στην μέθοδο αυτή, η εκτίμηση της σταθερότητας των ποικιλιών γίνεται με βάση τη χρησιμοποίηση σχετικών τιμών αποδόσεων που υπολογίζονται ως ποσοστό επί της εκατό μιας ομάδος μαρτύρων (ποικιλίες EXP1, EXP2), και την εκτίμηση παραμέτρων που εξάγονται από την συνεκτίμηση δυο παραγωγικών χαρακτηριστικών (π.χ την απόδοση σε σύππορο και περιεκτικότητα(%) σε ίνα). Τα παραπάνω χαρακτηριστικά επιλέχθηκαν γιατί είναι σημαντικά για την παραγωγικότητα και σταθερότητα των ποικιλιών βαμβακιού και επί προσθέτως για πρακτικούς λόγους επειδή η απόδοση εκτιμήθηκε σε σύσπορο. Ενώ η περιεκτικότητα (%) σε ίνα υπολογίστηκε μετά από δειγματισμό του σύσπορου. Και τα δυο χαρακτηριστικά μας δίνουν σαφή εκτίμηση της οικονομικής αξίας του βαμβακιού που είναι η απόδοση σε ίνα ανά μονάδα επιφανείας. Η σχετικές τιμές είναι η εγκυρότερη μέθοδος για τον συνδυασμό δεδομένων από ομάδα πειραμάτων διότι με αυτόν τον τρόπο απομακρύνεται η επίδραση των συνθηκών πειραματισμού για το συγκεκριμένο περιβάλλον (Jones 1988).

Για την συνεκτίμηση των δυο παραγωγικών χαρακτηριστικών χρησιμοποιούνται οι σχετικές τιμές σε σύστημα ορθογωνίων αξόνων, με άξονες την σχετική απόδοση (άξονας Y) σε κάθε περιβάλλον και την % απόδοση σε ίνα (άξονας X) (εικ 3.1). Στο σύστημα αξόνων ορίζονται τέσσερα τεταρτημόρια (I, II, III, IV) θεωρώντας ότι:

- Στο τεταρτημόριο I: περιοχή A με συντελεστή 2, περιοχή B με συντελεστή 3
- Στο τεταρτημόριο II: περιοχή A με συντελεστή 0, περιοχή B με συντελεστή -2

- Στο τεταρτημόριο III: περιοχή A με συντελεστή -3, περιοχή B με συντελεστή -3
- Στο τεταρτημόριο IV: περιοχή A με συντελεστή -1, περιοχή B με συντελεστή 0



Εικ. 3.1 Σύστημα ορθογωνίων αξόνων, με άξονες (Y) την σχετική απόδοση σε κάθε περιβάλλον και (X) την % απόδοση σε ένα και τους συντελεστές (S).

Οι συντελεστές (s) είναι αυθαίρετοι και θα μπορούσαν να τροποποιούνται κάθε φορά με ανάλογα κριτήρια καταλληλότητας που επιθυμεί ο ερευνητής. Με βάση τις συχνότητες των αποδόσεων σε κάθε περιοχή και του συντελεστή καταλληλότητας της, υπολογίζεται ο συντελεστής παραγωγικού δυναμικού (ως άθροισμα γινομένων της συχνότητας κάθε περιοχής επί το συντελεστή της) κατά τον τύπο:

$$\Sigma.Π.Δ = \Sigma fs$$

Όπου:

ο συντελεστής της κάθε περιοχής και f η συχνότητα εμφάνισης ζευγών (Y,X) (απόδοση σύσπορου, % ίνα) σε κάθε περιβάλλον.

Για τον υπολογισμό του παραγωγικού δυναμικού των ποικιλιών, θα χρησιμοποιούνται οι απόλυτες (ΑΠΤ) τιμές που είναι οι τιμές που λαμβάνονται από την εξίσωση.

$$\boxed{\text{ΑΠΤ} = \Sigma\text{T} * \Gamma\text{ΜΟ}}$$

Όπου:

ΣΤ οι σχετικές τιμές

ΓΜΟ γενικός μέσος όρων των ποικιλιών

Ως σταθερή θεωρείται η ποικιλία που η τιμή Σ.Π.Δ είναι υψηλή, οι μέσοι όροι των ΑΠΤ είναι υψηλότεροι από τον μέσο όρο των μαρτύρων (EXP1, EXP2) και η τυπική της απόκλιση (Sdev) στα περιβάλλοντα, είναι μικρή. Για την καλύτερη σύγκριση των ποικιλιών κατασκευάζουμε ένα biplot σύγκρισης.

### 3.6.4 Ανάλυση της παραλλακτικότητας και γενετικοί συντελεστές

Η ανάλυση της παραλλακτικότητας και η εκτίμηση των γενετικών συντελεστών έγινε σύμφωνα με το πρότυπο Steel, R. and Torrie J. (1980) πιν. 3.3.

Οι γενετικοί συντελεστές υπολογίζονται με τις παρακάτω εξισώσεις:

$$\sigma^2_g = (\text{MS3} - \text{MS2}) / \text{re} \text{ (γενοτυπική διακύμανση)}$$

$$\sigma^2_{ge} = (\text{MS2} - \text{MS1}) / \text{r} \text{ (διακύμανση αλληλεπίδρασης)}$$

$$\sigma^2_{rh} = \sigma^2 / \text{re} + \sigma^2_{ge} / \text{e} + \sigma^2_g = \text{MS3} / \text{re} \text{ (φαινοτυπική διακύμανση)}$$

$$\text{H} = \sigma^2_g / \sigma^2_{rh} \text{ (συντελεστής κληρονομικότητας υπό στενή έννοια)}$$

Πίνακας 3.3. Ανάλυση της διακύμανσης για ποικιλίες εκτιμώμενες σε διαφορετικά περιβάλλοντα

Πηγή	B.E	M.T	
Περιβάλλοντα	e-1		
Επανάληψεις	e(r-1)		
Ποικιλίες	g-1	MS3	$\sigma^2 + r \sigma^2_{ge} + \text{re} \sigma^2_g$
Περ * Ποικ.	(e-1) (g-1)	MS2	$\sigma^2 + r \sigma^2_{ge}$
Pooled error	e(r-1) (g-1)	MS1	$\sigma^2$
Σύνολο	erg-1		

Όπου

e= αριθμός περιβαλλόντων

r= αριθμός επαναλήψεων

g= αριθμός γενοτύπων

### 3.6.6 Σύγκριση πραγματικών αναμενόμενων τιμών

Η αναμενόμενη απόδοση του γενοτύπου (i) στο περιβάλλον (j) υπολογίζεται από την εξίσωση (Steel, R. and Torrie J., 1980).

$$X_{ij} = \bar{X}_i - \bar{X}_j + \bar{X}$$

όπου :

$X_{ij}$  = Απόδοση του γενοτύπου i στο περιβάλλον j

$\bar{X}_i$  = μέσος όρος γενοτύπου

$\bar{X}_j$  = μέσος όρος περιβάλλοντος

$\bar{X}$  = Γενικός μέσος όρος

Εάν υπάρχουν μεγάλες διαφορές ανάμεσα στις πραγματικές και αναμενόμενες αποδόσεις τότε η συγκεκριμένη ποικιλία έχει μεγάλη αλληλεπίδραση με το περιβάλλον. Καταρχήν εάν το CV% των πραγματικών τιμών είναι χαμηλό η ποικιλία είναι σταθερή (Francis and Kenneber, 1978). Συγκρίνοντας επίσης τα CV% των πραγματικών και των αναμενόμενων αποδόσεων, μπορούμε να βρούμε εάν η ποικιλία είναι σταθερή. Εάν το CV% της αναμενόμενης και πραγματικής απόδοσης είναι κοντά, η ποικιλία είναι σταθερή. Αυτό μπορεί να γίνει και με τη βοήθεια ενός γραφήματος όπου θα παριστάνουμε το CV% των πραγματικών έναντι των CV% των αναμενόμενων τιμών.

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>

### 4. Αποτελέσματα και Συζήτηση

#### 4.1 Συμβατική στατιστική ανάλυση παραλλακτικότητας

##### 4.1.1 Επιμερισμός αθροίσματος τετραγώνων της ανάλυσης διακύμανσης παραλλακτικότητας

Στο πείραμα αξιολόγησης των επτά ποικιλιών βαμβακιού σε εννέα τοποθεσίες και προκειμένου να διαπιστωθεί η συμβολή των παραγόντων στην συνολική διακύμανση, έγινε επί τοις % επιμερισμός του Αθροίσματος των Τετραγώνων (ΑΤ) στους παράγοντες: περιβάλλοντα, ποικιλίες, έτη, αλληλεπιδράσεις. Εξαιρέση έγινε στο πειραματικό σφάλμα, το οποίο θεωρήθηκε ως μη εξηγήσιμη παραλλακτικότητα. Ο επιμερισμός των Αθροίσματος Τετραγώνων (ΑΤ) από την ανάλυση της παραλλακτικότητας για κάθε έτος ξεχωριστά όπως και συνδυασμένα για τα δυο έτη (2002-2003) εμφανίζεται στον πίνακα 4.1. Τα έτη και οι τοποθεσίες θεωρήθηκαν ως περιβάλλοντα. Το 2002 η συμμετοχή της ποικιλίας στην διακύμανση της παραλλακτικότητας ήταν μεγαλύτερη 10,1 % ενώ το 2003 ήταν σαφώς μειωμένη στο επίπεδο του 5,2 % (Πίνακας 4.1). Αντίστοιχα και η αλληλεπίδραση Περιβάλλον Χ Ποικιλία, το 2002 ήταν 14,9% ενώ το 2003 ήταν 7,9%. Το 2003 ήταν χρονιά μικρού κύκλου με μεγάλη προσβολή εντομών που προκάλεσαν ζημιές και μείωσαν την ακρίβεια των πειραματικών. Στην συνδυασμένη ανάλυση των δυο ετών η τοποθεσία συμμετείχε κατά 88,8 %, η ποικιλία κατά 3,8% και η αλληλεπίδραση Περιβάλλον Χ Ποικιλία 7,3%. Αυτά τα αποτελέσματα συμφωνούν με ανάλογες δημοσιεύσεις από Η.Π.Α. Ειδικότερα οι Kerby *et al.* (2000) βρήκαν κατά την περίοδο 1997 – 1998 σε 9 τοποθεσίες και για 9 ποικιλίες, ότι ο καταμερισμός των ΑΤ (απόδοση σε ίνα) για την ποικιλία ήταν 1%, για την τοποθεσία 94% και για την αλληλεπίδραση Τοπ. Χ Ποικ. 9%. Παρόμοια επίσης ήταν τα ποσοστά σε άλλο πείραμα που έγινε σε 16 τοποθεσίες με 12 ποικιλίες (1%, 90%, 9%) αντίστοιχα (Kerby *et al.* 2000). Οι Shaffi *et al.* (1992) εργαζόμενοι με το γογγύλι, σε πειράματα που έγιναν σε 45 περιβάλλοντα για 3 χρόνια αναφέρουν συμμετοχή 85% για επίδραση της τοποθεσίας.

Ο Yan, W. (2002) εργαζόμενος με σιτάρι στον Καναδά, βρήκε ότι το περιβάλλον εξηγούσε το 80% της παραλλακτικότητας ενώ ο γενότυπος και η αλληλεπίδραση γενότυπος Χ περιβάλλον, εξηγούσαν από 10%.

Επειδή η αλληλεπίδραση των ποικιλιών με τα περιβάλλοντα είναι σημαντική κάθε απόπειρα ερμηνείας με συνδυασμένη ανάλυση παραλλακτικότητας δεν θεωρείτε δίκαιη αφού και η αλληλεπίδραση Τοποθεσία \* Ποικιλία. είναι ισχυρώς σημαντική (επίπεδο σημαντικότητας 0,001, πίνακας 4.1).

Πίνακας 4.1 Καταμερισμός επί του Αθροίσματος Τετραγώνων που συνδέεται με την περιβάλλον (Π), ποικιλία (Π), και (Τ Χ Π).

Παράγοντας	Πειράματα 2002 (% ΑΤ)	Πειράματα 2003 (% ΑΤ)	Συνδυασμένη '02-'03 (% ΑΤ)
Περιβάλλον	74,8 ***	86,7 ***	88,8***
Ποικιλία	10,1 ***	5,2 ***	3,8***
Τοπ. Χ Ποικ.	14,9 ***	7,9 ***	7,3***

\*\*\* (Επίπεδο σημαντικότητας 0,001)

#### 4.1.2 Γενετικές παράμετροι

Η ανάλυση της παραλλακτικότητας έγινε σύμφωνα με το πρότυπο των Steel, R. and Torrie J. (1980), Πίνακας 4.2.

Πίνακας. 4.2. Συνδυασμένη ανάλυση παραλλακτικότητας και για τα δυο έτη των δεδομένων

Πηγή	B.E	M.T		
Περιβάλλοντα	17	23740388		
Επαναλήψεις	54	264559		
Ποικιλίες	6	2900893	MS3	$\sigma^2 + r \sigma_{ge}^2 + re \sigma_g^2$
Περ * Ποικ.	102	327057	MS2	$\sigma^2 + r \sigma^2$
Pooled error	324	152184	MS1	$\sigma^2$
Σύνολο	503			

#### Γενετικοί συντελεστές

$$\sigma_g^2 = (MS3-MS2)/re = 35747$$

$$\sigma_{ge}^2 = (MS2-MS1)/r = 43718$$

$$\sigma^2_{\text{PH}} = \sigma^2_{\text{re}} + \sigma^2_{\text{ge}}/e + \sigma^2_{\text{g}} = \text{MS3}/\text{re} = 40290$$

$$H = \sigma^2_{\text{g}} / \sigma^2_{\text{PH}} = 88,7$$

Η επαναληψιμότητα των πειραματικών είναι υψηλή με συντελεστή κληρονομικότητας 88,7 ενώ η  $\sigma^2_{\text{ge}}$  αντιπροσωπεύει χαμηλό ποσοστό της συνολικής παραλλακτικότητας  $\sigma^2_{\text{ge}}=6,02\%$ . Η χαμηλή αλληλεπίδραση ( $\sigma^2_{\text{ge}}$ ) πρακτικά δεν επηρέασε σημαντικά την συμπεριφορά των γενοτύπων.

## 4.2 Ανάλυση σταθερότητας με την μέθοδο GGE biplot

### 4.2.1 Οι καλύτερες ποικιλίες σε κάθε περιβάλλον<sup>1</sup>

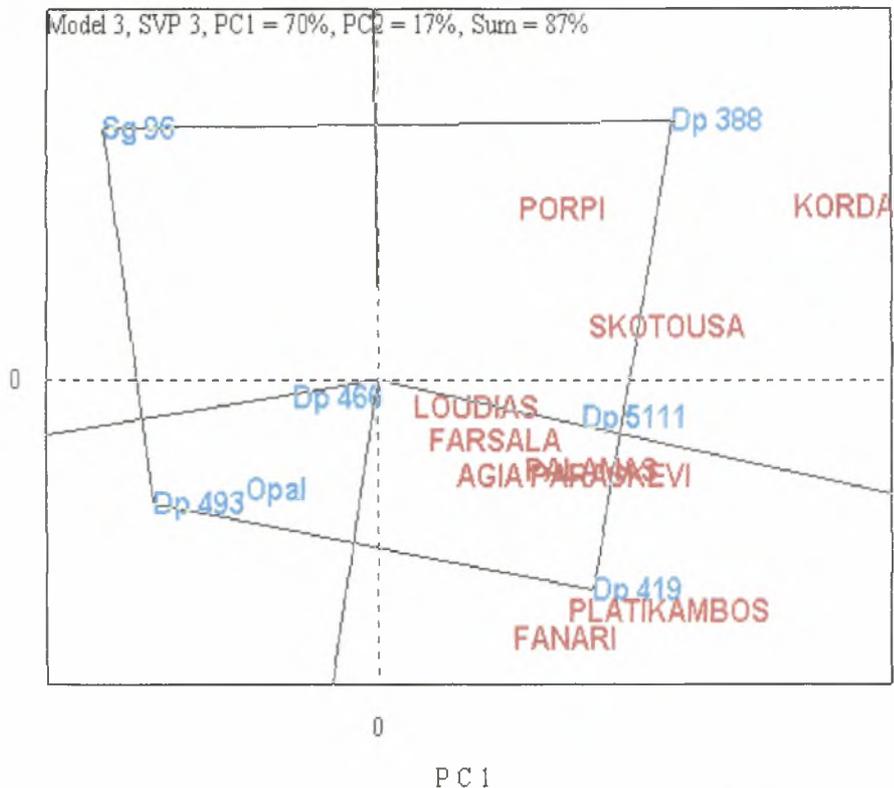
Τα biplot των ποικιλιών για τις 9 περιοχές (2 χρόνια) ή για τις ομάδες των περιοχών επιτρέπουν την επιλογή των καλύτερων ποικιλιών σε απόδοση για τα αντίστοιχα περιβάλλοντα. Η ποικιλία «νικητής» βρίσκεται στην κορυφή του πολύγωνου και τα περιβάλλοντα που υπερέχει ορίζονται από της γραμμές που είναι κάθετες στις πλευρές του πολύγωνου (Εικ. 4.1). Η ποικιλία DP 419 υπερερούσε στις περιοχές Πλατύκαμπος – Φάρσαλα (Ν. Λάρισας), Φανάρι – Παλαμάς (Ν. Καρδίτσας), Λουδίας (Θεσσαλονίκη), Αγία Παρασκευή (Ν. Φθιώτιδος), Λουδίας (Ν. Θεσσαλονίκης). Η DP 388 ήταν καλύτερη στις περιοχές Κόρδα (Ν. Καρδίτσας), Σκοτούσα (Ν. Σερρών) και Πόρπη (Ν. Ροδόπης - Κομοτηνή). Από την παραπάνω ομαδοποίηση φαίνεται ότι υπάρχει ισχυρή αλληλεπίδραση αφού τα περιβάλλοντα ομαδοποιούνται με διαφορετικές ποικιλίες «νικητές». Αλλάστε το μέγεθος της αλληλεπίδραση ήταν προφανές και από την ανάλυση της διακύμανσης (πιν. 4.1). Η ποικιλία DP 419 φαίνεται να υπερέχει σε περιβάλλοντα της Νότιας, Κεντρικής και Μέρους της Βόρειας Ελλάδας (Ν. Θεσσαλονίκης). Το χαρακτηριστικό αυτών των περιβαλλόντων είναι ότι ευνοούν τον μεγαλύτερο κύκλο βλαστικής ανάπτυξης των φυτών αφού χαρακτηρίζονται από υψηλές θερμοκρασίες. Η ποικιλία DP 388 είναι καλύτερη στις περιοχές της Θράκης και των Σερρών που είναι περιοχές μικρού βιολογικού κύκλου. Αυτό είναι και αναμενόμενο δεδομένου ότι η DP 388 είναι μικρού κύκλου ποικιλία και αξιοποιεί καλύτερα την σύντομη καλλιεργητική περίοδο αυτών των περιοχών (Πίνακας 3.1, 3.2). Επίσης η DP 388 είναι καλή και για την

---

<sup>1</sup> Επειδή η μέθοδος GGE biplot είναι νέα μέθοδος κατά την διάρκεια της παρουσίασης των γραφικών παραστάσεων θα δίδονται εξηγήσεις για τον τρόπο ερμηνείας των σχημάτων.

περιοχή Κόρδα (Ν. Καρδίτσας) επειδή η σπορά σε αυτή την περιοχή γινόταν όψιμα και επομένως θεωρείται μικρού βιολογικού κύκλου(Πίνακας 3.1, 3.2). Δεύτερη καλύτερη επιλογή για την Θράκη και τις Σέρρες, είναι η ποικιλία DP 5111. Αυτή βρίσκεται κοντά στην διαχωριστική κάθετη γραμμή υπονοώντας ότι μπορεί να είναι κατάλληλη και για τα περιβάλλοντα που σαφώς υπερέχει η DP 419. Τα αντίστοιχα γραφήματα με τα δεδομένα σε διαφορετική ομαδοποίηση, υποδεικνύουν τις περιοχές που οι αντίστοιχες ποικιλίες φαίνεται να υπερέχουν. Έτσι με ομαδοποίηση ως προς τους νομούς (Εικ. 4.2) φαίνεται ότι η ποικιλία DP 388 υπερέχει στους Νομούς Ροδόπης - Κομοτηνή και Σερρών, ενώ η DP 419 στους υπόλοιπους Νομούς της χώρας που εξετάστηκαν.

