

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΦΥΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**«ΜΕΛΕΤΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ  
ΚΑΙ ΤΗΣ ΒΛΑΣΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΣΠΟΡΟΥ  
ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ ΣΟΓΙΑΣ (*Glycine max* (L.) Merr.) ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ  
ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΕΩΝ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΝΕΩΝ  
ΒΕΛΤΙΩΜΕΝΩΝ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ»**

**ΡΑΠΤΟΠΟΥΛΟΥ Γ. ΧΡΗΣΤΙΝΑ**

*Τεχνολόγος Γεωπόνος*

*Υπότροφος ΙΚΥ*

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ  
ΧΑ ΙΜΠΡΑΧΙΜ-ΑΒΡΑΑΜ  
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

**ΒΟΛΟΣ 2014**

## **Μεταπτυχιακή Διατριβή**

«ΜΕΛΕΤΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΒΛΑΣΤΙΚΗΣ  
ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΣΠΟΡΟΥ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ ΣΟΓΙΑΣ (*Glycine max* (L.) Merr.) ΚΑΙ  
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΕΩΝ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΝΕΩΝ  
ΒΕΛΤΙΩΜΕΝΩΝ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ»

Υποβλήθηκε στη σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και  
Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στο πλαίσιο του διατμηματικού  
προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών.

### **ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

#### **Επιβλέπων:**

**Χα Ιμπραχίμ-Αβραάμ**, Καθηγητής Τμήματος Φυτικής Παραγωγής και  
Αγροτικού Περιβάλλοντος, Σχολής Γεωπονικών Επιστημών,  
Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

#### **Μέλη:**

**Μαυρομάτης Αθανάσιος**, Επίκουρος καθηγητής Τμήματος Γεωπονίας,  
Α.Π.Θ.

**Βλαχοστέργιος Δημήτριος**, Ερευνητής Ινστιτούτου Κτηνοτροφικών  
Φυτών και Βοσκών Λάρισας.

Η ολοκλήρωση της εργασίας αυτής έγινε στο πλαίσιο της υλοποίησης του  
μεταπτυχιακού προγράμματος το οποίο συγχρηματοδοτήθηκε μέσω της Πράξης με  
τίτλο «Πρόγραμμα χορήγησης υποτροφιών Ι.Κ.Υ. με διαδικασία  
εξατομικευμένης αξιολόγησης ακαδ. έτους 2011-2012» από πόρους του Ε.Π.  
«Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» του Ευρωπαϊκού Κοινωνικού Ταμείου (ΕΚΤ)  
και του ΕΣΠΑ, του 2007-2013.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου στους ανθρώπους που με βοήθησαν και με στήριξαν κατά την εκπόνηση της μεταπτυχιακής διατριβής μου.

Στον επιβλέπων καθηγητή μου κ. Χα Αβραάμ, καθηγητή του τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την άψογη συνεργασία, επίβλεψη και καθοδήγησή του όλο αυτό το διάστημα, μέχρι την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής διατριβής μου.

Στον επίκουρο καθηγητή του Α.Π.Θ κ. Μαυρομάτη Αθανάσιο, για την ανάθεση του συγκεκριμένου θέματος, για τις πολύτιμες συμβουλές, την ανάλυση και συζήτηση των δεδομένων καθώς και για την συνολική υποστήριξή του καθ' όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου.

Τον κ. Βλαχοστέργιο Δημήτριο, ερευνητή του Ινστιτούτου Κτηνοτροφικών Φυτών και Βοσκών Λάρισας, μέλος της τριμελούς επιτροπής μου, για την ηθική στήριξη και καθοδήγηση στη διενέργεια του πειραματισμού και την υποστήριξή του σε όλα τα στάδια της διατριβής μου.