PC 2

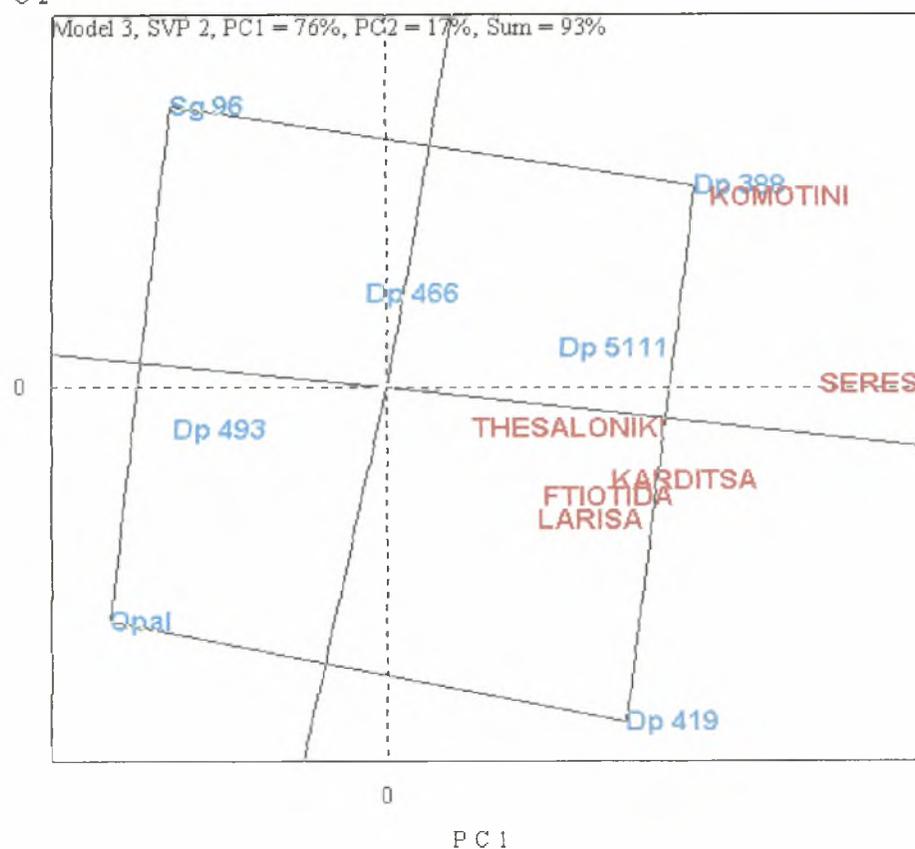


All Greece 2002- 2003 (over trial locations) Which wins where or which is best for what

Εικόνα 4.1. Διάγραμμα κατάταξης ως προς την απόδοση σε σύσπορο, ποικιλιών βαμβακιού σε περιβάλλοντα πειραματισμού με ομαδοποίηση σε τοποθεσίες.

**Σημείωση:** Με μπλε γράμματα οι ποικιλίες και κόκκινα τα περιβάλλοντα. Το σημείο του καθενός στο πολύγωνο ορίζετε από το πρώτο γράμμα της αντίστοιχης λέξης. Το biplot εξηγεί το 87% της παραλλακτικότητας που ωφελείται στον γενότοπο και την αλληλεπίδραση του με το περιβάλλον.

PC 2



All Greece 2002 - 2003 (over trial counties ) Which wins where or which is best for what

Εικόνα 4.2. Διάγραμμα κατάταξης ως προς την απόδοση σε σύσπορο, ποικιλιών βαμβακιού σε περιβάλλοντα πειραματισμού με ομαδοποίηση σε γεωγραφικές περιοχές.

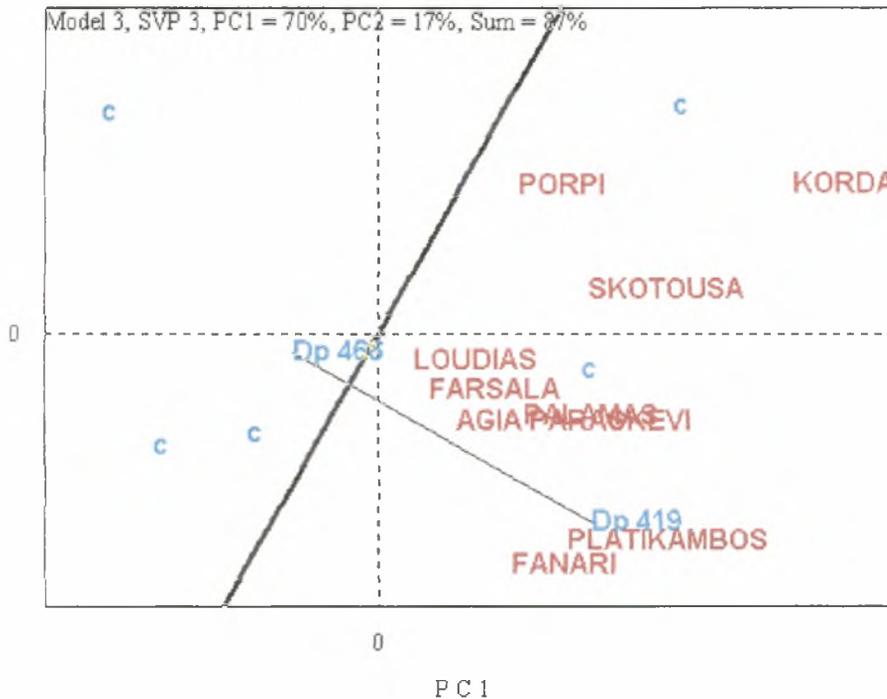
#### 4.2.2. Σύγκριση προεμπορικών ποικιλιών DP 466 – DP 419

Τα biplot γραφήματα επιτρέπουν περαιτέρω σύγκριση μεταξύ δυο ποικιλιών στα αντίστοιχα περιβάλλοντα. Θα χρησιμοποιήσουμε αυτή την δυνατότητα για τις δυο μόνο προεμπορικές ποικιλίες DP 419 , DP 466. Από το biplot (Εικ. 4.3), φαίνεται ότι η DP 419 υπερέχει σε όλα τα περιβάλλοντα. Η ποικιλία DP 466 είναι

σχετικά καλή στα περιβάλλοντα , Λουδίας, Πόρπη και Φάρσαλα στα οποία δεν φαίνεται να διαφέρει πολύ από την DP 466.

Data from: C:\WINDOWS\Απόψεις\Αποδοτικότητα\Αποδοτικότητα\2003-2002 Locations\2003- 2002

PC 2



All Greece 2002- 2003 Comparison DP 419 Vs DP 466

Εικόνα 4.3. Σύγκριση μεταξύ δύο ποικιλιών DP 419, DP 466 στις αντίστοιχες εννέα τοποθεσίες πειραματισμού.

**Σημείωση:** Η έντονη μαύρη γραμμή που είναι κάθετη στην γραμμή που ενώνει τις δύο ποικιλίες συσχετίζεται με τον γενικό μέσο όρο των περιβαλλόντων. Η DP 466 απέδωσε χαμηλότερα από τον γενικό μέσο όρο των περιβαλλόντων. Τα περιβάλλοντα που είναι κοντά στο γενικό μέσο όρο (έντονη κάθετη γραμμή) είναι αυτά που δεν διαφέρουν πολύ οι δύο συγκρινόμενες ποικιλίες.

### 4.2.3 Σταθερότητα και δυναμικό απόδοσης

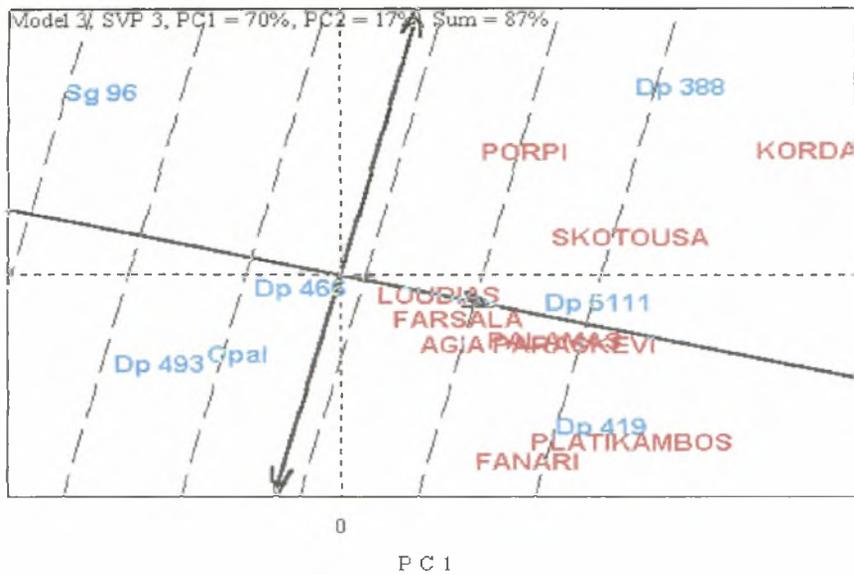
Η ανάλυση με τα bioplot μπορεί επιπλέον να καθορίσει και τη σταθερότητα των ποικιλιών σε συνδυασμό με το δυναμικό αποδοσής τους. Η ιδανική ποικιλία είναι αυτή που συνδυάζει υψηλή απόδοση και σταθερότητα. Το bioplot (εικ. 4.4) δείχνει ότι η ποικιλία DP 419 έχει μεγαλύτερη απόδοση και μετά ακολουθούν οι DP 388 και DP 5111, DP 466, Orpa, DP 493, SG 96. Το ίδιο διαπιστώνουμε και με τα πραγματικά δεδομένα (πίν. 4.3). Ενώ στο bioplot (εικ. 4.5) προκύπτει ότι η DP 419 υπερτερεί στην απόδοση σε σύσπορο και ίνα ανά εκτάριο με δεύτερη καλύτερη την DP 388. Η DP 493 είναι καλύτερη σε ποσοστό (%) ίνας. Στην συνδυασμένη ανάλυση για απόδοση σε ίνα ανά εκτάριο των DP 419, DP 388, DP 493 δεν βρέθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Φυσικά δεν πρέπει να ξεχνούμε ότι η χρήση της συνδυασμένης ανάλυσης για εξαγωγή συμπερασμάτων μπορεί να οδηγήσει σε λάθος εκτιμήσεις, αφού η αλληλεπίδραση (ποικιλία \* τοποθεσία) είναι σημαντική (πίν. 4.1.). Σύμφωνα με την εικόνα εικ. 4.4, η DP 5111 είναι απολύτως σταθερή σε όλα τα περιβάλλοντα της χώρας δηλαδή είναι ποικιλία γενικής προσαρμοστικότητας. Η DP 466 είναι σχετικά σταθερή ενώ η DP 388 δεν είναι σταθερή. Η DP 466 είναι σταθερή αλλά χαμηλής παραγωγικότητας, ένα γεγονός το οποίο είναι ανεπιθύμητο. Οι DP 419, DP 388 προσαρμόζονται σε διαφορετικά περιβάλλοντα και για να διαπιστωθεί η σταθερότητα πρέπει να μελετηθούν στα αντίστοιχα περιβάλλοντα. Στην εικ. 4.6, διακρίνονται τα περιβάλλοντα όπου η DP 419 είναι καλύτερη η οποία χαρακτηρίζεται ως σταθερή και υψηλοαποδοτική. Επιπροσθέτως στην εικ. 4.7, βλέπουμε την DP 388 στις αντίστοιχες περιοχές που υπερέχει. Βλέπουμε ότι εκτός από υψηλοαποδοτική είναι και σταθερή.

**Πίνακας 4.3** Συνδυασμένη ανάλυση παραλακτικότητας για τα συστατικά της απόδοσης.

Ποικιλία	Σύσπορο κιλά/ Ha	Ίνα κιλά/ha	% ίνα
DP 388	4474 AB*	1976 AB	44,1 B
DP 419	4621 A	2005 A	43,4 C
DP 466	4330 BC	1910 BC	44,2 B
DP 493	4178 CD	1971 AB	47,3 A
DP 5111	4492 AB	1880 CD	41,8 E
OPAL	4127 D	1757 E	42,4 D
SG 96	4089 D	1813 DE	44,2 B
R <sup>2</sup>	0,91	0,90	0,96
CV%	9,7	10,1	1,4

\*Κατάταξη κατά Student T –test LSD<sub>(0,05)</sub> (στα ίδια γράμματα μη στατιστικώς σημαντική διαφορά)

P C 2



All Greece 2002 - 2003 (over locations) Yield means Vs stability

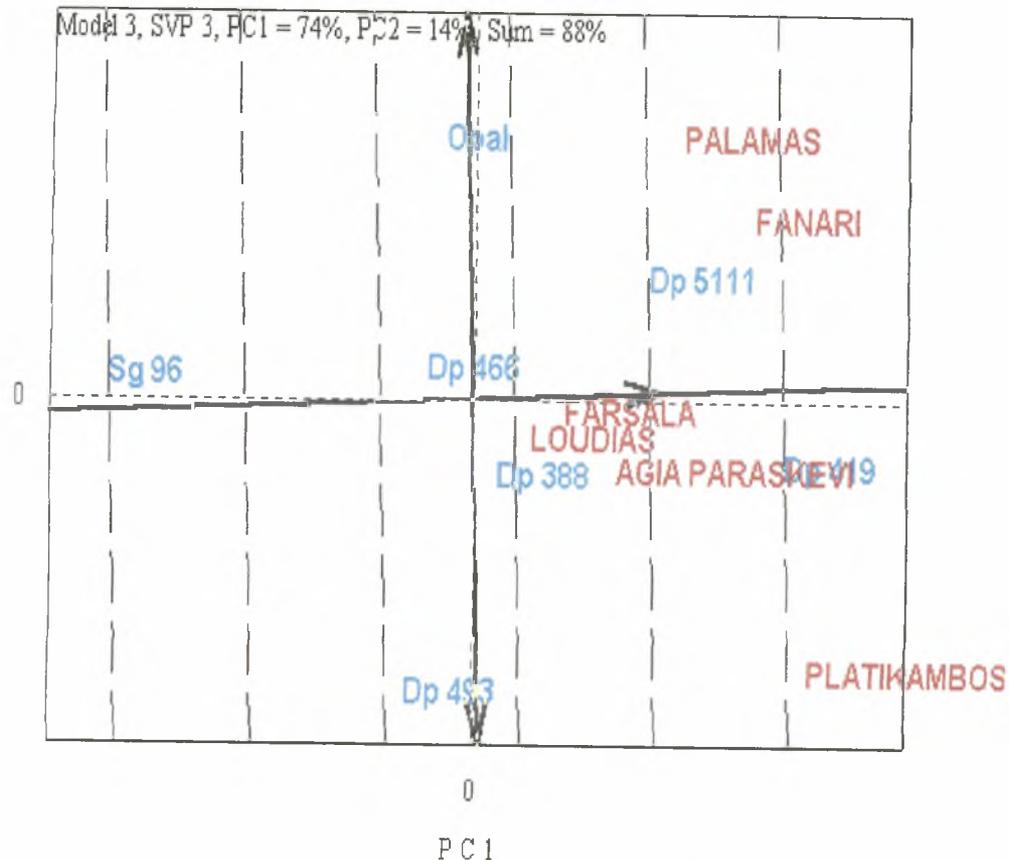
Εικ. 4.4. Ανάλυση για σταθερότητα και απόδοση με δεδομένα από το σύνολο των περιοχών που εξετάστηκαν.

**Σημείωση:** Το δυναμικό της απόδοσης σχετίζεται με την οριζόντια γραμμή με το ένα βέλος. Η οριζόντια γραμμή ονομάζεται «Μέση Συντεταγμένη Περιβάλλοντος (ΜΣΠ)» (Average tester coordinate). Η ΜΣΠ περνάει από την αρχή του Biplot και το σημείο που ορίζεται από τον μέσο όρο των δύο PC1 και PC2. Η απόδοση των ποικιλιών σχετίζεται με την απόσταση της προβολής των ποικιλιών στην ΜΣΠ και την αρχή του Biplot. Όσο δεξιότερα (του βέλου) βρίσκεται η ποικιλία τόσο πιο αποδοτική είναι. Η απόδοση των ποικιλιών συσχετίζεται με την απόσταση της προβολής των ποικιλιών στην ΜΣΠ και την αρχή του Biplot. Η κάθετη ονομάζεται «Μέση Τεταγμένη Περιβάλλοντος (ΜΤΠ)» και ορίζεται ως κάθετη ως προς την προηγούμενη. Η απόσταση από την προβολή των ποικιλιών έως την αρχή του biplot καθορίζει την σταθερότητα των ποικιλιών. Όσο περισσότερο μακριά βρίσκονται οι ποικιλίες από την οριζόντια τόσο λιγότερο σταθερές είναι. Οι διάστικτες παράλληλες προς την ΜΤΠ μας βοηθούν να εκτιμούμε την μέση απόδοση των ποικιλιών.



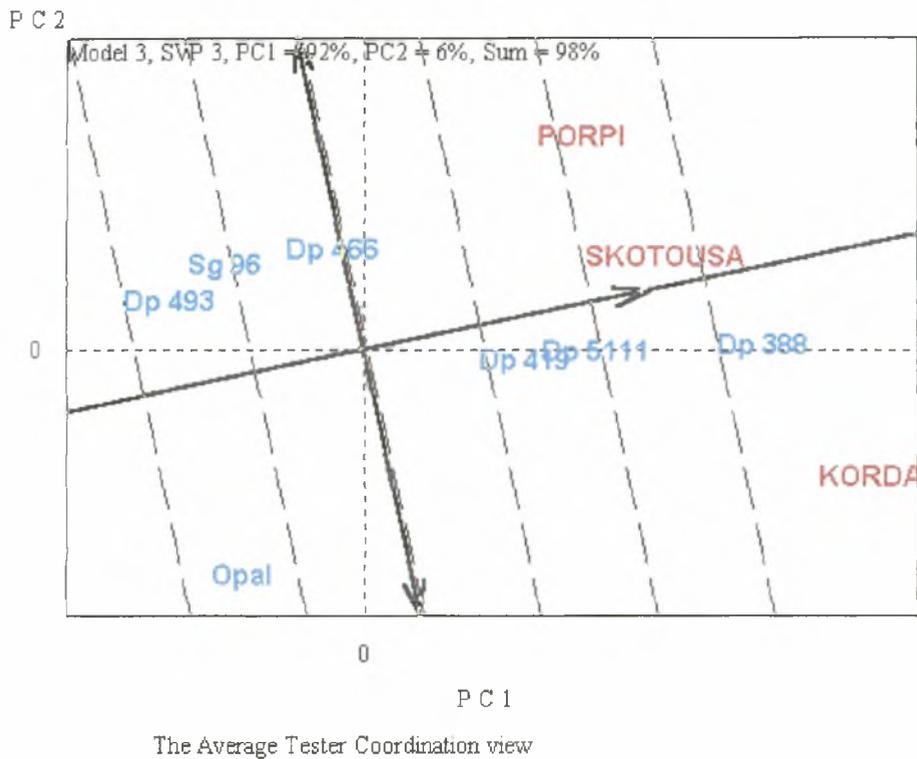
Data from: C:\WINDOWS\ΑόεσΌιέεά άηάάόβáo\οάέέέέ έέέέ-έέέέ\2003-2002 Locations\2003- 200

P C 2



Locations Porpi, Korda, Skotousa Excluded Yield means Vs Stability

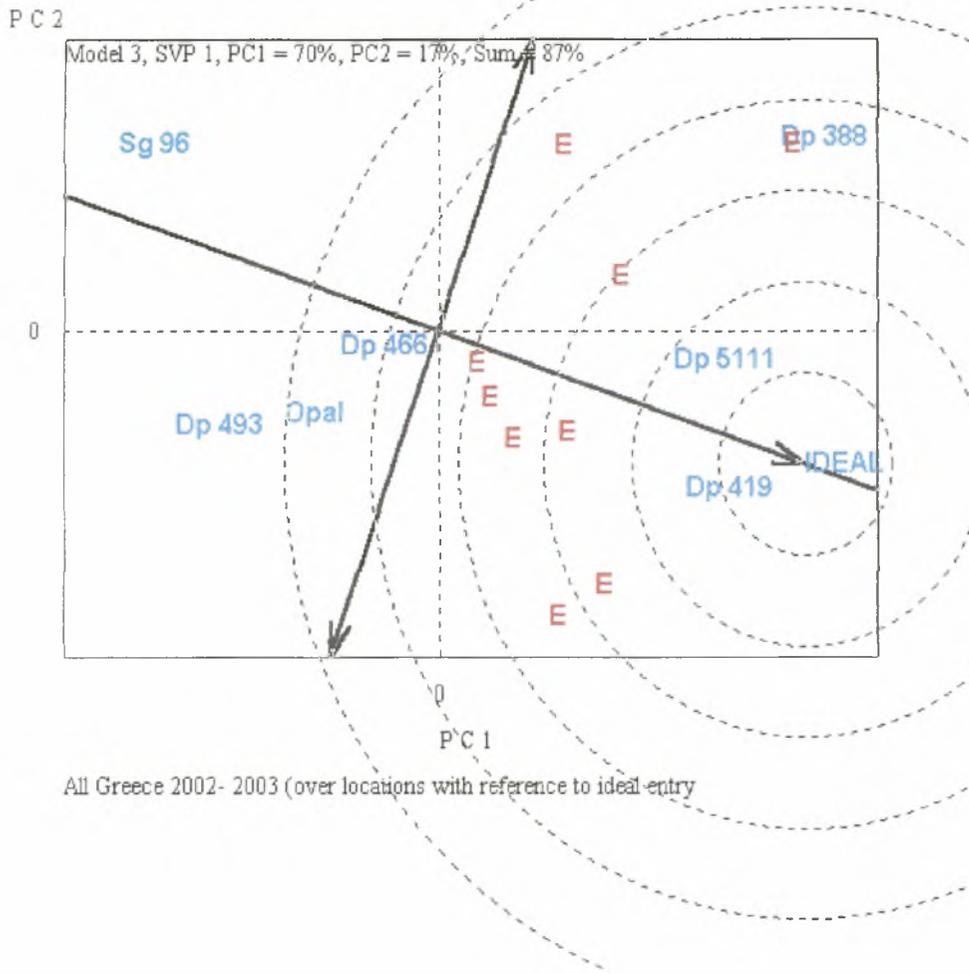
Εικ. 4.6. Διάγραμμα κατάταξης επτά ποικιλιών βαμβακιού, ως προς την απόδοση σε σόσπορο σε περιβάλλοντα που η DP 419 είναι καλύτερη.