Ευχαριστώ θερμά την υποψήφια διδάκτορα Κωστούλα Σταυρούλα, για την σημαντική καθοδήγησή της στη στατιστική ανάλυση των δεδομένων και την ηθική στήριξη που μου προσέφερε. Το εργαστήριο Γενετικής Βελτίωσης των Φυτών και κυρίως την κ. Πανάγου Μ. για την πολύτιμη βοήθειά της, τον Αγγελόπουλο Β. και την Καρανίκα Χ., για τη βοήθειά τους στο πειραματικό μέρος της μεταπτυχιακής διατριβής μου. Την Κατερίνα για τη σημαντική συμβολή της και τη συνεχή συμπαράστασή της που μου παρείχε απλόχερα όλον αυτόν τον καιρό, τους φίλους μου και κυρίως την οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράστασή τους, την υπομονή τους και ηθική στήριξη κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Κλείνοντας, θα ήθελα να ευχαριστήσω το Ίδρυμα Κρατικών Υποτροφιών για την σημαντική οικονομική υποστήριξη που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ένα σημαντικό πρόβλημα της φυτικής παραγωγής που επηρεάζει και την ανάπτυξη της κτηνοτροφίας είναι η ελλειμματικότητα στην παραγωγή φυτικής πρωτεΐνης και η εξάρτηση της χώρας από τις εισαγωγές. Σε αυτήν την εργασία, εξετάστηκε η προοπτική επαναφοράς της καλλιέργειας της σόγιας εστιάζοντας στην αριστοποίηση την καλλιεργητικής τεχνικής και την αξιολόγηση του διαθέσιμου μη γενετικά τροποποιημένου γενετικού υλικού. Σε πειράματα αγρού που εγκαταστάθηκαν το 2013 στο Ινστιτούτο Κτηνοτροφικών Φυτών & Βοσκών Λάρισας, αξιολογήθηκαν 10 ποικιλίες σόγιας ως προς την απόδοση σε σπόρο σε διαφορετικές πυκνότητες και εποχές σποράς. Οι ποικιλίες αξιολογήθηκαν σε συνεχή σπορά (απόσταση μεταξύ των γραμμών 25 εκ.) και γραμμική σπορά (απόσταση μεταξύ των γραμμών στα 75 εκ.). Οι γενότυποι που αξιολογήθηκαν ήταν οι κυριότερες μη-γενετικά τροποποιημένες εμπορικές ποικιλίες που κυκλοφορούν στη χώρα μας. Ελήφθησαν παρατηρήσεις (χρώμα άνθους, πρωιμότητα, ύψος φυτού, αριθμός λοβών/φυτό, ύψος 1<sup>ου</sup> λοβού) που χρησιμοποιήθηκαν για την επιλογή γονέων και την εφαρμογή διασταυρώσεων. Το πείραμα εγκαταστάθηκε και αναλύθηκε στατιστικά σύμφωνα με το σχέδιο των υποδιαιρεμένων πειραματικών τεμαχίων για κάθε εποχή σποράς, όπου οι πυκνότητες σποράς αποτέλεσαν τα κύρια τεμάχια και οι ποικιλίες τα υποτεμάχια.

Η βιωσιμότητα των σπόρων χαρακτηρίζεται από τη βλαστική τους ικανότητα, η οποία συνήθως προσδιορίζεται με δοκιμές βλαστικότητας στο εργαστήριο. Με την αύξηση του χρόνου αποθήκευσης, η βλαστική ικανότητα μειώνεται με έναν ρυθμό που εξαρτάται από το γενότυπο (είδος, ποικιλία, σπορομερίδα) και από τις συνθήκες αποθήκευσης (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, σύνθεση της ατμόσφαιρας). Ιδιαίτερα στους ελαιούχους σπόρους της σόγιας, η μείωση της βλαστικής ικανότητας με την πάροδο του χρόνου είναι σημαντική με συνέπεια την υποβάθμιση της αξίας του σπόρου ως πολλαπλασιαστικό υλικό. Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της «probit analysis», εκτιμήθηκε η βλαστικότητα των σπόρων τριών ποικιλιών σόγιας με σκοπό τον προσδιορισμό της σταθεράς  $K_i$ , που είναι το πιο αξιόπιστο μοντέλο πρόβλεψης της αρχικής ποιότητας του σπόρου, που έχει αναπτυχθεί τις τελευταίες δεκαετίες. Τρεις ποικιλίες σόγιας, μετά από τη συγκομιδή της επίσπορης καλλιέργειας το 2012, διαχωρίστηκαν και αποθηκεύτηκαν για 6 μήνες, στους 7° C και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και αξιολογήθηκε το περιβάλλον αποθήκευσης και η υποβάθμιση της

ποιότητας των σπόρων της κάθε ποικιλίας, μέσω εφαρμογής τεχνητής γήρανσης. Τα πειράματα τεχνητής γήρανσης, δείχνουν ότι η καλύτερη θερμοκρασία όσον αφορά την αποθήκευση των σπόρων της σόγιας, χωρίς να υποβαθμιστεί η ποιότητά τους, είναι 7° C, με τα μεγαλύτερα ποσοστά βλαστικής ικανότητας και βιωσιμότητας των σπόρων να εμφανίζει η ποικιλία PR92B63.

Επίσης, η καλλιέργεια των κατάλληλων ποικιλιών σόγιας σε συνεχή σπορά δίνει υψηλές αποδόσεις και θα μπορούσε να αποτελέσει μια αξιόλογη εναλλακτική επιλογή αρδευόμενης καλλιέργειας συμβάλλοντας στην παραγωγή πρωτεϊνούχων ζωοτροφών στη χώρα μας. Ιδιαίτερα, η επίσπορη καλλιέργεια της σόγιας μπορεί να αποτελέσει μια σημαντική παρέμβαση σε προτεινόμενο σχήμα καλλιέργειας και αμειψισποράς προσδίδοντας στον γεωργό, ένα αξιόλογο συμπληρωματικό εισόδημα.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### 1. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	8
1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	11
1.3 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ.....	12
1.4 Η ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΟΓΙΑΣ.....	15
1.5 ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ.....	18
1.5.1 Περιβαλλοντικές απαιτήσεις.....	21
1.5.2 Αύξηση και ανάπτυξη.....	24
1.6 Η ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΤΗΣ ΣΟΓΙΑΣ .....	28
1.6.1 Αλληλούχιση γονιδιώματος σόγιας.....	28
1.6.2 Αξιοποίηση γενετικών δεδομένων στη γεωργική πρακτική.....	32
1.7 ΓΕΝΕΤΙΚΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΣΟΓΙΑ.....	33
1.7.1 Εισαγωγή.....	33
1.7.2 Τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τη γενετική τροποποίηση στη σόγια.....	35
1.7.3 Βελτίωση χαρακτηριστικών σόγιας .....	37
Αντοχή στα ζιζανιοκτόνα.....	38
Ανθεκτικότητα στα έντομα.....	39
Ανθεκτικότητα στις ασθένειες.....	39
Απόδοση.....	42
Ανθεκτικότητα στην ξηρασία.....	43
Αύξηση περιεκτικότητας ελαίου στο σπόρο.....	44
1.8 ΑΝΤΙΔΙΑΘΡΕΠΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ.....	47
1.9 ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΣΠΟΡΩΝ.....	50
1.10 ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΠΟΡΟΥ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΣΟΓΙΑΣ.....	53
<b>ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....</b>	<b>56</b>

## **2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ**

2.1 Πειράματα Αγρού .....	57
2.1.1 Γενετικό υλικό και πειραματική διάταξη .....	57
2.1.2 Εφαρμογή εδαφολογικών αναλύσεων και καλλιεργητικές φροντίδες .....	58
2.1.3 Μετρήσεις και παρατηρήσεις .....	60
2.1.4 Φυσιολογική ωρίμανση – Συγκομιδή.....	60
2.1.5 Διασταυρώσεις στον αγρό .....	61
2.2 Πειράματα Εργαστηρίου.....	62
2.2.1 Πειράματα τεχνητής γήρανσης και ελέγχου ποιότητας του σπόρου.....	62
2.2.2 Έλεγχος ποιότητας σπόρου, συγκομιδής 2013 .....	63
2.2.3 Μέτρηση πρωτεΐνης σπόρου.....	63
2.2.4 Βιωσιμότητα των σπόρων.....	63

## **3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ**

3.1 Διασταυρώσεις.....	65
3.2 Ημερομηνίες φυσιολογικής ωρίμανσης των ποικιλιών και στάδιο συγκομιδής.....	66
3.3 Μέτρηση πρωτεΐνης σπόρου.....	68
3.4 Καταγραφή μορφολογικών χαρακτηριστικών κατά UPOV.....	69
3.5 Εκτίμηση φυτρωτικής ικανότητας.....	72
3.6 Ύψος φυτών κύριας και επίσπορης καλλιέργειας.....	73
3.7 Ύψος 1 <sup>ου</sup> λοβού, κύριας και επίσπορης καλλιέργειας.....	76
3.8 Αριθμός λοβών ανά φυτό, κύριας και επίσπορης καλλιέργειας.....	79
3.9 Έλεγχος βλαστικής ικανότητας του σπόρου της κύριας και επίσπορης καλλιέργειας, συγκομιδής 2013.....	83
3.10 Αποδόσεις κύριας και επίσπορης καλλιέργειας.....	86
3.11 Τεχνητή γήρανση και έλεγχος ποιότητας των σπόρων, συγκομιδής 2012....	90
3.12 Έλεγχος ποιότητας σπόρου αποθηκευμένου στους 7 <sup>ο</sup> C, συγκομιδής 2012..	93
3.13 Εκτίμηση της αποθηκευσιμότητας του σπόρου των 3 ποικιλιών της σόγιας.....	93

<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>101</b>
--------------------------	------------

<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>103</b>
--------------------------	------------

<b>ABSTRACT.....</b>	<b>134</b>
----------------------	------------



## I. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

### 1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η σόγια είναι ένα από τα αρχαιότερα καλλιεργούμενα φυτά. Είναι ετήσιο διπλοειδές φυτό ( $2n=2x=40$ ) και ανήκει στην οικογένεια των ψυχανθών (*Leguminosae*). Είναι αυτογονιμοποιούμενο είδος και παράγεται σε εμπορική κλίμακα με σπόρο (Fehr, 1989). Είναι το σπουδαιότερο ελαιοδοτικό φυτό παγκοσμίως, όσον αφορά τη χρήση του τόσο στη διατροφή του ανθρώπου όσο και για ζωοτροφή. Ο σπόρος της σόγιας έχει πολύ υψηλή θρεπτική αξία και είναι πλούσιος σε πρωτεΐνες και λάδι, με έναν μέσο όρο 40% και 20% αντιστοίχως.