Εικ. 4.7. Διάγραμμα κατάταξης επτά ποικιλιών βαμβακιού, ως προς την απόδοση σε σύσπορο σε περιβάλλοντα που η ποικιλία DP 388 είναι καλύτερη.

#### 4.2.4 Καθορισμός ιδεώδους ποικιλίας

Με το Βιοplot (εικ. 4.8) είναι δυνατόν να καθορίσουμε ποια ποικιλία συνδυάζει καλύτερα την υψηλή παραγωγικότητα και σταθερότητα, ορίζοντας την περιοχή του ιδεώδους. Κατά κύριο λόγο η ποικιλία DP 419 και ακολούθως η DP 5111, βρίσκονται πιο κοντά στην περιοχή του ιδεώδους, σαν ποιο σταθερές και αποδοτικές για όλες τις περιοχές της χώρας. Στην ομαδοποίηση βέβαια με περιβάλλοντα της Θράκης και Σερρών υπερέχει η DP 388 όπως προαναφέραμε.



Εικ. 4.8. Κατάταξη επτά ποικιλιών βαμβακιού ως προς την σταθερότητα και το δυναμικό της απόδοσης.

**Σημείωση:** Η οριζόντια γραμμή εκφράζει που πρέπει να βρίσκετε η πιο υψηλοαποδοτική ποικιλία, ενώ οι ομόκεντροι κύκλοι την σταθερότητα.

### 4.3 Διερεύνηση περιβαλλόντων με την μέθοδο GGE biplot

#### 4.3.1 Αντιπροσωπευτικότητα και διακριτική ικανότητα περιβαλλόντων

Με το biplot της Εικόνας 4.4 μπορούμε να βρούμε την αντιπροσωπευτικότητα των περιβαλλόντων. Όπως προαναφέραμε, η οριζόντια γραμμή ονομάζεται «Μέση Συντεταγμένη Περιβάλλοντος (ΜΣΠ)» (Average tester coordinate). Η ΜΣΠ περνάει από την αρχή του Biplot και το σημείο που ορίζεται από τον μέσο όρο των δυο PC1

και PC2. Η γραμμή ΜΣΠ αντιπροσωπεύει τη μέση επίδραση του περιβάλλοντος. Η απόλυτη απόσταση των σημείων (markers) των περιβαλλόντων όπως καθορίζονται από την κάθετη προβολή των περιβαλλόντων στην ΜΣΠ, καθορίζει την αντιπροσωπευτικότητα των περιβαλλόντων. Η περιοχή Κόρδα (Καρδίτσας), Πόρπη (Κομοτηνή), Πλατύκαμπος (Λάρισας) και Φανάρι (Καρδίτσας) είναι οι λιγότερο αντιπροσωπευτικές ενώ ακολουθεί η περιοχή της Σκοτούσας (Σερρών). Οι περιοχές Αγία Παρασκευή (Φθιώτιδας), Παλαμάς (Καρδίτσας) είναι αρκετά αντιπροσωπευτικές ενώ η περιοχή του Λουδία Θεσσαλονίκης θεωρείται απόλυτα αντιπροσωπευτική (βρίσκετε σχεδόν πάνω στην γραμμή) και ακολουθεί η περιοχή των Φαρσάλων (Λάρισας).

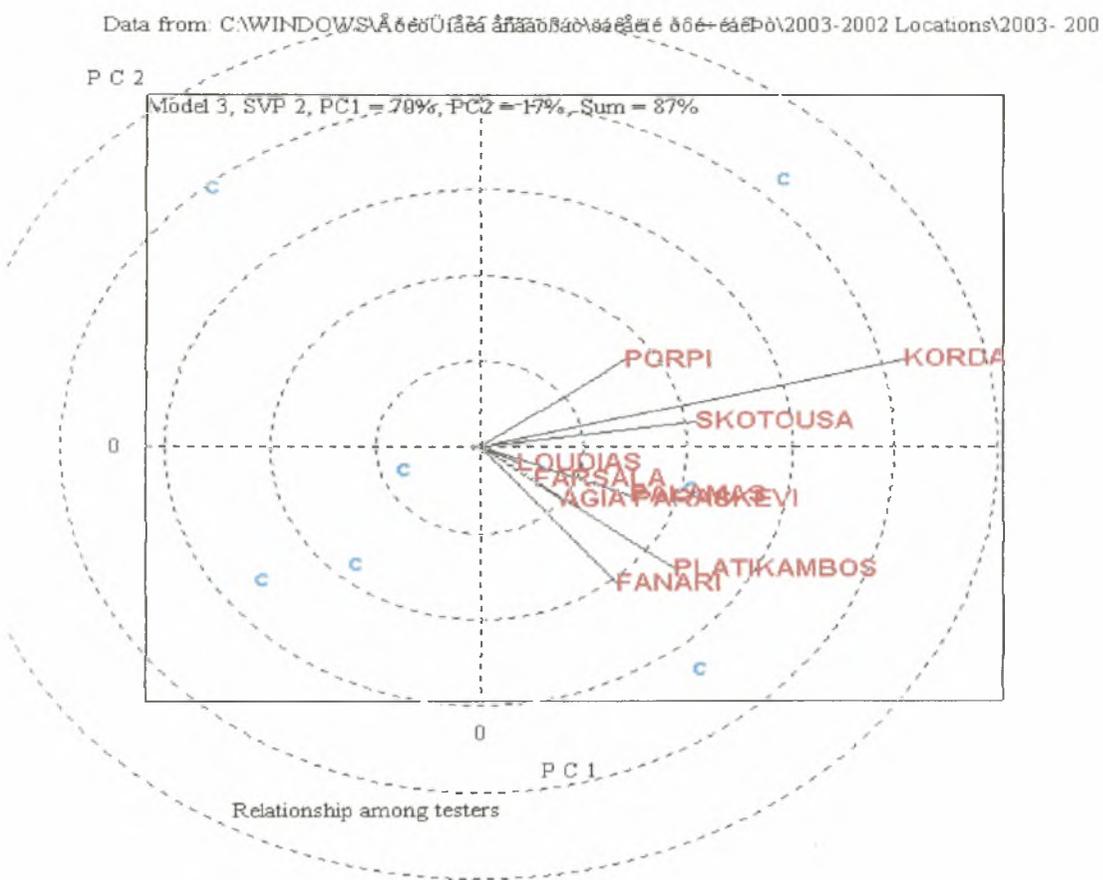
#### 4.3.2 Διακριτική ικανότητα περιβαλλόντων

Το μήκος του διανύσματος από το σημείο 0 του biplot μέχρι το σημείο που ορίζεται από το πρώτο γράμμα του ονόματος του περιβάλλοντος (marker) καθορίζει τη διακριτική ικανότητα του περιβάλλοντος (Εικ. 4.9). Το μήκος του διανύσματος σχετίζεται στενά με την τυπική απόκλιση μέσα στο περιβάλλον. Περιβάλλοντα που διαχωρίζουν καλύτερα τις ποικιλίες μας δίνουν και μεγάλες τυπικές αποκλίσεις ανάμεσα στους μέσους όρους των ποικιλιών και αυτό αναπαριστάται με μεγάλο μήκος διανυσμάτων στο γράφημα. Οι περιοχές Κόρδα (Καρδίτσας), Πλατύκαμπος (Λάρισας) και Φανάρι (Καρδίτσας) έχουν μεγάλη διακριτική ικανότητα. Ακολουθούν οι περιοχές Σκοτούσα (Σέρρων), Αγία Παρασκευή (Φθιώτιδας), Παλαμάς (Καρδίτσας), Φάρσαλα (Λάρισας) και Λουδίας (Θεσσαλονίκης) οι οποίες έχουν μικρή διακριτική ικανότητα.

#### 4.3.3 Καθορισμός «Ιδεώδους περιοχής» για πειραματισμό

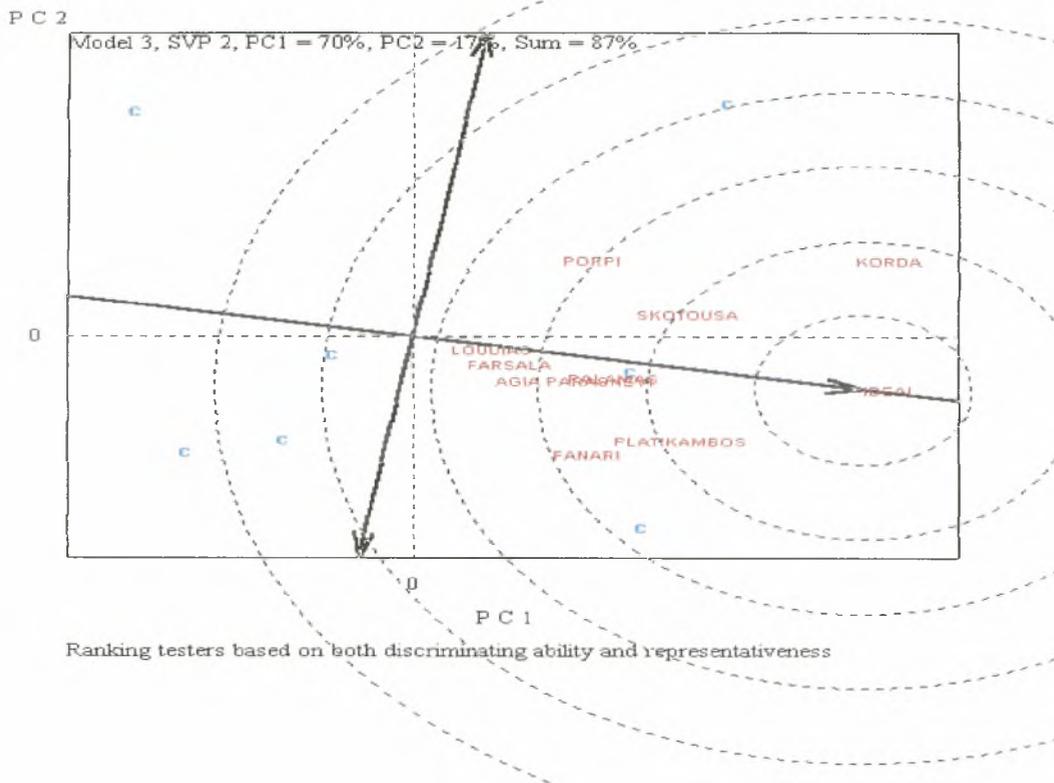
Η ανάλυση με τα biplot επιτρέπει τον καθορισμό της «Ιδεώδους περιοχής» για πειραματισμό βασιζόμενη στην αντιπροσωπευτικότητα και τη διακριτική ικανότητα των τοποθεσιών πειραματισμού. Η «ιδεώδης περιοχή» πρέπει να συνδυάζει σε ικανοποιητικό βαθμό και τα δυο. Βασιζόμενοι στο δείγμα των εννέα τοποθεσιών, δε φαίνεται να υπάρχει «ιδεώδης περιοχή» για πειραματισμό αφού στο κέντρο του biplot που καθορίζεται από τον κύκλο δεν βρίσκεται καμία από τις εξεταζόμενες περιοχές (εικ. 4.10). Η πιο κοντινή περιοχή που ορίζεται από τον δεύτερο κύκλο είναι η περιοχή Κόρδα Καρδίτσας, η οποία φαίνεται να είναι η πιο ιδανική περιοχή για πειραματισμό ποικιλιών βαμβακιού στην Ελλάδα. Ως δεύτερη επιλογή, οι περιοχές

που περιλαμβάνονται στον επόμενο κύκλο κατά σειρά είναι: Σκοτούσα (Σέρρες), Πλατύκαμπος (Λάρισα), και Φανάρι - Παλαμάς (Καρδίτσα). Οι υπόλοιπες δεν θεωρούνται αντιπροσωπευτικές και με μικρή διακριτική ικανότητα.



Εικ. 4.9. Συσχέτιση και διακριτική ικανότητα περιβαλλόντων.

**Σημείωση:** Το ημίτονο της γωνίας μεταξύ δυο διανυσμάτων στο biplot προσεγγίζει τον συντελεστή συσχέτισης ( $r$ ) μεταξύ τους. Το μήκος του διανύσματος προσεγγίζει την τυπική απόκλιση μέσα στο περιβάλλον άρα και την διακριτική του ικανότητα. Μεγάλη τυπική απόκλιση ισοδυναμεί με μεγάλη διακριτική ικανότητα, στο να αναδεικνύει τις πιο υψηλοαποδοτικές ποικιλίες.



Εικ. 4.10 Προσδιορισμός του «Ιδεώδους περιβάλλοντος» για πειραματισμό, βασιζόμενη στην διακριτική ικανότητα και αντιπροσωπευτικότητα του.

**Σημείωση:** Για να βρεθεί το σημείο που δείχνει το βέλος, λαμβάνεται υπόψη η μέση δράση του περιβάλλοντος όπου και φέρεται το διάνυσμα που περνάει από το σημείο 0 και επιπροσθέτως το μήκος του διανύσματος καθορίζεται από το περιβάλλον που έχει την μεγαλύτερη διακριτική ικανότητα. Αυτό είναι το περιβάλλον όπου οι ποικιλίες έχουν την μεγαλύτερη τοπική απόκλιση. Η απόσταση των ποικιλιών από την οριζόντια γραμμή, εκφράζουν την αντιπροσωπευτικότητα του περιβάλλοντος. Οι ομόκεντροι κύκλοι βοηθάνε να «δούμε» τις διαφορές.

#### 4.3.4 Διερεύνηση μέγα - περιβαλλόντων

Για τον χαρακτηρισμό των περιβαλλόντων σε μέγα – περιβάλλοντα σύμφωνα με τον Yan *et al.* (2003) θα πρέπει να πληρούνται δυο προϋποθέσεις. Αρχικά θα πρέπει να υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ γενοτύπων και τοποθεσιών, με αποτέλεσμα οι γενότυποι να ομαδοποιούνται σε διαφορετικές τοποθεσίες. Ακολούθως κάθε πρόταση για την ύπαρξη μέγα – περιβαλλόντων θα πρέπει να εκτιμάται με δεδομένα πολλών ετών.

Για να διερευνήσουμε την ύπαρξη μέγα – περιβαλλόντων θα χρησιμοποιήσουμε την ίδια τακτική που χρησιμοποίησαν οι Yan, and Rajcan (2002), με δεδομένα από πειράματα σόγιας. Θα δημιουργήσουμε πρώτα το bioplot «Ποιος νικάει που; ή ποιος είναι καλύτερος σε τι;» ανά έτος με ομαδοποίηση ανά τοποθεσία και μετά ανά νομό για εντοπισμό των αλληλεπιδράσεων των γενοτύπων με τις ομαδοποιήσεις των τοποθεσιών. Στις εικ 4.11 και 4.12 υπάρχει ομαδοποίηση ανά έτος 2002-2003 και τοποθεσία. Κατά αρχήν υπάρχει αλληλεπίδραση γιατί η ποικιλία DP 388 νικάει σε Σκοτούσα, Κόρδα, Φανάρι το 2002 (εικ. 4.11), ενώ το 2003 έδωσε καλύτερα αποτελέσματα σε Πόρπη, Πλατύκαμπο και Κόρδα (Εικ. 4.12). Η περιοχή της Κόρδας (Καρδίτσα) είναι η μόνη περιοχή που ομαδοποιείται από την DP 388 και στα δυο έτη. Για να χαρακτηριστεί ένα μέγα περιβάλλον, θα πρέπει να υπάρχει η ίδια ομαδοποίηση κάθε χρόνο γεγονός που ισχύει μόνο για την περιοχή της Κόρδας. Η Κόρδα είναι περιοχή της Καρδίτσας όπου η σπορά γίνεται όψιμα κάθε χρόνο και επειδή η DP 388 είναι μικρού βιολογικού κύκλου ποικιλία έχει καλή προσαρμογή. Με τη συγκεκριμένη ομάδα δεδομένων δεν βρέθηκε σταθερή ομαδοποίηση στις περιοχές. Τα ίδια ισχύουν και για την DP 419 η οποία δεν ομαδοποιεί τα περιβάλλοντα με τον ίδιο τρόπο κάθε χρόνο. Για παράδειγμα στον Πλατύκαμπο και την Πόρπη η ποικιλία αυτή προηγείται σε απόδοση το 2002 υστερεί όμως το 2003. Αντίθετα στην Σκοτούσα, υστερεί την καλλιεργητική περίοδο του 2002, ενώ προηγείται το 2003. Τα ίδια ισχύουν και όταν η ομαδοποίηση γίνεται ανά Νομό (Εικ. 4.13, 4.14). Το 2002, η ποικιλία DP 388 ομαδοποιείται στις Σέρρες. Το 2003 στην Κομοτηνή και χωρίς να είναι απόλυτα ξεκάθαρο στις περιοχές των Σερρών και της Θεσσαλονίκης (περιοχές που βρίσκονται κοντά στις διαχωριστικές γραμμές). Το μόνο που μπορούμε να δούμε είναι ότι η ποικιλία DP 388 έχει την τάση να ομαδοποιείται με περιοχές των Σερρών, Κομοτηνής που είναι περιοχές της βόρειου Ελλάδος ή με την περιοχή (Κορδα) της Κεντρικής Ελλάδας όπου γίνεται όψιμη σπορά και ο βιολογικός κύκλος είναι μικρός.

Σύμφωνα με στοιχεία των Yan et. all 2003, όταν δεν υπάρχει μέγα – περιβάλλον, το περιβάλλον πειραματισμού μπορεί να χαρακτηριστεί σύνθετο με διαφορετικές αλληλεπιδράσεις ανά έτος. Παρόλα αυτά μπορούν να εκτιμηθούν με μικρότερη πιθανότητα ομοιότητες ανάμεσα στις περιοχές, με τις συσχετίσεις ανάμεσα στα περιβάλλοντα, για να επιβεβαιωθεί η υπόθεση του «Ποιος νικάει που;». Έτσι προκύπτει ότι οι περιοχές της Κομοτηνής και των Σερρών έχουν συγγένεια μεταξύ τους.

Με το bioplot μπορούμε να βρούμε τη σχέση ανάμεσα στα περιβάλλοντα όπου καθορίζεται από την μεταξύ τους συσχέτιση (εικ.4.9). Τα δεδομένα των συσχετίσεων επαληθεύονται και από τα πραγματικά δεδομένα πίν. 4.4

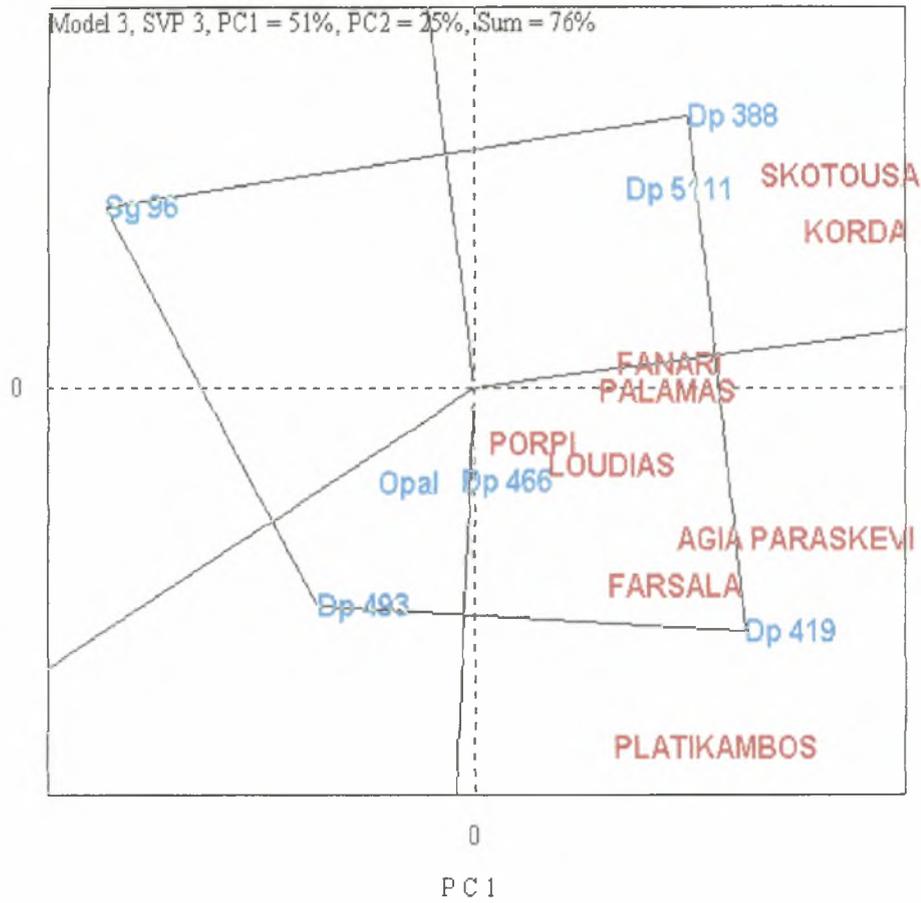
**Πίνακας 4.4.** Συντελεστές συσχέτισης μεταξύ περιβαλλόντων με δεδομένα 2 χρόνων πειραματισμού.

Περιβάλλον (Νομός)	Φθιώτιδα	Καρδίτσα	Κομοτηνή	Λάρισα	Σέρρες	Θεσσαλονίκη
Φθιώτιδα	0	0,711	0,351	0,950	0,722	0,709
Καρδίτσα	0,711	0	0,479	0,720	0,780	0,432
Κομοτηνή	0,351	0,479	0	0,252	0,827	0,321
Λάρισα	0,950	0,720	0,252	0	0,683	0,609
Σέρρες	0,722	0,780	0,827	0,683	0	0,677
Θεσσαλονίκη	0,709	0,432	0,321	0,609	0,677	0

Η Κομοτηνή φαίνεται να είναι διαφορετικό περιβάλλον με ποιο κοντινό σε αυτό τις Σέρρες, ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ τους είναι  $r=0,82$  πίν. 4.4 και εικ. 4.15. Γεωγραφικά άλλωστε οι δυο περιοχές βρίσκονται κοντά και φυσικό είναι οι συνθήκες που επικρατούν κατά την καλλιεργητική περίοδο να είναι παρόμοιες. Οι υπόλοιπες τοποθεσίες φαίνεται να βρίσκονται σε καλή συσχέτιση μεταξύ τους παρέχοντας ένδειξη ότι μπορεί να αποτελούν συγγενή περιβάλλοντα για τα δυο χρόνια του πειραματισμού. Με τα στοιχεία των δυο ετών που χρησιμοποιήθηκαν θα μπορούσε να υποστηριχθεί ότι υπάρχει σημαντική αλληλεπίδραση των ποικιλιών με τα περιβάλλοντα. Η ομαδοποίηση είναι πολύ περιορισμένη με αποτέλεσμα να μην μπορεί να υποστηριχθεί η ύπαρξη συγκεκριμένων μέγα – περιβαλλόντων. Η ποικιλία DP 388 έχει την τάση να ομαδοποιείται με περιοχές της Κομοτηνής και των Σερρών

και με περιοχή της Κεντρικής Ελλάδας όπου η σπορά γίνεται όψιμα. Από την άλλη πλευρά, η μεγαλύτερου κύκλου DP 419 ακολουθεί πιο ακαθόριστη συμπεριφορά αφού ομαδοποιείται και με περιοχές της Βόρειας αλλά και της Νότιας και Κεντρικής Ελλάδας. Το γεωγραφικό ανάγλυφο του Ελλαδικού χώρου, η περιορισμένη διάρκεια του βιολογικού κύκλου σε σύγκριση με την πλαστικότητα του φυτού του βαμβακιού, δημιουργούν σημαντικές αλληλεπιδράσεις. Τέλος δεν θα πρέπει να παραληφθούν, η διαχείριση της καλλιέργειας με ρυθμιστές αύξησης καθώς και η χρήση αποφυλλωτικών που εναπόκειται στον κατάλληλο χειρισμό του παραγωγού. Με την διερεύνηση της πρωιμότητας, επιχειρήθηκε η μελέτη της επιδράσής της στην προσαρμοστικότητα των ποικιλιών στον Ελλαδικό χώρο, με στόχο να ερμηνευτεί η συμπεριφορά ποικιλιών όπως η DP 388 σε περιοχές με μικρό βιολογικό κύκλο.

P C 2

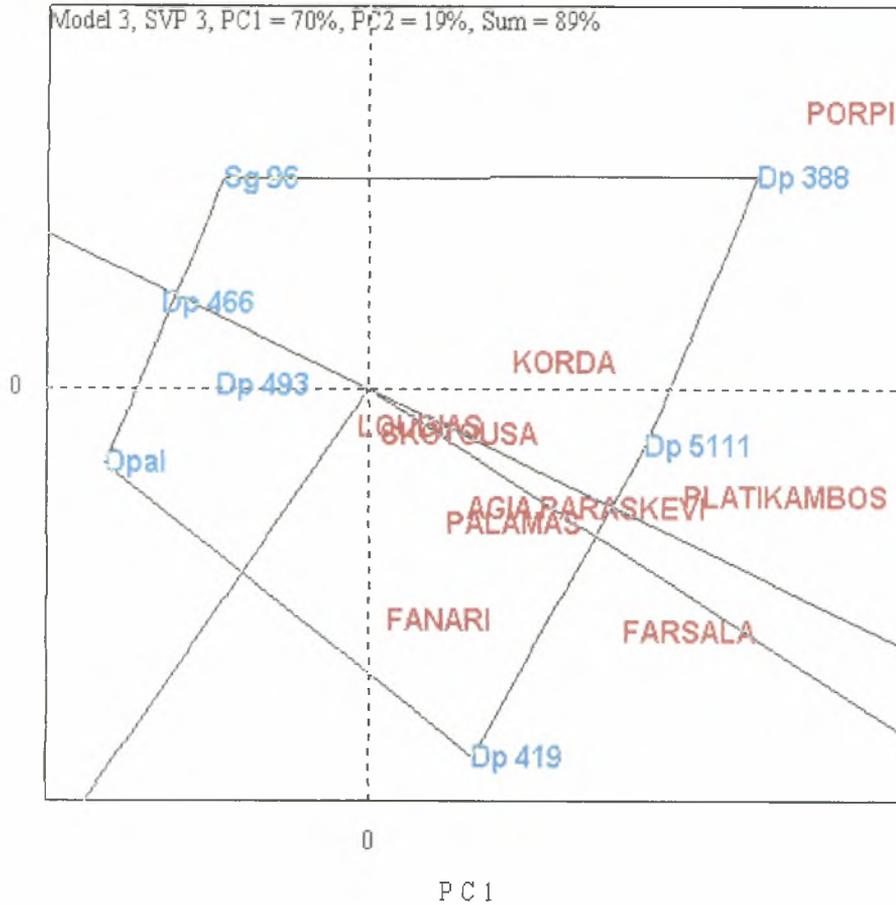


Which wins where or which is best for what

Εικόνα 4.11. Δεδομένα 2002. Διάγραμμα κατάταξης ποικιλιών βαμβακιού ως προς την απόδοση σε σύσπορο σε περιβάλλοντα πειραματισμού. Ομαδοποίηση ανά τοποθεσία.

Data from: C:\WINDOWS\Δείγματα Αναλύσεων\Επεξεργασία\Per Year\2003- NO MIDAS CE

P C 2

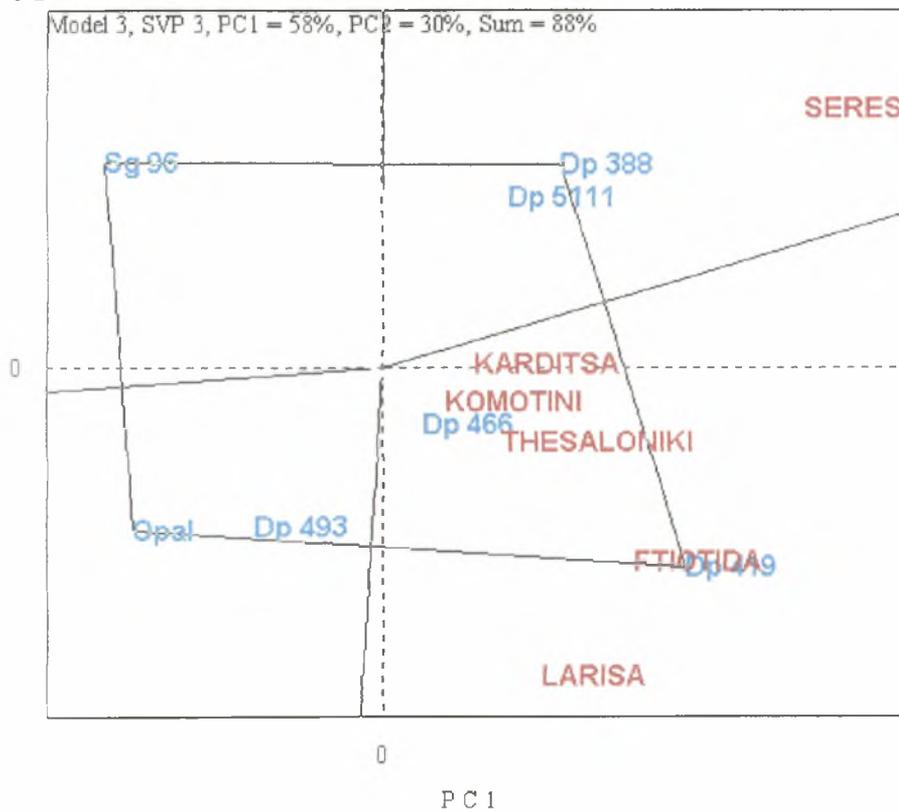


Which wins where or which is best for what

Εικόνα 4.12. Δεδομένα 2003. Διάγραμμα κατάταξης ποικιλιών βαμβακιού ως προς την απόδοση σε σύσπορο σε περιβάλλοντα πειραματισμού. Ομαδοποίηση ανά περιοχή.

Data from: C:\WINDOWS\ΑόεσΌίάέά άηάάσβάνοάέάέέέ δόέ-έάέβ\Per Year\2002 NO MIDAS CEL

PC 2

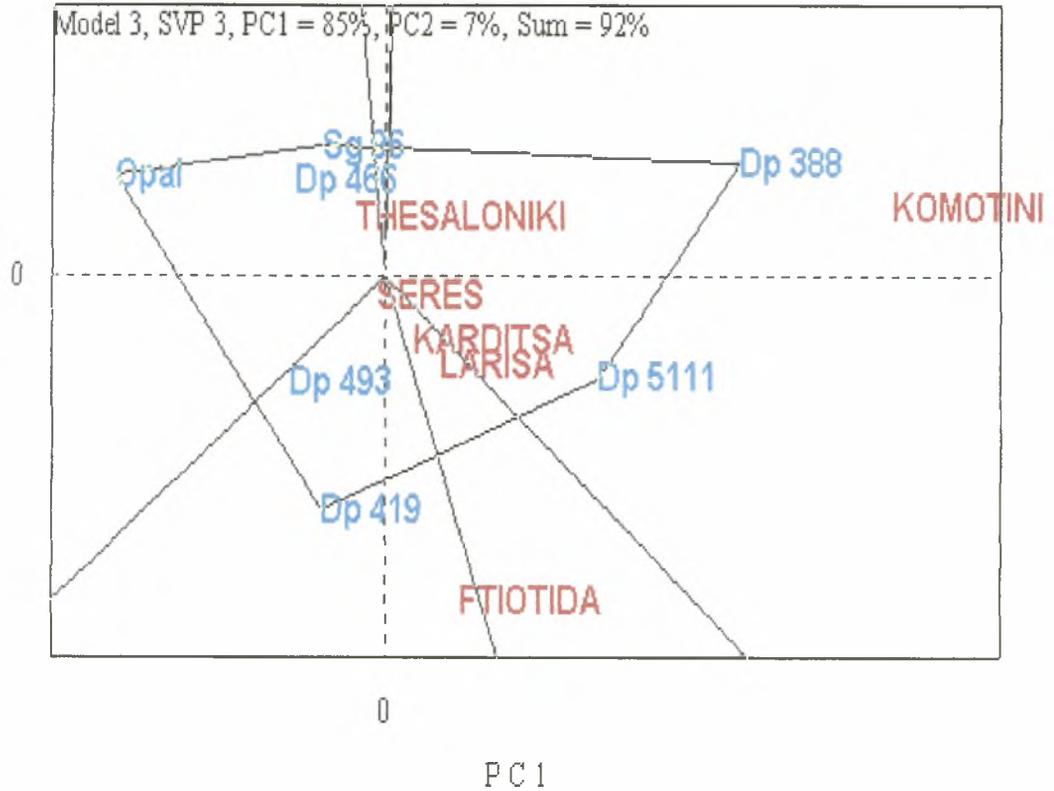


Which wins where or which is best for what

Εικόνα 4.13. Δεδομένα 2002. Διάγραμμα κατάταξης ποικιλιών βαμβακιού ως προς την απόδοση σε σύσπορο σε περιβάλλοντα πειραματισμού. Ομαδοποίηση ανά Νομό.

Data from: C:\WINDOWS\Απόθεμα άρθροβάση\έρε-έρε-έρε\Per Year\2003 NO MIDAS CEL

PC 2



Which wins where or which is best for what

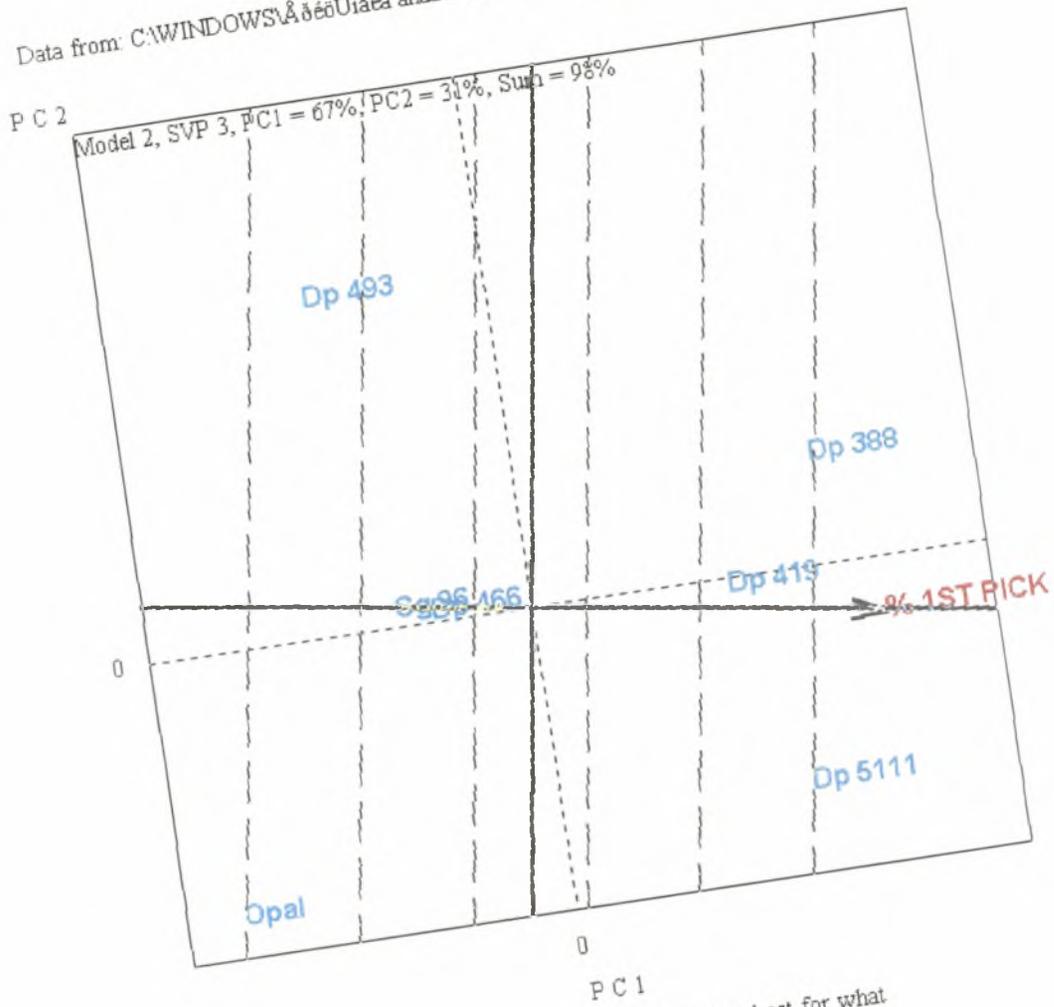
Εικόνα 4.14. Δεδομένα 2003. Διάγραμμα κατάταξης ποικιλιών βαμβακιού ως προς την απόδοση σε σύσπορο σε περιβάλλοντα πειραματισμού. Ομαδοποίηση ανά Νομό.



Πίνακας 4.5. Συντελεστής συσχέτισης ανάμεσα σε πρωιμότητα (*% 1st pick*), απόδοση σε ίνα (*Lint yield*), σόνπορο (*seedcotton*), % απόδοση σε ίνα (*lint%*).

	<i>% 1st pick</i>	<i>Lint yield</i>	<i>Lint%</i>	<i>Seedcotton</i>
<i>% 1st pick</i>	0	0,747	-0,265	0,920
<i>Lint yield</i>	0,747	0	0,311	0,806
<i>Lint%</i>	-0,265	0,311	0	-0,307
<i>Seedcotton</i>	0,920	0,806	-0,307	0

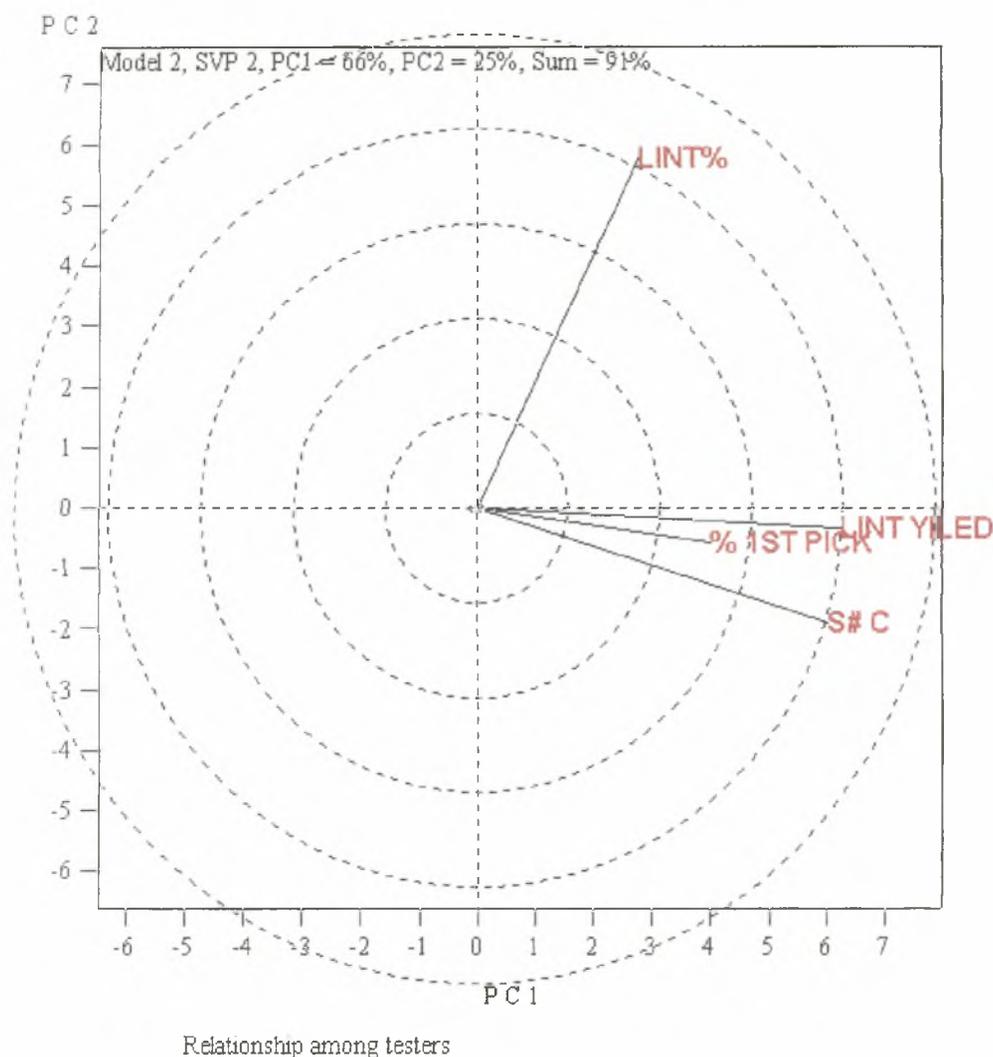
Data from: C:\WINDOWS\Α&δ&ε&ζ&η&θ&ι&κ&λ&μ&ν&ξ&ο&π&ρ&σ&τ&υ&φ&χ&ψ&ω&Α&Β&Γ&Δ&Ε&Ζ&Η&Θ&Ι&Κ&Λ&Μ&Ν&Ξ&Ο&Π&Ρ&Σ&Τ&Υ&Φ&Χ&Ψ&Ω&lit sc 1st pick\2003- 2002 with



All Greece 2002- 2003 Which wins where or which is best for what

Εικ. 4.16. Κατάταξη ποικιλιών βαμβακιού με κριτήριο πρωιμότητας το (%) ποσοστό συγκομιδής, στο 1<sup>ο</sup> χέρι (% 1st Pick)

Data from: C:\WINDOWS\ΑόεοΌίάεά άηάοβδ\λοάεάίε έδóε-εάεΡ\lit sc 1st pick\2003- 2002 wit



Εικ. 4.17. Μελέτη συσχέτισης, σύμφωνα με την πρωιότητα με βάση την 1<sup>η</sup> συγκομιδή (% 1st Pick), την απόδοση σε σύσπορο (S#C), την απόδοση σε ίνα (Lint yield) και την (%) περιεκτικότητα σε ίνα (Lint%).