Η καλλιέργειά της ξεκίνησε από την Μ. Ανατολή και σήμερα έχει εξαπλωθεί σχεδόν σε ολόκληρο τον κόσμο. Κατάγεται από την Κίνα και η εξημέρωσή της έγινε στην ίδια περιοχή, μεταξύ 1700 και 1100 π.Χ. Στην Ευρώπη εισήχθη στις αρχές του 17<sup>ου</sup> αιώνα και στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής στις αρχές του 18<sup>ου</sup> αιώνα. Το ενδιαφέρον για την καλλιέργεια της σόγιας οφείλεται στα δύο κύρια προϊόντα της, την πρωτεΐνη και το λάδι. Η πρώτη εξημέρωση της σόγιας έχει εντοπιστεί στο ανατολικό μισό της βόρειας Κίνας τον 11<sup>ο</sup> αιώνα π.Χ. ή ίσως λίγο νωρίτερα (Palmer and Hymowitz, 2004). Η σόγια υπήρξε μια από τις 5 κύριες φυτικές τροφές της Κίνας μαζί με το ρύζι, σιτάρι, κριθάρι και κεχρί (Acquaah, 2007). Σύμφωνα με τους συγγραφείς, η παραγωγή της εντοπίστηκε στην Κίνα, μετά τον πόλεμο Κίνας-Ιαπωνίας το 1894-1895 όταν οι Γιαπωνέζοι άρχισαν να εισάγουν πίττα από ελαιόσπορο σόγιας για χρήση ως λίπασμα. Η σόγια, μεταφέρθηκε στην Ευρώπη γύρω στο 1908 και προσέλκυσε το παγκόσμιο ενδιαφέρον. Οι Ευρωπαίοι γνώριζαν την καλλιέργεια ήδη από το 1712, μέσω των συγγραμμάτων ενός Γερμανού Βοτανολόγου. Μερικοί σπόροι σόγιας, ίσως να στάλθηκαν από την Κίνα με ιεραπόστολους κατά το 1740 και να σπάρθηκαν στη Γαλλία (Gibson and Benson, 2005).

Ο σπόρος της σόγιας είναι σημαντική πηγή τροφής για τον άνθρωπο και τα ζώα. Το σογιέλαιο, είναι πηγή ελαϊκού και λινολεϊκού οξέος και βιταμίνης E (Helzlsouer et al., 2000). Εκτός από την πρωτεΐνη και το λάδι, περιέχει περίπου 33% υδατάνθρακες, όπου πάνω από το 16,6% είναι διαλυτά σάκχαρα (Hou et al., 2009). Αυτοί μπορούν να διαχωριστούν σε δύο ομάδες: τα διαλυτά σάκχαρα (5% σακχαρόζη, 4% σταχυόζη, 1% ραφινόζη) και τα αδιάλυτα ([www.fao.org](http://www.fao.org)). Οι γαλακτο-ολιγοσακχαρίτες

(ραφινόζη, σταχυόζη και verbascose) καταλαμβάνουν περίπου το 5% ξηράς ουσίας σόγιας, ενώ περιέχει πολύ μικρή ποσότητα αμύλου (λιγότερο από 1%). Είναι πλούσια σε θρεπτικά συστατικά, όμως η ακατέργαστη χρήση της είναι περιορισμένη, λόγω των αντιδιαθρεπτικών παραγόντων που περιέχει, όπως είναι οι αναστολείς τρυψίνης, φυτικού οξέος και οι φαινόλες (Liener, 1981). Οι αδιάλυτοι υδατάνθρακες δεν αφομοιώνονται από τα ένζυμα του γαστρεντερικού συστήματος και μπορεί να χαρακτηριστούν ως «διαιτητικές ίνες».

Ο πληθυσμός της γης είναι περίπου 7 δισεκατομμύρια και εκτιμάται ότι μέχρι το 2050, θα φτάσει περίπου τα 9 δισεκατομμύρια. Για την ικανοποίηση της ανάγκης των ανθρώπων για τροφή, ο FAO έχει εκτιμήσει ότι η παραγωγή πρέπει να αυξηθεί κατά 70% (Godfray et al., 2010). Η σόγια, είναι μια εκτατική καλλιέργεια η οποία παράγει περισσότερη πρωτεΐνη ανά εκτάριο σε σχέση με άλλα ψυχανθή, κάτι το οποίο την καθιστά μια από τις βασικές τροφές για την αντιμετώπιση του υποσιτισμού και της πείνας στον πλανήτη. Είναι η 4<sup>η</sup> καλλιέργεια παγκοσμίως με την παραγωγή για το 2013 / 2014, να φτάνει περίπου τα 284 εκατομμύρια μετρικούς τόνους (million metric tones), μετά την καλλιέργεια του αραβόσιτου, του σιταριού και του ρυζιού (USDA, 2014a). Η σόγια, είναι πηγή πρωτεΐνης με εξαιρετικά θρεπτικά χαρακτηριστικά, εμφανίζει ισορροπία των απαραίτητων αμινοξέων αλλά και χαμηλή περιεκτικότητα αμινοξέων θείου, είναι πηγή σιδήρου, φωσφόρου, καλίου και βιταμινών. Αρκετές μελέτες έχουν αποδείξει, ότι η κατανάλωση σπόρων σόγιας ή παραπροϊόντων, συνδέεται με τη μείωση του κινδύνου αρκετών ασθενειών. Οι κύριες χώρες παραγωγής για το 2013/2014, είναι η Αμερική (90 χιλιάδες μετρικοί τόνοι), η Βραζιλία (87,5), η Αργεντινή (54), η Κίνα (12,2), η Ινδία (11), η Παραγουάη (8,1) και ο Καναδάς (5,2) (USDA, 2014b).

Οι προσπάθειες καλλιέργειας της σόγιας στην Ελλάδα ξεκίνησαν τη δεκαετία του 1930, χωρίς όμως κανένα αποτέλεσμα. Η αποτυχία αυτή, οφείλεται στις μικρές στρεμματικές αποδόσεις ακόμη και σε γόνιμα εδάφη, στις χαμηλές τιμές αλλά και στην έλλειψη κατάλληλων σπορελαιουργείων για την εξαγωγή του λαδιού. Οι χαμηλές σχετικά αποδόσεις, πιθανόν να οφείλονταν στις ποικιλίες που ίσως δεν ήταν παραγωγικές, αλλά και στην μη εφαρμογή των κατάλληλων καλλιεργητικών φροντίδων (πότισμα, λίπανση, αζωτοβακτήρια). Επίσης, ένας ανασταλτικός παράγοντας της εξάπλωσης της καλλιέργειας της σόγιας στην Ελλάδα, φαίνεται ότι ήταν και η κρατική ελαϊκή πολιτική (Τόλης και Πάνος, 1989). Μετά από επιδότηση της καλλιέργειας από την Ευρωπαϊκή Ένωση, έγιναν προσπάθειες καλλιέργειας της

σόγιας από το 1987 μέχρι το 1989, για τη μείωση της εισαγωγής της από το εξωτερικό. Καλλιεργήθηκε σε αρδευόμενα χωράφια, ως κύρια και ως επίσπορη καλλιέργεια, μετά από σιτάρι ή κριθάρι. Όμως η καλλιέργεια σταμάτησε λόγω οικονομικών λόγων αλλά και της Ευρωπαϊκής πολιτικής σε σχέση με τις ΗΠΑ, οι αποδόσεις ήταν μικρότερες σε σύγκριση με τις άλλες ανταγωνιστικές καλλιέργειες (καλαμπόκι, βαμβάκι, ζαχαρότευτλα, βιομηχανική τομάτα) συνεπώς και το εισόδημα των καλλιεργητών (Παπακώστα, 2005).

Εξαιτίας του ότι ανήκει στους ελαιούχους σπόρους, ένα σημαντικό μειονέκτημα της σόγιας, είναι η υποβάθμιση των σπόρων της κατά την αποθήκευση. Λόγω της θέσης του εμβρύου στο σπόρο, είναι πολύ ευαίσθητοι σε τραυματισμούς (Yadava et al., 2012). Η υποβάθμιση μπορεί να γίνει σε μικρό χρονικό διάστημα, ειδικότερα σε τροπικά κλίματα κατά την αποθήκευση, παρόλο που έχουν αναφερθεί γενότυποι με αυξημένη βιωσιμότητα του σπόρου. Είναι αναγκαίο να δημιουργηθούν ποικιλίες με ανθεκτικότητα στους μηχανικούς τραυματισμούς, οι οποίοι διατηρούν πάνω από 70% τη βλαστικότητα τους για 8-9 μήνες αποθήκευσης σε φυσιολογικές συνθήκες. Για τον έλεγχο και την ταυτοποίηση του γενετικού υλικού, εφαρμόζονται η μέθοδος της ταχείας γήρανσης, της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και το τεστ ευρωστίας.

Η πρωτεΐνη της σόγιας θεωρείται καλό υποκατάστατο της ζωικής πρωτεΐνης, αφού περιέχει τα περισσότερα από τα απαραίτητα αμινοξέα που απαιτούνται για τη θρέψη των ανθρώπων και των ζώων. Το σογιάλευρο είναι μια σημαντική πηγή πρωτεΐνης, που χρησιμοποιείται στη θρέψη των χοίρων, των κοτόπουλων, των βοοειδών, των προβάτων αλλά και ως ιχθυοτροφή (Liu, 1997).

Λόγω της υψηλής πρωτεΐνης που περιέχουν οι σπόροι της σόγιας, είναι σημαντική καλλιέργεια για χρήση ως ζωοτροφή. Το επεξεργασμένο λάδι και η πρωτεΐνη, βρίσκει εφαρμογή στη βιομηχανία των ζωοτροφών. Ένα μικρότερο ποσοστό χρησιμοποιείται για ανθρώπινη κατανάλωση, με την παρασκευή διάφορων προϊόντων όπως το γάλα σόγιας, το τοφού και άλλα. Επίσης, χρησιμοποιείται στην βιομηχανία ως αντιδιαβρεκτική ουσία, αντιστατικός παράγοντας, απολυμαντικό, αλλά και ως συστατικό σε βιομηχανικές κόλλες. Το βιοντίζελ που παράγεται από το λάδι σόγιας μέσω της μετεστεροποίησης (transesterification), είναι καθαρότερο στην καύση από το πετρέλαιο, μειώνει τις εκπομπές σωματιδίων και είναι μια ανανεώσιμη πηγή μη τοξική και φιλική προς το περιβάλλον (Kummerow, 2013).