#### 4.4 Πρότυπο Παλινδρόμησης Eberhart and Russel (1966)

Σύμφωνα με τον Yan et al (2003), η χρήση των biplot είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για την ανάλυση πολύπεριβαλλοντικών πειραμάτων, η χρήση όμως επιπρόσθετων μεθόδων που θα επιβεβαιώνουν τις υποθέσεις που απορρέουν από τα biplot είναι εξίσου χρήσιμες. Έτσι τα δεδομένα αναλύθηκαν και με το πρότυπο της παλινδρόμησης των Eberhart and Russel, (1966). Στον πίνακα 4.6 εμφανίζονται οι σχετικές παράμετροι της συγκεκριμένης μεθόδου.

Πίνακας 4.6 Παράμετροι σταθερότητας κατά Eberhart and Russel

Variety	Y	b	R <sup>2</sup>	Sd <sup>2</sup>
DP 388	4496	0,889	0,71	279602
DP 419	4587	0,949	0,82	175019
DP 466	4270	0,975	0,75	270827
DP 493	4159	0,996	0,77	252603
DP 5111	4470	0,884	0,77	204709
Deltaopal	4185	0,945	0,68	362090
SG 96	4055	0,811	0,7	243100

#### Όπου

Y= μέση απόδοση σε σύσπορο

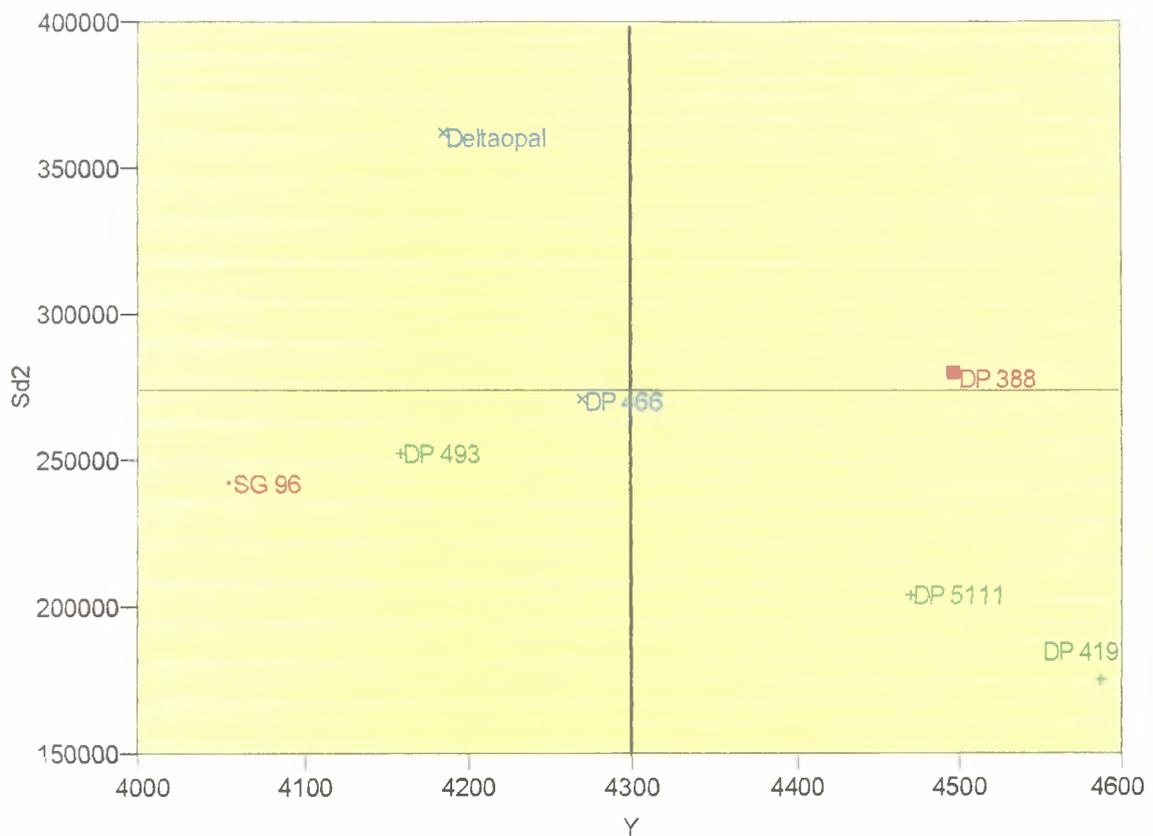
b= κλίση γραμμή παλινδρόμησης

R<sup>2</sup> = συντελεστής προσδιορισμού

Sd<sup>2</sup> = συντελεστής απόκλισης

Με βάση τις παραμέτρους η ποικιλία DP 419 συνδυάζει τις προϋποθέσεις του υψηλού παραγωγικού δυναμικού με την μικρότερη τιμή Sd<sup>2</sup> και συντελεστή b πρακτικά ίσο με την μονάδα. Έτσι θεωρείται ως η κατάλληλη ποικιλία με γενική προσαρμοστικότητα, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από το δισδιάστατο γράφημα

(εικ. 4.18). Η ποικιλία DP 419 είναι η πλέον υψηλοπαδοτική και σταθερή. Η DP 388 είναι η δεύτερη σε απόδοση αλλά περισσότερο ασταθής. Η DP 5111 είναι τρίτη σε απόδοση και επίσης σταθερή αν και υστερεί σε σχέση με την DP 419. Τα δεδομένα αυτά συμφωνούν γενικά με την εικόνα του GGE biplot (εικ. 4.4) παρόλο που η DP 5111 εμφανίζεται ως η σταθερότερη. Η Oral φαίνεται να είναι η πλέον ασταθής στην παλινδρόμηση. Η SG 96 εμφανίζεται επίσης να είναι σταθερή στην παλινδρόμηση, όπως και η DP 493. Αντιθέτως η DP 466 είναι ασταθής στην παλινδρόμηση. Σε σύγκριση των δεδομένων παλινδρόμησης με το biplot της ιδεώδους ποικιλίας (Εικ. 4.8), υπάρχει απόλυτη συμφωνία κατατάσσοντας πρώτη την DP 419 και δεύτερη την DP 5111. Σύμφωνα με τα προηγούμενα η ανάλυση με το πρότυπο Eberhart and Russel παρά τις όποιες διαφορές που συζητήθηκαν, ήταν εξίσου αποτελεσματική μέθοδος με το biplot στον προσδιορισμό της επιθυμητής ποικιλίας.



Εικ. 4.18. Βιοplot συντελεστή απόκλισης ( $Sd^2$ ) από την γραμμή παλινδρόμησης ως προς την μέση απόδοση. Οι άξονες του βιοplot εκφράζουν τους γενικούς μέσους όρους των μέσων αποδόσεων και του συντελεστή απόκλισης ( $Sd^2$ ).

#### 4.5 Μέθοδος συνεκτίμησης (Γούλας και Μασλάρης, 1992)

Η εκτίμηση της σταθερότητας των ποικιλιών έγινε με βάση τη χρησιμοποίηση σχετικών τιμών των αποδόσεων σε ίνα (%) και σύσπορο, που υπολογίζονται επί της εκατό της ομάδος των μαρτύρων (ποικιλίες EXP1, EXP2). Οι σχετικές τιμές των ποικιλιών για τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά φαίνονται στον πίνακα (Πιν. 4.7).

Πίνακας 4.7 Σχετικές τιμές σε % απόδοση σε ίνα και απόδοση σε σύσπορο

Ποικιλία	% ίνα	Σύσπορο
DP 388	99,6 B*	99,1 A
DP 419	98,0 C	100,8 A
DP 466	99,5 B	93,3 B
DP 493	106,5 A	90,8 BC
DP 5111	94,5 E	98,5 A
OPAL	95,9 D	91,5 BC
SG 96	99,5 B	89,2 C
P	<0,0001	<0,0001
R <sup>2</sup>	0,89	0,66
CV%	1,8	9,3

\*Κατάταξη κατά Student T -test LSD<sub>(0,05)</sub> (στα ίδια γράμματα μη στατιστικώς σημαντική διαφορά)

Τα δυο χαρακτηριστικά (σύσπορο, % ίνα) μας δίνουν σαφή εκτίμηση της οικονομικής αξίας του βαμβακιού. Για την περιεκτικότητα (%) σε ίνα, ξεχωρίζει η ποικιλία DP 493 με πολύ μεγάλη διαφορά 106,5 %. Στην απόδοση σε σύσπορο ξεχωρίζουν η DP 419, DP 388, DP 5111 χωρίς να έχουν όμως στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Για την συνεκτίμηση των δυο παραγωγικών χαρακτηριστικών, χρησιμοποιήθηκαν οι σχετικές τιμές σε σύστημα ορθογωνίων αξόνων, με άξονες (Y) την σχετική απόδοση σε κάθε περιβάλλον και (X) την % απόδοση σε ίνα (Πίν. 4.8). Οι συντελεστές (s) για την κάθε περιοχή ορίστηκαν μετά από δοκιμές όπως παρουσιάζεται στον πίνακα. 4.8 .

Πίνακας 4.8 Συντελεστές παραγωγικού δυναμικού (Σ.Π.Δ), για % απόδοση σε ίνα και απόδοση σε σύσπορο. Παρουσιάζονται οι συντελεστές (s) που έχουν καθοριστεί για την κάθε περιοχή στο αντίστοιχο τεταρτημορίο όπως ορίζονται αυτά στα υλικά και μέθοδοι (εικ. 3.1).

Ποικιλία	IA	IB	IIA	IIB	IIIA	IIIB	IVB	IVA	Σ.Π.Δ
SG 96	2	5	4	3	2	28	28	0	-133
OPAL	0	2	12	6	11	41	0	0	-162
DP 5111	0	0	16	15	16	25	0	0	-153
DP 493	13	3	0	0	0	0	39	17	-43
DP 466	3	7	12	2	3	24	21	0	-100
DP 419	0	6	20	12	3	17	10	4	-86
DP 388	3	12	8	4	0	28	15	2	-80
Συντελεστής (S)	2	3	0	-2	-3	-3	-2	0	

Καμία ποικιλία δεν έδωσε θετική τιμή Σ.Π.Δ υποδηλώνοντας ότι οι μάρτυρες συνδυασμένοι είχαν υψηλό μέσο όρο σε % ίνα και σύσπορο. Η περισσότερο ανταγωνιστική ποικιλία ήταν η DP 493 με Σ.Π.Δ = -43 και μετά οι DP 388 (Σ.Π.Δ = -80) DP 419 (Σ.Π.Δ = -86).

Για τον υπολογισμό του παραγωγικού δυναμικού των ποικιλιών χρησιμοποιήθηκαν επίσης οι απόλυτες τιμές (ΑΠΤ) διορθωμένες και οι συντελεστές διακύμανσης CV% ανάμεσα στα περιβάλλοντα για την κάθε ποικιλία (Πιν. 4.9)

Ως σταθερή θεωρείται η ποικιλία που οι τιμές των Σ.Π.Δ και ΑΠΤ είναι υψηλότεροι από το μέσο όρο των μαρτύρων (EXP1, EXP2) και ο CV% ανάμεσα στα περιβάλλοντα είναι μικρός. Για την καλύτερη σύγκριση των ποικιλιών κατασκευάστηκαν δισδιάστατα γραφήματα (biplot) σύγκρισης (Εικ 4.19, 4.20).

Στην εικ. 4.19 φαίνεται η DP 419 να έχει τον υψηλότερο μέσο όρο ΑΠΤ και το χαμηλότερο CV%, δηλώνοντας την υψηλή της σταθερότητα. Δεύτερη σε απόδοση είναι η ποικιλία DP 388 αλλά δεν είναι σταθερή. Ενώ η ποικιλία DP 5111 είναι τρίτη σε απόδοση και καλή σταθερότητα. Τα δεδομένα αυτά, συμφωνούν με τα αποτελέσματα των GGE biplot καθώς και με το πρότυπο της παλινδρόμησης όπου για όλες τις περιοχές της χώρας η DP 419 και DP 5111 εμφανιζόταν ως πολύ σταθερές, ενώ η DP 388 ως περισσότερο ασταθής. Τα μοντέλα της παλινδρόμησης και των απολύτων τιμών είναι ικανά να επισημάνουν ποιες ποικιλίες έχουν γενική

προσαρμοστικότητα, αλλά είναι δύσχρηστα στην επισημάνση ποικιλιών ειδικής προσαρμοστικότητας όπως είναι και η περίπτωση της DP 388.

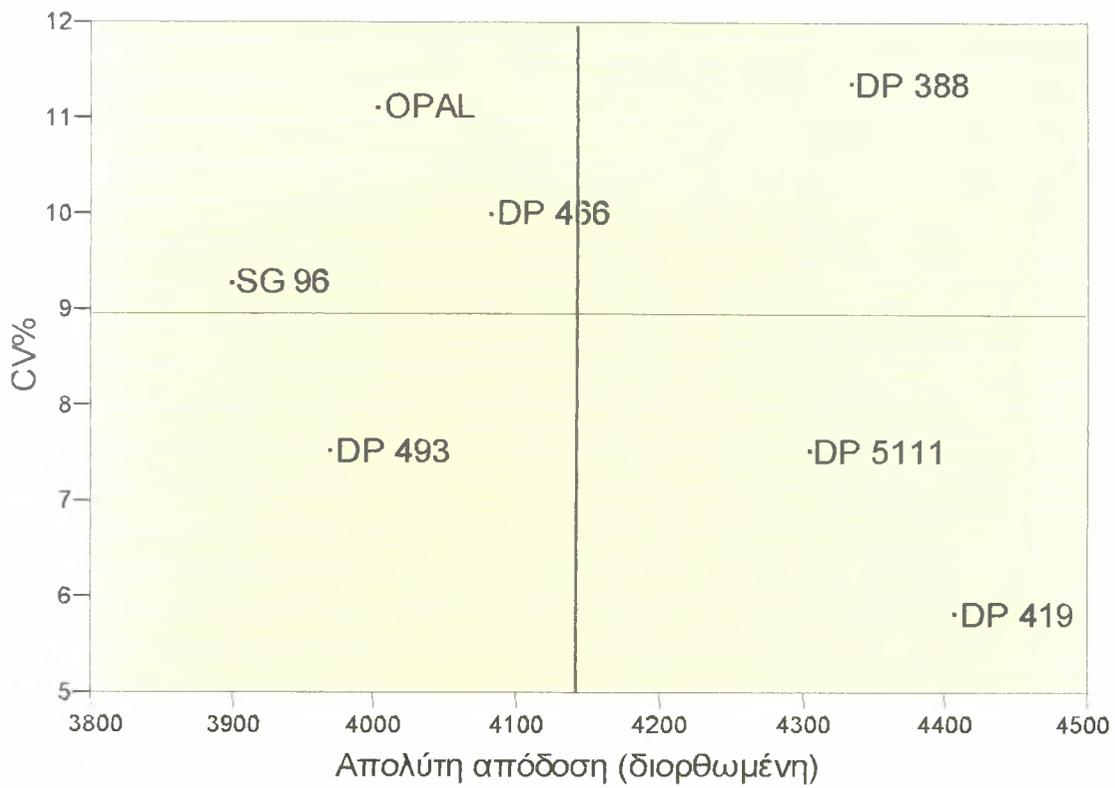
Στην εικ. 4.20 γίνεται σύγκριση του Σ.Π.Δ και του συντελεστή παραλλακτικότητας CV%, για τις απόλυτες τιμές (διορθωμένες) CV%. Σαν πιο σταθερή και με υψηλό Σ.Π.Δ εμφανίζεται η DP 419. Επίσης η ποικιλία DP 493 έχει πολύ υψηλό Σ.Π.Δ και είναι σταθερή. Από την άλλη, η ποικιλία DP 5111 λόγω της χαμηλής απόδοσης ( %) σε ίνα δεν εμφανίζεται σε καλή θέση λόγω του χαμηλού Σ.Π.Δ. Αντίθετα η DP 388 έχει υψηλό Σ.Π.Δ είναι όμως ασταθής.

Όπως διαπιστώνεται με το πρότυπο συνεκτίμησης, η ποικιλία DP 419 παραμένει ως υψηλοαποδοτική για δυο χαρακτηριστικά (% ίνα και συσπορο) και επίσης σταθερή. Με την εισαγωγή της παραμέτρου, περιεκτικότητα σε ίνα(%) γίνεται και η DP 493 ανταγωνιστική. Το πρόβλημα είναι ότι στο πρότυπο της συνεκτίμησης μπορούμε να συνεκτιμήσουμε μόνο δυο παραμέτρους ενώ με το πρότυπο GGE bioplot πολλές (εικ. 4.5). Στην περίπτωση αυτή η DP 419 εμφανίζεται να είναι ο «νικητής» με δεύτερη καλύτερη την DP 388 για απόδοση σε σύσπορο και ίνα ενώ για περιεκτικότητα (%) σε ίνα ο «νικητής» είναι η DP 493. Συμπερασματικά, με την μέθοδο συνεκτίμησης βάζουμε και μια ακόμη παράμετρο στην εκτίμηση του παραγωγικού δυναμικού. Η βαρύτητα που θα δώσουμε σε αυτή την παράμετρο είναι πολύ σημαντική για το τελικό αποτέλεσμα γι αυτό πρέπει να είμαστε προσεκτικοί. Ο Σ.Π.Δ είναι μονάχα ένας συντελεστής και πρέπει να συνοδεύεται και από δεύτερη μεθοδολογία για την ανάδειξη της σταθερότητας. Η μέθοδος συνεκτίμησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί επιπροσθέτως με το πρότυπο Eberhart and Russel. Το πρότυπο όμως GGE bioplot μπορεί να συνδυάσει πολλές παραμέτρους με την ίδια ευκολία ενώ παράλληλα βρίσκει και τις συσχετίσεις σε πολλά περιβάλλοντα γιατί είναι πολυπαραγοντικό.

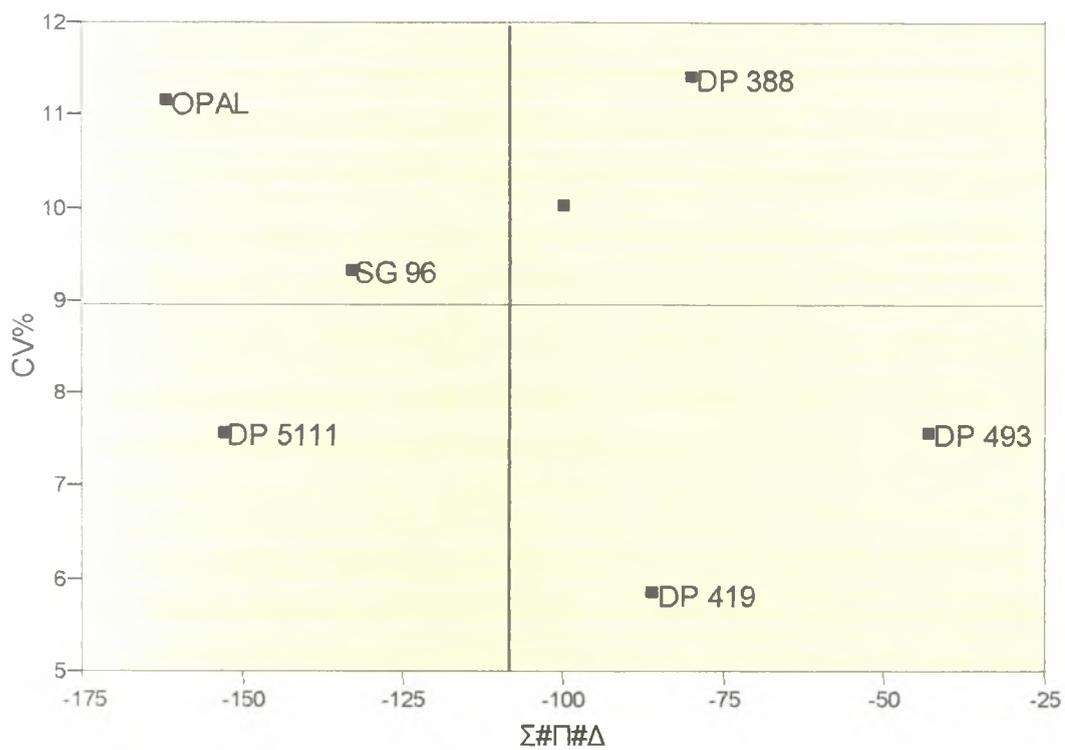
Πινκ. 4.9 Οι απόλυτες τιμές (ΑΠΤ) απόδοσης σε σύσπορο (kg/ha) διορθωμένες για τα δυο έτη πειραματισμού

	Αγια								
Ποικιλία	Παρασκευη 02	Φανάρι 02	Φάρσαλα 02	Κόρδα 02	Λουδίας 02	Παλαμάς 02	Πλατύκιμος 02	Πόρπη 02	Σκοτούσα 02
DP 388	4449	4422	4190	4540	4199	4447	3702	4224	4360
DP 419	4815	4388	4638	4210	4237	4575	4466	4626	4177
DP 466	4509	4384	4084	3937	4107	4241	4220	4703	3883
DP 493	4318	4182	4195	3802	4342	3881	4350	4261	3556
DP 5111	4424	4689	4080	4351	3989	4283	3901	4313	4258
OPAL	4418	4594	4354	3972	3792	4621	3871	4160	3316
SG 96	4053	3992	3970	3565	3778	4077	3399	4449	3668
<b>Μέσοι όροι</b>	<b>4414</b>	<b>4377</b>	<b>4250</b>	<b>4124</b>	<b>4132</b>	<b>4319</b>	<b>4072</b>	<b>4387</b>	<b>3996</b>

	Αγια								Σκοτ	Γενικός	
Ποικιλία	Παρασκευη 03	Φανάρι 03	Φάρσαλα 03	Κόρδα 03	Λουδί 03	Παλαμ 03	Πλατύκιμ 03	Πόρπη 03	ούσα 03	Μέσος	CV%
DP 388	3711	3943	4364	4443	4474	3826	4304	6000	4401	4333	11,4
DP 419	4055	4403	4585	4099	4948	4369	4110	4147	4477	4407	5,8
DP 466	3537	4278	3668	3822	4841	3572	3287	4159	4221	4081	10,0
DP 493	3802	4208	3866	3573	3884	3445	3577	4052	4162	3970	7,5
DP 5111	4014	4314	4437	4186	4489	4234	4150	5336	4040	4305	7,5
OPAL	3339	4067	3861	3844	4732	3820	3515	3399	4365	4002	11,1
SG 96	3492	3791	3674	3946	4808	3655	3520	4274	4090	3900	9,3
<b>Μέσοι</b>	<b>3855</b>	<b>4194</b>	<b>4133</b>	<b>4073</b>	<b>4546</b>	<b>3963</b>	<b>3912</b>	<b>4457</b>	<b>4278</b>	<b>4193</b>	<b>8,96</b>



Εικ. 4.19 Απόλυτες τιμές απόδοσης σε σύσπορο (kg/ha) των εξεταζόμενων γενοτύπων Vs συντελεστών διακύμανσης (CV%) των απολύτων αποδόσεων ανάμεσα στα περιβάλλοντα για την κάθε ποικιλία



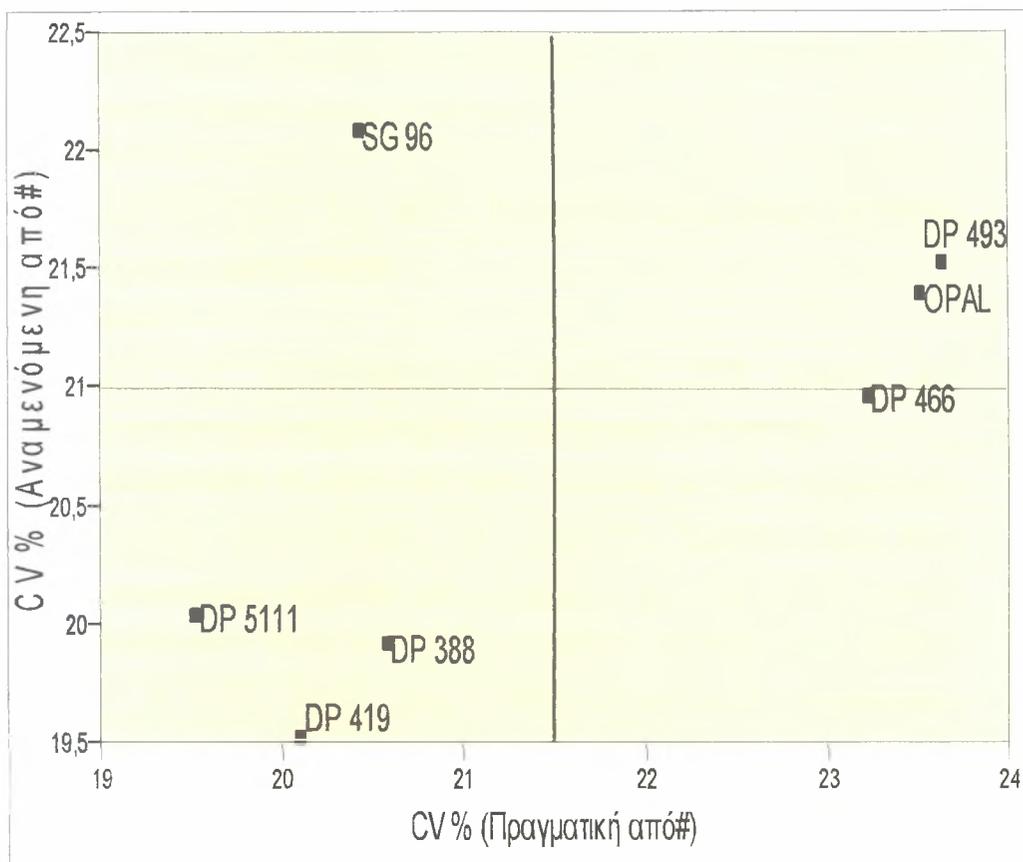
Εικ. 4.20 Σ.Π.Δ Vs συντελεστών διακύμανσης (CV%) των απολύτων αποδόσεων ανάμεσα στα περιβάλλοντα για την κάθε ποικιλία

#### 4.6 Ανάλυση σταθερότητας με την σύγκριση πραγματικών με αναμενόμενες τιμές

Στις εικόνες 1 – 7 στο παράρτημα φαίνεται η σύγκριση μεταξύ των αναμενόμενων και πραγματικών αποδόσεων. Από τα γραφήματα φαίνεται ότι, το 2003 υπάρχει μεγάλη διαφορά στις πραγματικές και αναμενόμενες τιμές, για τις περιοχές Φάρσαλων, Κόρδας, Παλαμά και Σκοτούσας, ενώ το ίδιο συνέβαινε και το 2002 στις περιοχές Πλατύκαμπος και Λουδίας. Στην εικόνα 4.1 φαίνεται το δισδιάστατο γράφημα όπου στον άξονα των x παρουσιάζεται το CV% των πραγματικών αποδόσεων και στο άξονα y το CV% των αναμενόμενων αποδόσεων. Με βάση το διάγραμμα, σταθερές και υψηλής παραγωγικότητας είναι οι ποικιλίες DP 419, DP 5111, DP 388 που βρίσκονται στο τεταρτημόριο κάτω αριστερά όπου έχουν χαμηλές τιμές και για τα δυο CV%. Με τη σύγκριση της διασποράς των πραγματικών και αναμενόμενων τιμών, προσδιορίσαμε με αρκετή επιτυχία τις τρεις καλύτερες ποικιλίες. Με αυτή τη μέθοδο, η DP 388 είναι πολύ κοντά στις DP 419, DP 5111, γεγονός που έρχεται σε αντίθεση με τις άλλες μεθόδους που την χαρακτήριζαν ως ειδικής προσαρμοστικότητας για τις περιοχές των Σερρών, Κομοτηνής καθώς και για την Κεντρική Ελλάδα όπου απαιτούταν πρώιμη σπορά. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η ποικιλία SG 96, η οποία έχει χαμηλό CV% πραγματικών τιμών, αλλά υψηλό αναμενόμενων τιμών, δείχνοντας ότι είναι σταθερή αλλά χαμηλοαποδοτική. Από αυτό αλλά και από τη σύγκριση των εικόνων 1-7 του παραρτήματος συμπεραίνουμε ότι οι ποικιλίες που έχουν υψηλή τιμή CV% (αναμενόμενων τιμών) είναι χαμηλής παραγωγικότητας.

Σε σύγκριση με άλλα συμβατικά μονοπαραγοντικά πρότυπα όπως των Eberhart and Russel (1966) και το πρότυπο συνεκτίμησης, το παρόν πρότυπο έρχεται σε αντίθεση γιατί προσδιορίζει την ποικιλία DP 388 ως γενικής προσαρμοστικότητας. Σε σχέση με το πρότυπο GGE biplot υστερεί όπως και οι άλλες μονοπαραγοντικές μέθοδοι στο ότι οι ποικιλίες ειδικής προσαρμοστικότητας γίνονται δυσδιάκριτες. Επίσης δεν μπορούμε να εξάγουμε συμπεράσματα σχετικά με τις σχετίσεις των περιβαλλόντων για την ανεύρεση συγγένειας μεταξύ τους. Εάν τα δεδομένα είναι πολλά η μελέτη των διαγραμμάτων δεν είναι εύκολη.

Τέλος το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι μπορούμε να διαπιστώσουμε εύκολα ποιες περιοχές παρουσιάζουν μεγάλη διαφορά ανάμεσα στις αναμενόμενες και πραγματικές αποδόσεις και να απορρίψουμε τις χειρότερες.



Εικόνα 4.21. Σύγκριση πραγματικών με αναμενόμενες τιμές στους συντελεστές παραλλακτικότητας CV%

## Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>

### 5. Συμπεράσματα

Μετά την χρησιμοποίηση των πέντε διαφορετικών προτύπων ανάλυσης προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

#### Πρότυπο GGE biplot

Με τη χρήση του πολυπαραγοντικού προτύπου GGE biplots που υποστηρίζεται από το ομώνυμο λογισμικό (Yan, 2001) κατέστη δυνατό να:

(1). Να προσδιοριστούν οι καταλληλότερες ποικιλίες σε κάθε εξεταζόμενο περιβάλλον. Η γραφική αναπαράσταση των δεδομένων βοήθησε πολύ στην επισήμανση των συσχετίσεων ανάμεσα στις ποικιλίες, των συσχετίσεων μεταξύ ποικιλιών – περιβαλλόντων, αλλά και των συσχετίσεων ανάμεσα στα διάφορα περιβάλλοντα. Με το GGE biplot είναι δυνατό ακολουθώντας διαφορετικές προσεγγίσεις στο ίδιο γράφημα να εξάγουμε πολλά συμπεράσματα. Έτσι με την χρήση του πολύγωνου μπορούμε να προσδιορίσουμε τα περιβάλλοντα που προσαρμόζονται οι καλύτερες ποικιλίες με αποτέλεσμα να γίνονται «ευδιάκριτες οι ποικιλίες ειδικής προσαρμοστικότητας». Αυτό είναι μεγάλη καινοτομία στο τρόπο ανάλυσης σταθερότητας γιατί οι περισσότερες μέθοδοι δίνουν την δυνατότητα να επιλέγουμε ποικιλίες γενικής προσαρμοστικότητας ενώ η επιλογή ποικιλιών ειδικής προσαρμοστικότητας είναι δύσκολη έως αδύνατη με τις μονοπαραγοντικές μεθόδους.

(2). Η σύγκριση δυο ποικιλιών είναι πολύ εύκολη και αποτελεσματική όπως και έγινε στην περίπτωση των ποικιλιών DP419 και DP 466, ενώ επιπλέον μπορούμε να δούμε και σε ποια περιβάλλοντα η κάθε μια υπερέχει.

(3). Το πρότυπο GGE λαμβάνει υπόψη ταυτόχρονα το παραγωγικό δυναμικό και τη σταθερότητα και μπορεί να προσδιορίσει την «Ιδεώδη ποικιλία» η οποία θα συνδυάζει το υψηλό και σταθερό παραγωγικό δυναμικό.

(4). Με τα GGE biplots μπορεί να γίνει σύγκριση πολλών ποικιλιών ταυτόχρονα για περισσότερα χαρακτηριστικά, όπως είναι η απόδοση σε σύσπορο, η απόδοση ίνα, το ποσοστό (%) απόδοσης σε ίνα, το ποσοστό απόδοσης (%) κατά την πρώτη συγκομιδή. Με αυτό τον τρόπο είναι δυνατή επιλογή ποικιλιών που συνδυάζουν πολλά ευνοϊκά χαρακτηριστικά. Το πρόβλημα είναι ότι τα biplot αναπαριστούν γραφικά τα δεδομένα και πολλές φορές δεν μπορούμε να ξέρουμε την

πραγματική διάσταση των διαφορών ανάμεσα στις ποικιλίες. Για αυτό τον λόγο κρίνεται σημαντική και η προσέγγιση με συμβατική στατιστική ανάλυση της παραλλακτικότητας, που καθιστά δυνατό τον έλεγχο της σημαντικότητας των διαφορών ανάμεσα στις ποικιλίες. Η ανάλυση της παραλλακτικότητας κρίνεται απαραίτητη προκειμένου να ελέγξουμε τα πειραματικά με τα πραγματικά δεδομένα και όχι με συσχετίσεις που γίνετε στα GGE bioplots. Επίσης όταν το πρότυπο εξηγεί μικρό μέρος της παραλλακτικότητας η χρήση ανάλυσης παραλλακτικότητας κρίνεται απολύτως σκόπιμη.

(5). Με τα GGE bioplots, κατέστη δυνατός ο προσδιορισμός της του «ιδεώδους περιβάλλοντος» για πειραματισμό το οποίο θα είναι αντιπροσωπευτικό και με μεγάλη διακριτική ικανότητα στο να διαχωρίζει γενότυπους. Η επαναληψιμότητα των προβέψεων με το πρότυπο GGE χρήζει περαιτέρω έρευνας μιας και με αυτό τον τρόπο βασιζόμαστε στις ποικιλίες για να βρούμε τις συσχετίσεις ανάμεσα στα περιβάλλοντα. Ενδεχομένως ένα διαφορετικό γκρουπ ποικιλιών θα είχε διαφορετικά αποτελέσματα.

(6). Σχετικά με την διερεύνηση μέγα – περιβαλλόντων κρίθηκε απαραίτητη η ανάλυση των δεδομένων ανά έτος για να βρούμε εάν οι ποικιλίες ομαδοποιούνται διαφορετικά, λόγω της μεγάλης αλληλεπίδρασης GxE. Από τη σύγκριση των ετήσιων bioplot, βρέθηκε ότι οι ποικιλίες ομαδοποιούνταν διαφορετικά στο 2002 και 2003. Αυτό έγινε λόγω της σημαντικής αλληλεπίδρασης των ποικιλιών με το περιβάλλον. Συνεπώς δεν έγινε δυνατός ο προσδιορισμός μέγα – περιβαλλόντων παρά μόνο η εύρεση συσχετίσεων μεταξύ τους.

(7). Τέλος με τα GGE bioplot βρέθηκε υψηλή συσχέτιση ανάμεσα στην πρωιμότητα και την απόδοση. Αφού κατά το 2002 –2003 η πρωιμότητα αποτέλεσε σημαντικό παράγοντα για υψηλή απόδοση, τα αποτελέσματα αυτά επίσης επιβεβαιώθηκαν και από τους συντελεστές συσχέτισης.

#### Πρότυπο παλινδρόμησης Eberhart and Russel (1966)

Το πρότυπο Eberhart and Russel παρά τις όποιες διαφορές που συζητήθηκαν, βρέθηκε ότι είναι αποτελεσματική μέθοδος στον προσδιορισμό της επιθυμητής ποικιλίας. Είναι δύσκολο όμως να ξεχωρίσουμε εύκολα ποικιλίες ειδικής προσαρμοστικότητας και ακόμη πιο δύσκολο να προσδιορίσουμε τα περιβάλλοντα που τις ευνοούν. Η μεθοδολογία απαιτεί κόπο υπολογισμών ενώ η χρήση πολλών δεικτών προκαλεί σύγχυση. Η χρήση της μεθοδολογίας για εύρεση μέγα – περιβαλλόντων δεν είναι δυνατή.

### Πρότυπο συνεκτίμησης (Γούλας και Μασλάρης, 1992)

Με το πρότυπο συνεκτίμησης προστίθεται και μια ακόμη παράμετρος στην εκτίμηση του παραγωγικού δυναμικού των εξεταζόμενων γενοτύπων. Η βαρύτητα που θα δώσουμε σε αυτή την παράμετρο είναι πολύ σημαντική για το τελικό αποτέλεσμα και γι αυτό πρέπει να είμαστε προσεκτικοί. Το πρότυπο της Συνεκτίμησης δίνει στον ερευνητή μεγάλη ευελιξία αφού ο ίδιος καθορίζει την βαρύτητα των κριτηρίων επιλογής του. Ο Συντελεστής Παραγωγικού Δυναμικού όμως είναι μόνο ένας συντελεστής και πρέπει να συνοδεύεται και από δεύτερη μεθοδολογία για την ανάδειξη της σταθερότητας των γενοτύπων. Η μέθοδος συνεκτίμησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με τα άλλα πρότυπα όταν θέλουμε να εκτιμήσουμε δύο χαρακτηριστικά ταυτόχρονα.

### Συντελεστές CV (%) απόλυτων (διορθωμένων) τιμών ως προς τους μάρτυρες

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιήθηκε σαν επιπρόσθετη μέθοδος μαζί με την μέθοδο της συνεκτίμησης. Η συσχέτιση των απόλυτων (διορθωμένων) τιμών ως προς τους μάρτυρες σαν επιπλέον παράμετρος για την εκτίμηση της σταθερότητας και τον προσδιορισμό του παραγωγικού δυναμικού, είχε παρόμοια αποτελέσματα με το GGE biplot και την παλινδρόμηση στον προσδιορισμό της «Ιδεώδους ποικιλίας». Η μέθοδος προσθέτει ίδιο βάρος σε όλα τα περιβάλλοντα γιατί όταν βασιζόμαστε στις πραγματικές τιμές, τα υψηλοαποδοτικά περιβάλλοντα συμμετέχουν περισσότερο στον μέσο όρο. Επίσης η μέθοδος δεν απαιτεί πολλούς υπολογισμούς αφού όλα γίνονται σε ένα φύλλο excel. Τα αποτελέσματα και η χρήση της μεθόδου μοιάζει με το πρότυπο της παλινδρόμησης με αποτέλεσμα να παρουσιάζει τις ίδιες αδυναμίες. Όμως με την χρήση αυτής της μεθόδου ή σε συνδυασμό με τις άλλες μπορούμε να δούμε τις πραγματικές διαστάσεις των δεδομένων μας αφού αφαιρούμε την επίδραση του περιβάλλοντος.

### Ανάλυση σταθερότητας με τη σύγκριση πραγματικών με αναμενόμενες τιμές

Όπως προκύπτει από τη σύγκριση με τα άλλα πρότυπα στον προσδιορισμό της ιδεώδους ποικιλίας δεν ήταν τόσο αποτελεσματικό γιατί δεν κατάφερε να προσδιορίσει την DP 388 ως ποικιλία ειδικής προσαρμοστικότητας. Πλεονεκτεί όμως έναντι των άλλων μονοπαργοντικών προτύπων στον προσδιορισμό της συμπεριφοράς των ποικιλιών στα περιβάλλοντα, γιατί με την μέθοδο αυτή είναι δυνατόν να απορρίψουμε περιβάλλοντα που η αναμενόμενη απόδοση διαφέρει από τη πραγματική και να μην τα λάβουμε υπόψη. Με μικρό αριθμό περιβαλλόντων, είναι δυνατός ο χειρισμός των

δεδομένων και η εξαγωγή συμπερασμάτων. Όσο ο αριθμός των περιβαλλόντων αυξάνεται γίνεται πιο δύσκολος ο χειρισμός των δεδομένων.

## Περίληψη

Η εμπορικά επιτυχημένη ποικιλία βαμβακιού, πρέπει χαρακτηρίζεται από υψηλό παραγωγικό δυναμικό και σταθερότητα αποδόσεων σε εύρος περιβαλλόντων, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνονται τόσο τα ευνοϊκά όσο και τα περιβάλλοντα καταπόνησης. Προκειμένου ο προηγούμενος στόχος να καταστεί εφικτός, απαιτείται αξιολόγηση, σε μεγάλο αριθμό περιβαλλόντων. Η πολύπεριβαλλοντική αξιολόγηση επιτρέπει τον προσδιορισμό της διακύμανσης λόγω αλληλεπίδρασης γενοτύπου με το περιβάλλον (GE) και επιπλέον την εκτίμηση παραμέτρων της παραγωγικής σταθερότητας. Πλήθος μεθόδων έχουν αναπτυχθεί για την εκτίμηση της σταθερότητας και του παραγωγικού δυναμικού των γενοτύπων. Από αυτές, άλλες εκτιμούν μόνο το παραγωγικό δυναμικό, άλλες τη σταθερότητα και άλλες ταυτόχρονα και τα δύο.