Ποικιλίες σόγιας με αυξημένη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες, χαμηλά ποσοστά αναστολέων τρυψίνης και λιποξυγενάσης είναι σημαντικού ενδιαφέροντος για την

ανάπτυξη καλλιεργειών με βελτιωμένη θρεπτική ποιότητα, γεύση και αυξημένες αποδόσεις (Bhardwaj et al., 1996).

## 1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η καλλιεργούμενη σόγια, *Glycine max* (L.) Merr., θεωρείται ότι κατάγεται από την Κίνα (Hymowitz and Newell, 1981). Τα στοιχεία που αφορούν την καλλιέργεια της σόγιας για την αρχαιότητα, βρίσκονται στην ιερογλυφική ανάλυση της αρχαϊκής κινέζικης λέξης για τη σόγια «shu», στο βιβλίο «Ωδές» και σε ορειχάλκινες επιγραφές. Αυτά τα στοιχεία, αποδεικνύουν την εμφάνιση της σόγιας ως καλλιεργούμενο φυτό κατά τη διάρκεια της δυναστείας Chou (1100-700 π.Χ.) και θεωρείται ένα από τα αρχαιότερα καλλιεργούμενα είδη (Hymowitz, 1970). Η εξημέρωση της καλλιέργειας πιστεύεται ότι ξεκίνησε κατά τη διάρκεια της Δυναστείας Shang, 1500-1100 π.Χ. Κατά τον 1<sup>ο</sup> αιώνα μ.Χ., θεωρείται ότι η σόγια έφτασε στην κεντρική και νότια Κίνα, καθώς και στη χερσόνησο της Κορέας (Hymowitz, 1990). Κινέζικοι μύθοι αναφέρουν, ότι ο αυτοκράτορας Shen Nong, ανέφερε την πρώτη εφαρμογή του φυτού ως φυτικό παρασκεύασμα. Μεταξύ του 1<sup>ου</sup> αιώνα και του 15<sup>ου</sup> αιώνα, όπου ιδρύθηκαν θαλάσσιοι και χερσαίοι εμπορικοί δρόμοι, διάφορες φυλές από την Κίνα άρχισαν να μεταναστεύουν. Η μετανάστευση αυτή, προκάλεσε την εισαγωγή σπόρων σόγιας στην Ιαπωνία, Κορέα, Ινδονησία, Φιλιππίνες, Βιετνάμ, Ταϊλάνδη, Μαλαισία, Myanmar, Νεπάλ και Βόρεια Ινδία (Hymowitz, 1990; Hymowitz and Newell, 1980).

Η Ασία έχει τη μεγαλύτερη ιστορία στην καλλιέργεια της σόγιας. Καλλιεργείται στην Κίνα, Ιαπωνία, Βόρεια και Νότια Κορέα, Ινδονησία, Ταϊλάνδη και Βιετνάμ. Στην Αμερική καλλιεργήθηκε το 1765, όταν ένας ναύτης, ο Samuel Bowen, έφερε τη σόγια από την Κίνα στην Γεωργία (Hymowitz, 1984). Μέχρι το 1920, καλλιεργούνταν κυρίως για ζωοτροφή. Κατά τη διάρκεια του 1927-1931, η Αμερική έστειλε επιστήμονες στην Κίνα, την Ιαπωνία και την Κορέα ώστε να συλλέξουν γενετικό υλικό, ένα μέρος του οποίου αποτελεί μέχρι και σήμερα μητρικό υλικό στα βελτιωτικά προγράμματα (Singh, 2010). Το 1922, η εταιρία Staley δημιούργησε την πρώτη μονάδα επεξεργασίας σόγιας στο Decatur, στο Ιλινόις (Hymowitz 1990). Το 1941, η συγκομιζόμενη καλλιεργούμενη έκταση της σόγιας για σπόρο, υπερέβη αυτή για ζωοτροφή και αυξήθηκε περισσότερο κατά τον 2<sup>ο</sup> Παγκόσμιο Πόλεμο και κατά τις επόμενες δύο δεκαετίες (Janick et al., 1996).

Η Κίνα, ήταν η μεγαλύτερη χώρα παραγωγής σόγιας το πρώτο μισό του 20<sup>ου</sup> αιώνα. Το 1950 η παραγωγή της αναπτύχθηκε ταχύτατα στην Αμερική, όπου είναι πλέον η κύρια χώρα παραγωγής. Το 1970 καλλιεργήθηκε στη Βραζιλία, όπου είναι η δεύτερη κύρια χώρα παραγωγής. Εξαιτίας του ότι η Κίνα έχει μεγάλη ιστορία στην καλλιέργεια της σόγιας και πλούσιο γενετικό υλικό, έχει αναπαραχθεί κατά το πέρασμα των χρόνων μέσω της εφαρμογής φυσικών και τεχνητών επιλογών, κάτι το οποίο προσφέρει μια πλούσια πηγή για την επιλογή και βελτίωση των διάφορων ποικιλιών. Η Κίνα έχει βελτιώσει πολλές ποικιλίες και οι καλλιεργητικές τεχνικές που αυξάνουν τις αποδόσεις συνεχίζονται (Singh, 2010).