Στη παρούσα εργασία, επτά ποικιλίες βαμβακιού ιδιοκτησίας D&PL International καλλιεργήθηκαν σε οκτώ περιοχές για τα έτη 2002-2003 με σκοπό τη δημιουργία βάσης δεδομένων για την εκτίμηση της παραγωγικότητας και σταθερότητας κάτω τις συνθήκες καλλιέργειας της χώρας μας. Η σωστή ανάλυση των δεδομένων είναι πολύ σημαντική εάν σκεφτεί κανείς το τεράστιο κόστος της διεξαγωγής των πειραμάτων αξιολόγησης. Πλήθος μεθόδων έχουν αναπτυχθεί για την εκτίμηση της σταθερότητας και του παραγωγικού δυναμικού των γενοτύπων. Μεταξύ αυτών χρησιμοποιήθηκαν στην συγκεκριμένη εργασία, οι περισσότερο αντιπροσωπευτικές για την ανάλυση των δεδομένων. Συγκεκριμένα οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν κατατάσσονται σε **μονοπαραγοντικές παραμετρικές** όπως: η εκτίμηση του συντελεστή παραλλακτικότητας CV% (Francis and Kenneber, 1978), η σύγκριση πραγματικών σε σχέση με τις αναμενόμενες τιμές (Steel, R. and Torrie J., 1980), η απόκλιση από τη γραμμή παλινδρόμησης (Eberhart and Russel, 1966), **μονοπαραγοντικές μη παραμετρικές** όπως η μέθοδος συνεκτίμησης (Γούλας και Μασλάρης, 1992) και **πολυπαραγοντικές παραμετρικές** όπως η μέθοδος GGE biplot (Yan, 2001). Η σωστή επιλογή και ο συνδυασμός των κατάλληλων μεθόδων για την ανάλυση των δεδομένων, είναι απαραίτητος προκειμένου να κάνουμε πρόβλεψη για την παραγωγική συμπεριφορά μιας ποικιλίας στο μέλλον. Για αυτό το λόγο, κάθε επένδυση στην έρευνα νέων μεθόδων αλλά και η καλή γνώση των περιοχών πειραματισμού, είναι απαραίτητες προϋποθέσεις για την επιβεβαίωση και καλή επαναληψιμότητα των προβλέψεων. Σκοπός αυτής της εργασίας ήταν: Η

εκτίμηση της σταθερότητας και παραγωγικής ικανότητας των ποικιλιών με αντιπροσωπευτικές μεθόδους. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ μεθόδων και ο συνδυασμός μεθόδων προκειμένου να είναι δυνατή η ακριβής πρόβλεψη. Επίσης η μελέτη της διακριτικής ικανότητας, της αντιπροσωπευτικότητας και της συσχέτισης των περιβαλλόντων πειραματισμού ώστε να καταστεί δυνατός ο προσδιορισμός μεγαπεριβαλλόντων. Τέλος η μελέτη των αγρονομικών παραγόντων που έχουν επίδραση στο δυναμικό της απόδοσης των εξεταζόμενων ποικιλιών.

Μετά την χρησιμοποίηση των διαφορετικών προτύπων ανάλυσης πρόκυψε ότι: Με τη χρήση του προτύπου GGE bioplots κατέστη δυνατό να προσδιορίσουμε τα περιβάλλοντα που προσαρμόζονται οι καλύτερες ποικιλίες με αποτέλεσμα να γίνονται «ευδιάκριτες οι ποικιλίες ειδικής προσαρμοστικότητας». Αυτό είναι καινοτομία στο τρόπο ανάλυσης σταθερότητας γιατί οι περισσότερες μέθοδοι δίνουν τη δυνατότητα να επιλέγουμε ποικιλίες γενικής προσαρμοστικότητας ενώ η επιλογή ποικιλιών ειδικής προσαρμοστικότητας είναι δύσκολη έως αδύνατη με τις μονοπαραγοντικές μεθόδους. Επίσης το πρότυπο GGE μπορεί να προσδιορίσει την «Ιδεώδη ποικιλία», η οποία θα συνδυάζει υψηλό και σταθερό παραγωγικό δυναμικό. Με τα GGE bioplots είναι δυνατό να συγκριθούν όλες οι εξεταζόμενες ποικιλίες ταυτόχρονα για πολλά χαρακτηριστικά, όπως είναι η απόδοση σε σύσπορο, η απόδοση ίνα, το ποσοστό απόδοσης (%) σε ίνα, το ποσοστό απόδοσης (%) κατά την πρώτη συγκομιδή κ.α. Με αυτό τον τρόπο είναι καθίσταται δυνατή η επιλογή ποικιλιών που συνδυάζουν πολλά επιθυμητά χαρακτηριστικά. Σχετικά με τη διερεύνηση μέγα – περιβαλλόντων δεν έγινε δυνατός ο προσδιορισμός τους, παρά μόνο δόθηκε η δυνατότητα για εύρεση συσχετίσεων μεταξύ των περιβαλλόντων. Τέλος με τα GGE bioplot, βρέθηκε υψηλή συσχέτιση ανάμεσα στην πρωιμότητα και την απόδοση. Το πρότυπο Eberhart and Russel (1966) και οι εκτιμήσεις των συντελεστών CV (%) απόλυτων (διορθωμένων) τιμών, παρά τις όποιες διαφορές που συζητήθηκαν, βρέθηκε ότι είναι αποτελεσματικές μέθοδοι στον προσδιορισμό της «Ιδεώδους ποικιλίας». Η μέθοδος συνεκτίμησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με τα άλλα πρότυπα όταν θέλουμε να εκτιμήσουμε δύο χαρακτηριστικά ταυτόχρονα. Το πρότυπο GGE bioplot φαίνεται να είναι ολοκληρωμένο στην ανάλυση και διαχείριση πολυπεριβαλλοντικών δεδομένων. Η ανάλυση των δεδομένων όμως μπορεί να συνοδεύεται και από συμβατική στατιστική ανάλυση για καλύτερη τεκμηρίωση των αποφάσεων μας.

## Abstract

High and stable yield under the variable farming conditions is required for cotton cultivars to become commercially successful. Thus testing of their yield performance under a wide range of cropping environments is required. The evaluation of D&PL proprietary cotton varieties for their yield potential and stability performance over the Greek cotton growing areas was the aim of this research. One data set of MET (Multi environment trials) data used included the varieties DP 419, DP 466, that are under decision to become commercial during the 2005 growing season. Their stability performance was based on yield performance data over 18 testing environments for two years, 2002 and 2003, over 9 locations. For comparison were used the commercial varieties DP 388, DP 5111, Opal, SG 96, DP 493. Combined analysis of variance over testing environments was followed by yield stability evaluation based on GGE Biplot analysis using the appropriate software (Weikai Yan, 2001) and other stability models. Data indicated GGE biplots were more effective in comparison with the other methods, in determining cultivars with specific adaptability. GGE biplot combined with statistical analysis were more efficient. Strong relation identified between seedcotton yield and earliness indicated earliness as an extremely important factor for high yields.

## Βιβλιογραφία

- Allard, R.W. and A.D. Bradshaw. 1964.** Implications of genotype – environment interaction in applied plant breeding, *Crop Sci.*, 4:503-508.
- Albers W. D., T. Kerby, C. Garcia,2002.** Use of regression analysis in variety selection. Proc. Beltwide Cotton Conf., National Cotton Council. Atlanta GA- January 8-12.
- Baker, H.C., 1981.** Stability analysis in plant breeding. *Plant breeding*, 101,1-23.
- Baker, R.J. 1988.** Differential response to environmental stress, p. 492-504. In: B.S. Weir et al., (Eds.), *Proc 2nd Int. Conf. Quantitative Genetics*, Sinauer, Sunderland, MA.
- Baker, R.J. 1990.** Crossover genotype-environmental interaction in spring wheat, p. 42-51. In: M.S. Kang and H.G. Gauch, Jr. (Eds.), *Genotype-by-environment interaction and plant breeding*, Louisiana State University Agricultural Center, Baton Rouge, LA.
- Bridges, W.C., Jr. 1989.** Analysis of a plant breeding experiment with heterogeneous variances using mixed model equations, p. 145-151. In *Applications of mixed models in agriculture and related disciplines*, So Coop. Ser. Bull. No. 343, Louisiana Agricultural Experiment Station, Baton Rouge, LA.
- Busey, P. 1983.** Management of crop breeding, p. 31-54. In: D.R Wood, K.M. Rawal, and M.N. Wood(EDS.), *Crop breeding*, American Society of Agronomy, crop Science of America, Madison, WI.
- Cornelius, P.L., J. Crossa, and M.S. Seyedsadr. 1996.** Statistical tests and estimates of multiplicative models for GE interactions, p. 199-234. In: M.S. Kang and H.G. Gauch, Jr. (Eds.), *Genotype-by-environment interaction*, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Crossa, J., P.L. Cornelius, and M.S Seyedsadr. 1996.** Using the shifted multivariate model cluster methods for crossover GE interaction, p. 175-198. In: M.S. Kang and H.G. Gauch, Jr. (Eds.), *Genotype-by-environment interaction*, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Delacy, I.H., M. Cooper, and K.E. Basford. 1996.** Relationships among analytical methods used to study genotype by environment interactions and evaluation of

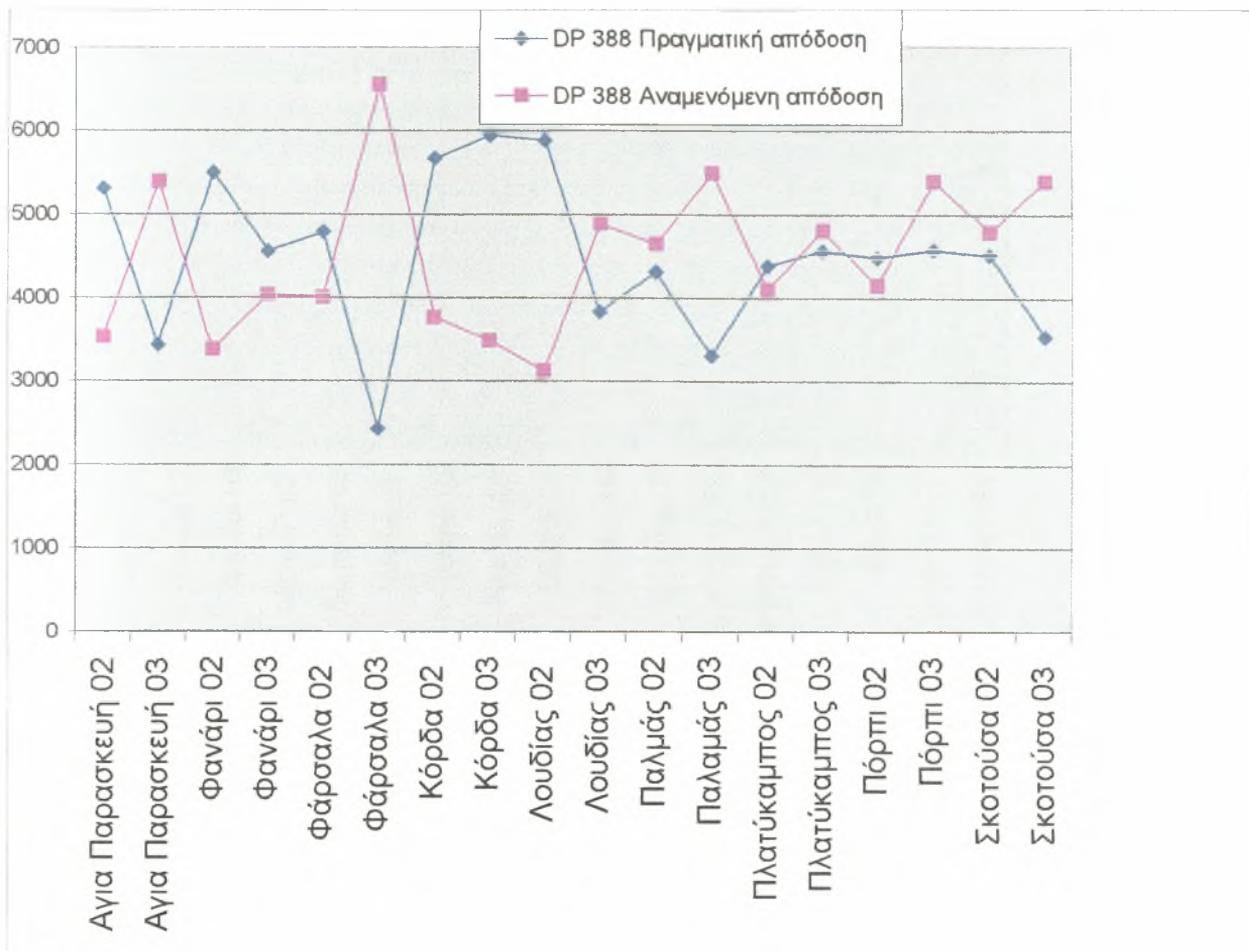
- their impact on response to selection, p.51-84. In: M.S. Kang and H.G. Gauch, Jr. (Eds.), *Genotype-by-environment interaction*, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Devine, T.E. 1982.** Genetic fitting of crops to problems soils, p. 143. In: M.N. Christiansen and C.F. Lewis (Eds.), *Breeding plants for less favorable environments*, Wiley Interscience, New York.
- Dickerson, G.E. 1962.** Implications of genetic-environmental interaction in animal breeding. *Animal Production* 4, 47-64.
- Eberhart, S.A. and W.A. Russell. 1966.** Stability parameters for comparing varieties, *Crop Sci.*, 6:36-40.
- Einhellg, F.A. 1996.** Interactions involving allelopathy in cropping systems. *Agron. J.*, 88:886-893.
- Falconer, D.S., 1952.** Selection for large and small size in mice. *Journal of Genetics*, 51, 470-501.
- Finlay, K.W. and Wilkinson. 1963.** The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Aust. J. Agr. Res.*, 14:742-754.
- Flores, F., Moreno, M.T. and Cubero, J.I. 1998.** A comparison of univariate and multivariate methods to analyze GXE interaction. *Field Crop Research* 56, 271-286.
- Gabriel, K.R. 1971.** The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis, *Biometrika*, 58:453-467.
- Gauch, H.G., Jr. and R.W. Zobel. 1996.** AMMI analysis of yield trials, p. 85-122. In: M.S. Kang and H.G. Gauch, Jr. (Eds.), *Genotype-by-environment interaction*, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Gauch, H.G., Jr. and R.W. Zobel. 1997.** Identifying mega-environments and targeting genotypes. *Crop Sci.*, 37:311-326.
- Gellner, J.L. 1989.** Predicting superior yielding spring wheat an oat cultivars using past yield data. *Agron. J.* 81:194-197.
- Gravois, K.A., K.A.K. Moldenhauer, and P.C. Rohman. 1990.** GE interactions for rice yield and identification of stable, high yielding genotypes, p. 181-188. In: M.S. Kang and H.G. Gauch, Jr. (Eds.), *Genotype-by-environment interaction and plant breeding*, Louisiana State University Agricultural Center, Baton Rouge, LA
- Haldane, J.B.S. 1947.** The interaction of nature and nurture. *Annals of Eugenics* 13, 199-205.

- Hernandez-Jasso A., 1988.** Stability analysis for cotton (*GOSSYPIMUM HIRSUTUM* L.) and their sites of testing. . Proc. Beltwide Cotton Conf., National Cotton Council. 139-142.
- Huhn, M. 1996.** Nonparametric analysis of genotype x environment interactions by ranks, p. 235-271. In: M.S. Kang and H.G. Gauch, Jr. (Eds.), *Genotype-by-environment interaction*, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Johnson, J.T., F. M. Bourland, 2003.** Stability of basic yield components of cotton over years and locations. Beltwide Cotton Conf., National Cotton Council. Nashville, TN - January 6-10.
- Lubebrs, L. Edward, 2003.** Evaluation of cotton Breeding test environments in the Southeast United States. Beltwide Cotton Conf., National Cotton Council. Nashville, TN - January 6-10.
- Kang, M.S. 1988.** A rank-sum method for selecting high yielding stable corn genotypes. *Cereal Research Communications*, 16, 113-115.
- Kang, M.S. 1993a.** Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: Consequences for growers, *Agron. J.*, 85:754-757.
- Kang, M.S. 1993.** Issues in GE interaction In: Rao V., Hanson, I.E. and Rajanaidu M. (Eds) *Genotype – Environmental Interaction Studies in Perennial Tree Crops Palm Oil*. Research institute of Malaysia, Kuala Lumpur, pp. 67-73.
- Kang, M.S. 1998.** Using genotype by environment interaction for crop cultivar development, *Adv. Agron.*, 62:199-252.
- Kang, M.S. 2002.** *Quantitative Genetics and Plant Breeding*, CABI Publishing.
- Kempton, R.A. 1984.** The use of bioplots in interpreting variety by environment interactions, *J. Agr. Sci.* 103:123-135.
- Kerby, T., J. Burgess, K. Lege, D. Albers, 2001.** Partitioning variety environment contribution to variation in yield, plant growth, and fiber quality. Proc. Beltwide Cotton Conf., National Cotton Council. 1:528-532
- Kerby, T., L. Zelinski, J. Burgess, M. Bates ,Presley J., 1996.** Genetic and environmental contributions to earliness. Proc. Beltwide Cotton Conf., National Cotton Council. 592-594
- Lin, C.S., M.R. Binns, and L.P. Lefkovitch. 1986.** Stability analysis: where do we stand? *Crop Sci.*, 26:894-900.
- Myers, O. Gerald, 2002.** Biplot analysis of the national cotton variety test. Proc. Beltwide Cotton Conf., National Cotton Council. Atlanta GA- January 8-12

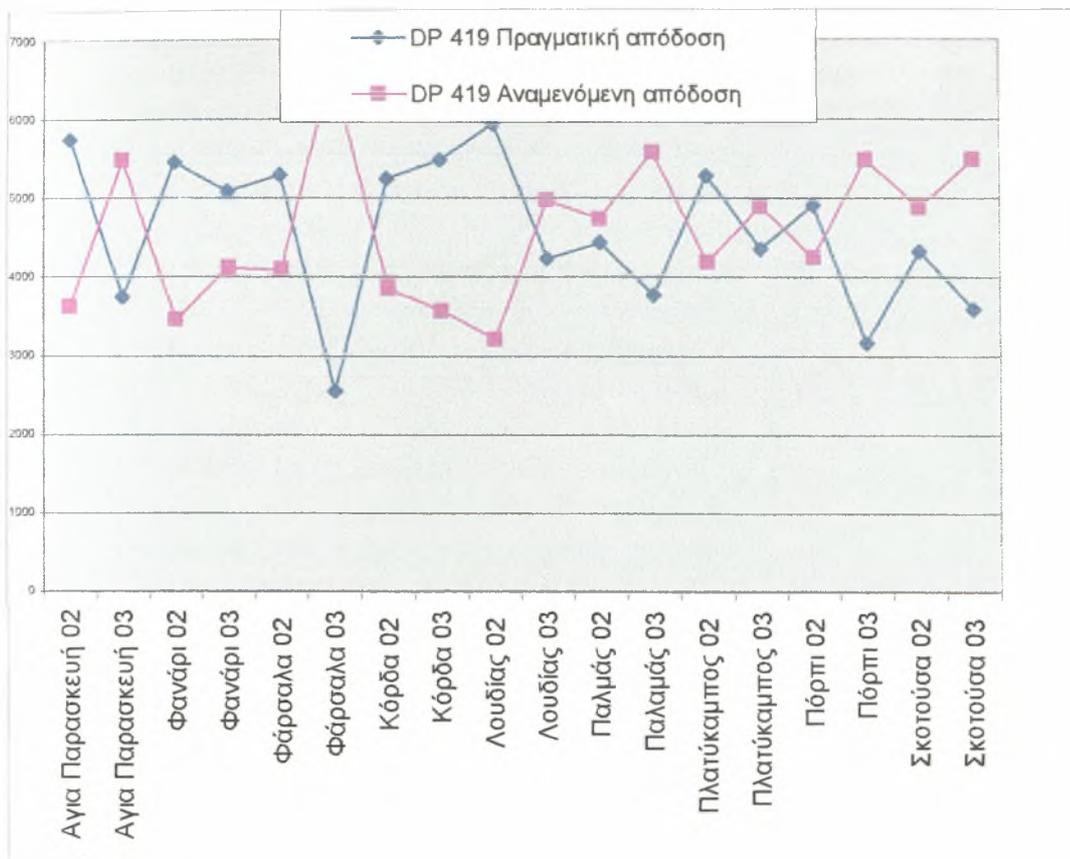
- Palomo, A., S. Godoy, 1996.** Yield stability of nine cotton genotypes. Proc. Beltwide Cotton Conf., National Cotton Council. 1:592-592.
- Pope, D.T. and H.M. Munger. 1953.** Heredity and nutrition in relation to magnesium deficiency chlorosis in celery. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 61:472-480.
- Redei, G.P. 1998.** Genetics manual: current theory, concepts, terms, World Scientific, River Edge, NJ.
- Unsworth, M.H. andj. Fuhrer, 1993.** Crop tolerance to atmospheric pollutants, p.363-370. in: D.R. Bruxton et al, (Eds.), International crop science. In: Crop Science Society of America, Madison WI.
- Scadalios, J.G. 1990.** Response of plant antioxidant defense genes to environmental stress, p. 1-41. In: J.G. Scadalios, and T.R.F. Wrigth (Eds.), Advanced Genetics, Academic Press, New York.
- Shafii, Bahman, Karen A. Mahler, William J. Prince, and Dick L. Auld. 1992.** Genotype x Environment interaction effects on winter rapeseed yield and oil content. Crop. Sci.32:922-927.
- Shukla, G.K. 1972.** Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability, Heredity. 29:237-245.
- Singh, M., Ceccarelli, S. and Grando, S. 1999.** Genotype X environment interaction of crossover type detecting its presence and estimating the crossover point. Theoretical and Applied Genetics 99, 988-995.
- Silvey, G.K. 1972.** The contribution of new wheat barley and oat varieties to increasing yield in England and Wales 1947-1978. Joournal of National Institute of Agriculture and Botany 15, 399-412.
- Simmonds, N.N. (1981).** Genotype (G), enviroment (E) and GE componets of crop yields. Experimental Agriculture 17. 355-362.
- Smith, M.E., W.R. Coffman, and T.C. Baker. 1990.** Environmental effects on selection under high and low input conditions, p. 261-272. In: M.S. Kang (ed), Genotype-by-environment interaction and plant breeding, Louisiana State University Agricultural Center, Baton Rouge, LA.
- Spechr, J.E. and D.R. Laing, 1993.** Selection for tolerance to abiotic stresses- discussion, P. 381-382. In: D.R. Bruxton et al, (Eds.), International crop science. In: Crop Science Society of America, Madison WI.