### 1.3 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Το όνομα *Glycine* αρχικά παρουσιάστηκε από τον Λινναίο (Linnaeus), στην πρώτη έκδοση του *Genera Plantarum* και αυτό το νέο γένος βασίστηκε στο *Apios* of Boerhaave (Linnaeus, 1737). Το γένος *Glycine*, προέρχεται από την ελληνική λέξη *glykys*, που σημαίνει γλυκό και πιθανόν να αναφέρεται στη γλυκύτητα των εδώδιμων ριζών που παράγονται από το *Apios* (Henderson, 1881). Η καλλιεργούμενη σόγια, περιγράφηκε από τον Λινναίο το 1753 ως *Phaseolus max* βασιζόμενος σε δείγματα που είχε και σαν *Dolichos soja*, και σε περιγραφές άλλων συγγραφέων (Hymowitz and Newell, 1981). Αρκετά χρόνια αργότερα, συνειδητοποίησε ότι αυτές οι δυο περιγραφές, ήταν το ίδιο φυτό και μετά από επανεξέταση των δειγμάτων, ο Merrill (1917), πρότεινε την ονομασία *Glycine max* (Πίνακας 1).

Το γένος *Glycine* Willd χωρίζεται σε δύο υπογένη: το *Glycine* Wild (πολυετές) και το *G. Soja* (Moench) F.J. Herm (ετήσιο). Το υπογένος *Glycine* περιέχει 26 άγρια πολυετή είδη ενδογενή στην Αυστραλία, που διαφέρουν μορφολογικά, κυτταρολογικά και γονιδιωματικά και μπορεί να καλλιεργηθεί σε μεγάλο εύρος περιβαλλοντικών συνθηκών (Chung and Singh, 2008). Τα είδη *Glycine canescens* F.J. Herm. και *G. tomentella* Hayata έχουν βρεθεί στην Αυστραλία και στην Παπούα Νέα Γουινέα και έχουν πολυπλοειδή τύπο ( $2n=4x=80$ ) (Hymowitz, 1995; Newell and Hymowitz, 1983). Το υπογένος *Soja*, περιλαμβάνει δύο είδη, την καλλιεργούμενη σόγια *Glycine max* (L.) Merr. ( $2n=2x=40$ ) και τον ετήσιο άγριο πρόγονό της *Glycine soja* (L.) Sieb. and Zucc. ή *G. ussuriensis* ( $2n=2x=40$ ). Η *Glycine soja* είναι το άγριο είδος από το οποίο προέρχεται η *Glycine max* και βρίσκεται στην Κίνα, Ιαπωνία, Κορέα, Ταϊβάν και Ρωσία (Singh et al., 2006). Και τα δυο είδη διασταυρώνονται

μεταξύ τους και παράγουν γόνιμα υβρίδια F1 γενεάς, υποδηλώνοντας έτσι ότι το γονιδιώμά τους είναι συγγενικό (Singh and Hymowitz, 1988). Η άγρια σόγια αναφερόταν ως *G. ussuriensis* μέχρι το 1979, όπου και αναφέρθηκε με την διεθνή λατινική ονομασία *G. soja* (Hymowitz and Newell, 1981). Η άγρια σόγια μπορεί να αξιοποιηθεί και για την παραγωγή γόνιμων υβριδίων μεταξύ των εγχώριων και των άγριων ειδών της σόγιας (Singh, 2007).

**Πίνακας 1.** Ταξινόμηση του γένους *Glycine*

<b>Βασίλειο</b>	Plantae
<b>Υπό-βασίλειο</b>	Tracheobionta
<b>Υπό-διαίρεση</b>	Spermatophyta
<b>Διαίρεση</b>	Magnoliophyta
<b>Τάξη</b>	Magnoliopsida
<b>Υπό-κλάση</b>	Rosidae
<b>Σειρά</b>	Fabales
<b>Οικογένεια</b>	Fabaceae
<b>Γένος</b>	<i>Glycine</i> Willd
<b>Είδος</b>	<i>Glycine max</i> (L.) Mer

Το γένος *Glycine* πιστεύεται ότι είναι πολυπλοειδές, αρχαίας προέλευσης, λόγω του υψηλού χρωμοσωμικού αριθμού των περισσότερων ειδών, συγκριτικά με τα κοντινότερα γένη (Goldblatt, 1981). Χωρίζεται σε δυο υπογένη, *Glycine* και *Soja* (Moench) F.J.Herm. (Hymowitz and Newell, 1981). Η *G. soja* είναι ενδογενής στην Κίνα, USSR, Κορέα, Ιαπωνία και Ταϊβάν. Μελέτες κυτταρογενετικές, μορφολογικές και της πρωτεΐνης των σπόρων, αποδεικνύουν ότι η *G. soja* είναι ο άγριος πρόγονος της καλλιεργούμενης σόγιας (Hymowitz and Newell, 1980). Η καλλιεργούμενη σόγια *Glycine max* (L.) Merr., είναι μια ετήσια καλλιέργεια με εξημερωμένη μορφή (Hymowitz, 2004).