- Stacey, A. Bruff, D. W. Alberts, J. Burgess and T. Kerby, 2002.** Yield stability of varieties grown under different cultural practices. 2002 Proc. Beltwide Cotton Conf., National Cotton Council, Atlanta, GA January 8-12.
- Steiner, K.C., J.R. Barbour, and L.H. McCormick. 1984.** Response of *Populus* hybrids to aluminum toxicity, *Forest SCI.*, 30:404-410.
- Steel, R. and Torrie J. 1980.** Principles and Procedures of Statistics, A Biometrical Approach. Second Edition. McGraw-Hill International Editions.
- Yan, W. and Hunt. 1998.** Genotype by environment interaction and crop yield. *Plant Breed. Rev.*, 16:135-178.
- Yan, W. 1999.** A study on the methodology of cultivar evaluation based on yield data – with special reference to winter wheat in Ontario. University of Guelph, Ontario Canada.
- Yan, W. et al., 2000.** Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on GGE biplot, *Crop Sci.*, 40 :597-605.
- Yan, W. and L.A. Hunt. 2001.** Interpretation of genotype environment interaction for winter wheat yield in Ontario, *Crop Sci.* 41:19-25.
- Yan, W. 2001.** GGEBiplot – a windows application for graphical analysis of multy-environment trial data and other types of two – way data, *Agron. J.*,93:1111-1118.
- Yan, W. and I. Rajcan. 2002.** Biplot analysis of sites and trait relations of soybean in Ontario, *Crop Sci.*, 42:11-20.
- Yan, W., and L.A. Hunt. (2002).**Biplot analysis of Multy- environment trial data. In. Kang, M.S. (Eds.). *Quantitative Genetics and Plant Breeding*, CABI Publishing.
- Yan, W. and Kang M.S., 2003.** GGE Biplot Analysis. A graphical toll for breeders, geneticists, and agronomists. CRC Press.
- Yan, Weikai., Manjit Kang. 2003.** GGE Biplot Analysis. CRC Press LLC
- Zobel, R.W., M.J. Wrigth, and H.G. Gauch, Jr. 1988.** Statistical analysis of a yield trial, *Agron. J.*, 80:388-393.

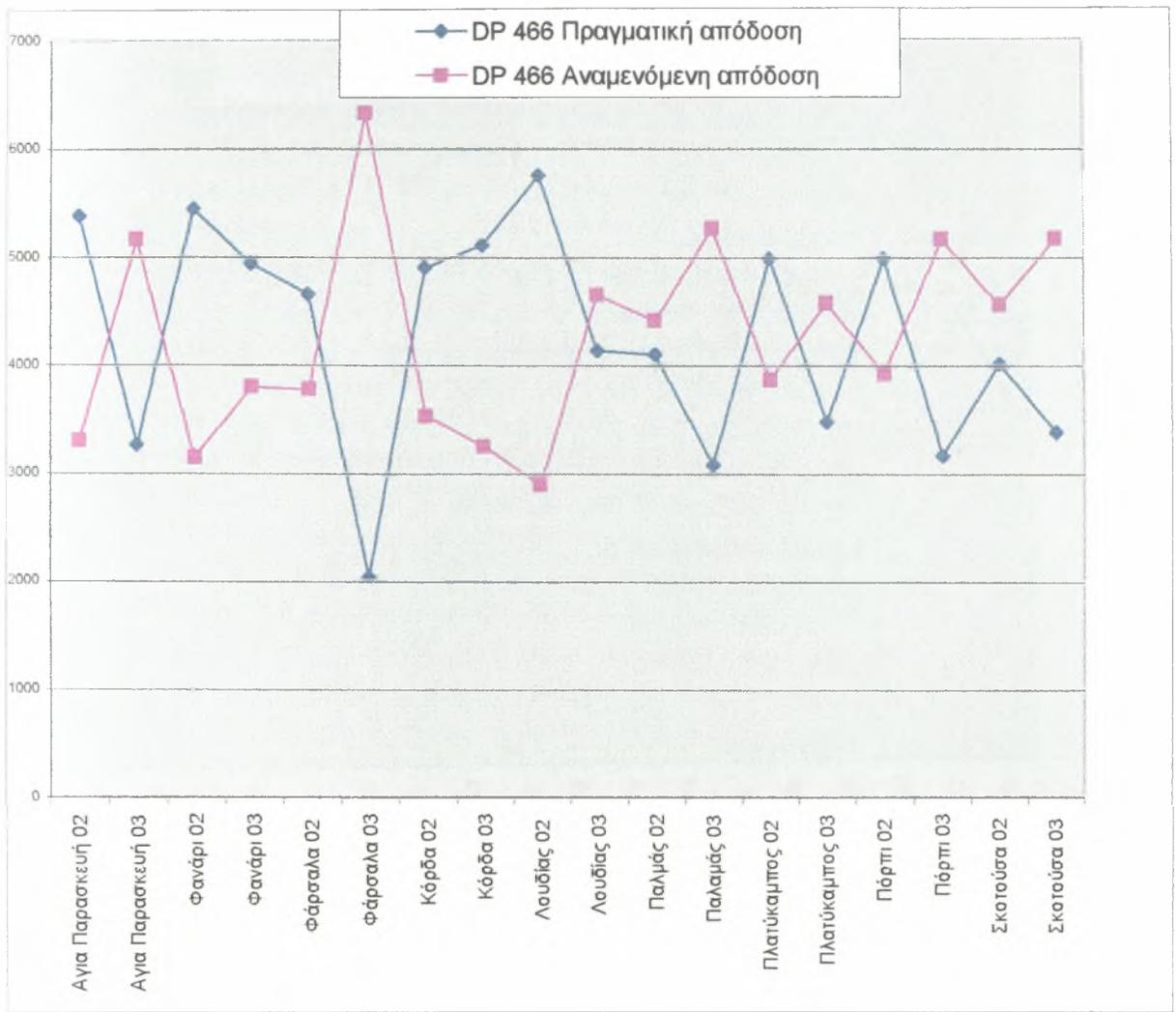
## Παρόρτημα



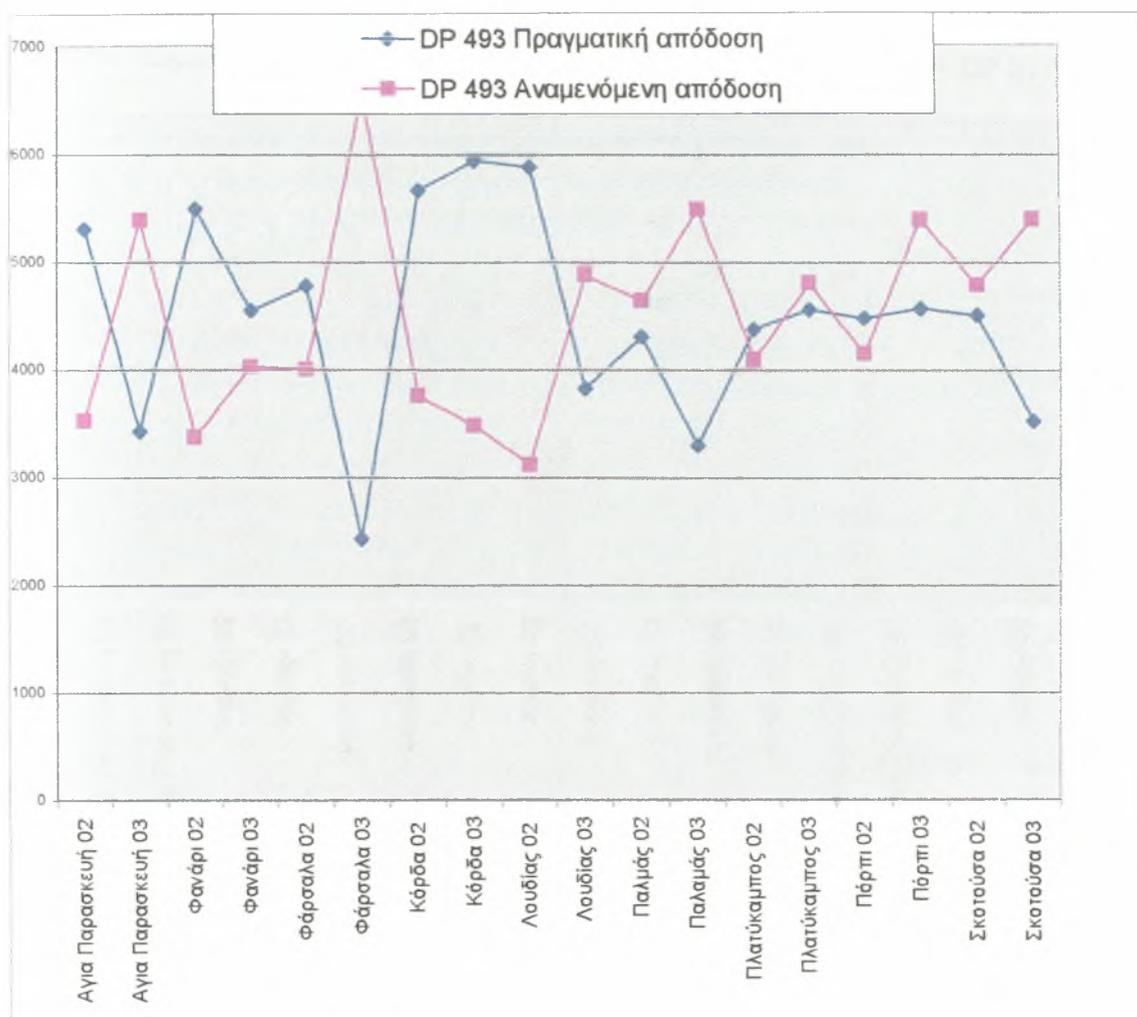
Εικ 1 Σύγκριση αναμενόμενης προς πραγματική απόδοση για την ποικιλία DP 388



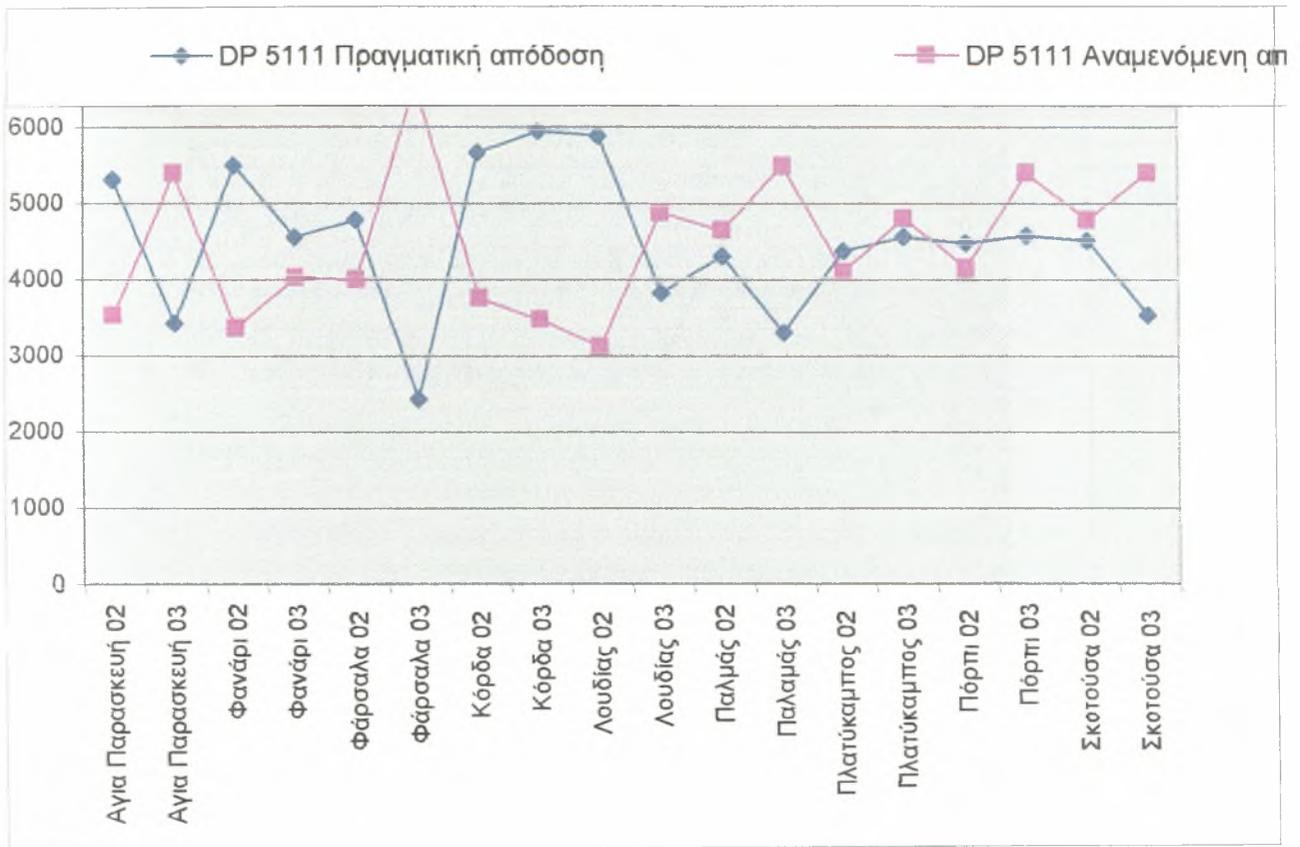
Εικ 2 Σύγκριση αναμενόμενης προς πραγματική απόδοση για την ποικιλία DP 419



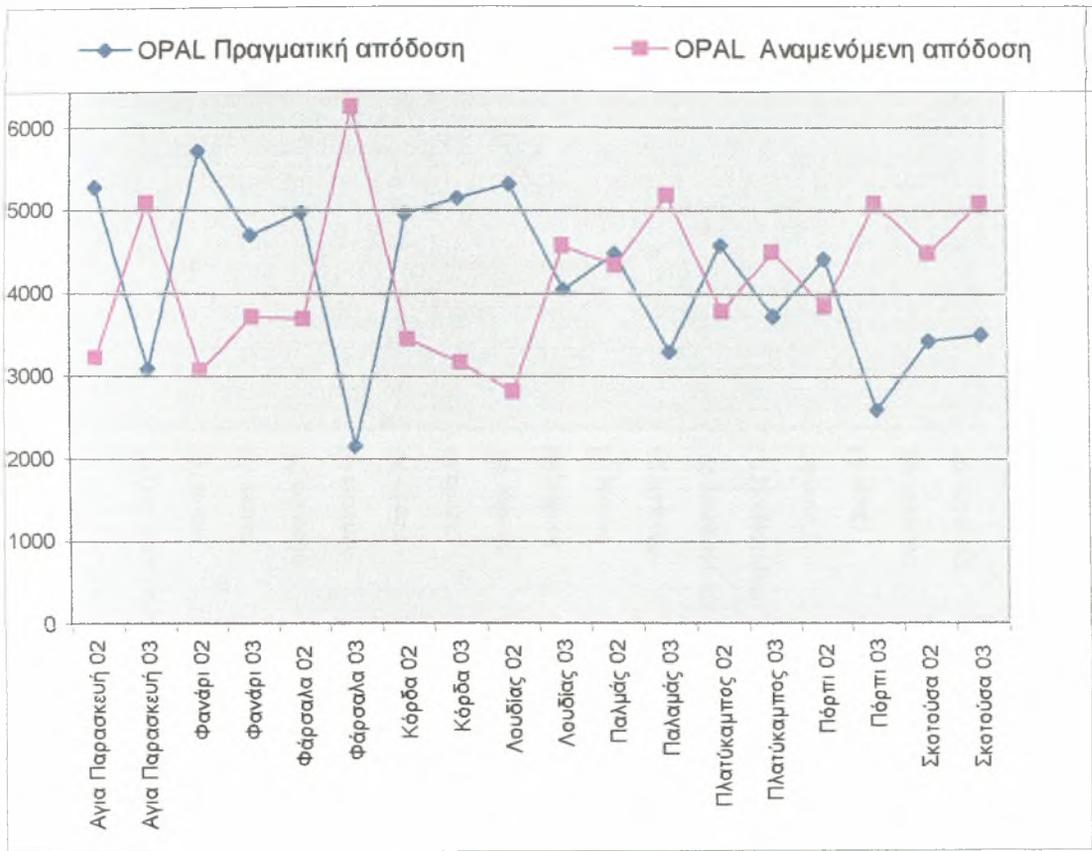
Εικ 3 Σύγκριση αναμενόμενης προς πραγματική απόδοση για την ποικιλία DP 466



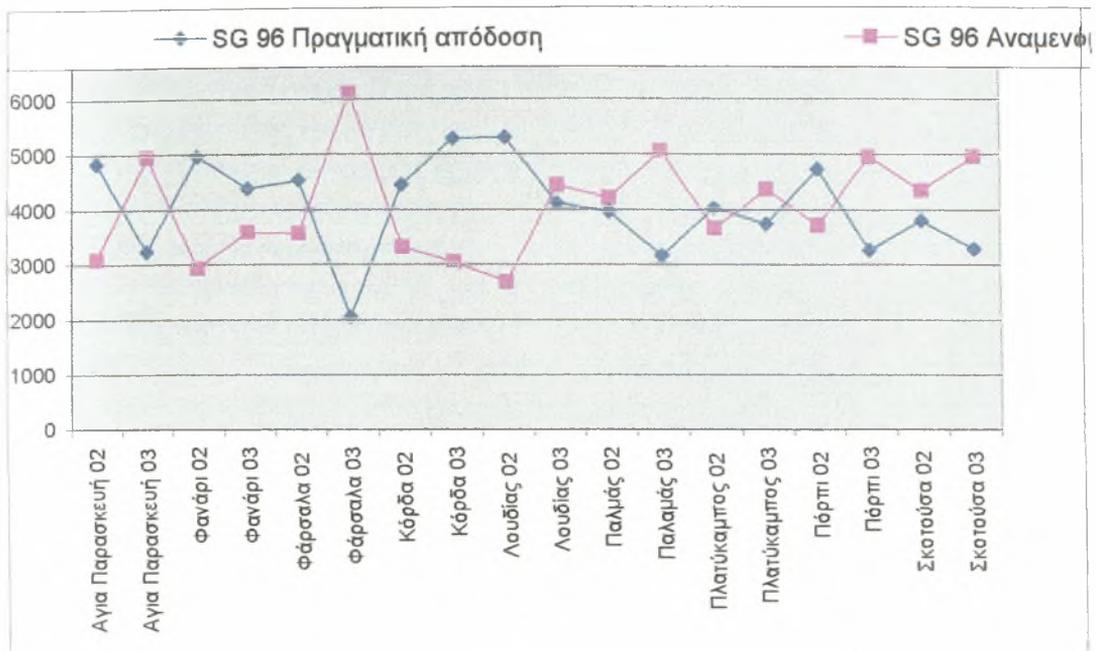
Εικ 4 Σύγκριση αναμενόμενης προς πραγματική απόδοση για την ποικιλία DP 493



Εικ 5 Σύγκριση αναμενόμενης προς πραγματική απόδοση για την ποικιλία DP 5111



Εικ 6 Σύγκριση αναμενόμενης προς πραγματική απόδοση για την ποικιλία Oral



Εικ 7 Σύγκριση αναμενόμενης προς πραγματική απόδοση για την ποικιλία SG 96



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000074963