Η ανάλυση του γονιδιώματος της σόγιας έδειξε ότι αρχικά ήταν ένα τετραπλοειδές είδος, που αργότερα εξελίχθηκε σε διπλοειδές (Hadley and Hymowitz, 1973). Επίσης, έχει εντοπιστεί τμηματικός αναδιπλασιασμός σε πολλές περιοχές των χρωμοσωμάτων και πιστεύεται ότι αυτό συνέβαλε στη διπλοειδή φύση του γονιδιώματος της σόγιας. Το υπογένος *Soja*, πιστεύεται ότι έχει περιοχές αναδιπλασιασμένου γονιδιώματος και

αναφέρεται ως αρχαίο πολυπλοειδές είδος (Soltis et al., 1993). Η παρατήρηση των Shoemaker et al. (1996), ότι περίπου το 60% των 280 δεικτών RFLP ανιχνεύουν 3 ή περισσότερες μπάντες στη σόγια, υποδηλώνει ότι αυτό το μεγαλύτερο επίπεδο αναδιπλασιασμού, δεν οφείλεται μόνο στη διαφύλαξη των αναδιπλασιασμένων περιοχών που βρέθηκαν στο αρχαίο τετραπλοειδές είδος, αλλά και στο ότι ένα μεγάλο μέρος του γονιδιώματος έχει υποστεί νέους αναδιπλασιασμούς, επιπρόσθετα του γεγονότος του τετραπλοειδισμού.

Τα είδη του υπογένους *Soja* (άγρια και καλλιεργούμενη) έχουν 40 χρωμοσώματα. Κάποια είδη του υπογένους *Glycine*, έχουν είτε 40 ή 80 χρωμοσώματα. Έχουν δημιουργηθεί κάποια διειδικά υβρίδια μεταξύ ειδών εντός του υπογένους *Glycine* ή μέσω της επικονίασης με το χέρι. Μέσα στο υπογένος *Bracteata*, τα υποείδη του *G. wightii* εμφανίζεται ότι έχουν 22 ή 44 χρωμοσώματα (Berversdorf, OECD, 1993). Δεν έχουν παρατηρηθεί φυσικώς δημιουργημένα υβρίδια μεταξύ ειδών του υπογένους *Glycine*. Η καλλιεργούμενη σόγια εμφανίζει φυσική αυτοσυμβατότητα και διασταυρωσιμότητα μόνο με άτομα της άγριας σόγιας (*G. soja*). Ενώ η καλλιεργούμενη σόγια είναι αυτόγαμο είδος με ποσοστά σταυρογονιμοποίησης που αγγίζουν το 1%, σε αντίθεση με τον άγριο πρόγονο *G. soja* όπου έχουν αναφερθεί ποσοστά σταυρογονιμοποίησης έως 13% (Fujita et al. 1997).

Η *G. soja* και η *G. max*, θα μπορούσαν να θεωρηθούν σύμφωνα με την ταξινόμηση σαν μεμονωμένα είδη (Hadley and Hymowitz, 1973). Η καλλιεργούμενη σόγια έχει στενή συγγένεια με την άγρια σόγια (*G. soja* Sieb. et Zucc.) με την οποία είναι υψηλά αυτοσυμβατή. Η *G. soja* (παλαιότερα γνωστή ως *G. ussuriensis*) είναι ένα ετήσιο φυτό διαδεδομένο σε Κίνα, Ταϊβάν, Κορέα και ανατολική Ρωσία (Berversdorf, OECD, 1993).

Παρόλο που η σόγια είναι μια καλλιέργεια μεγάλης σημασίας, δεν θεωρείται φυτό μοντέλο για κυτταρογενετικές μελέτες, εξαιτίας του μεγάλου αριθμού των χρωμοσωμάτων ( $2n=40$ ) (Karpechenko, 1925), του μικρού και συμμετρικού μεγέθους των χρωμοσωμάτων κατά τη μιτωτική μετάφαση (1,42-2.8μm) (Sen and Vidyabhusan, 1960) και της έλλειψης μορφολογικών διακριτών σημείων (Ladizinsky et al., 1979).

Τα 26 άγρια πολυετή είδη του *Glycine* έχουν μεγάλο δυναμικό, χωρίς όμως να έχουν αξιοποιηθεί πλήρως στα βελτιωτικά προγράμματα. Επίσης έχουν μεγάλη παραλλακτικότητα στη μορφολογία, κυτταρολογία και στη σύνθεση του γονιδιώματος, μπορούν να καλλιεργηθούν σε διάφορες θερμοκρασίες και

εδαφολογικές συνθήκες και έχουν ευρεία γεωγραφική κατανομή (Singh and Hymowitz, 1999). Έχουν μελετηθεί για πολλά φυσιολογικά και βιοχημικά χαρακτηριστικά, αλλά και για την ανθεκτικότητα που εμφανίζουν κάποια είδη σε παθογόνα που προσβάλλουν την καλλιέργεια και την αντοχή στις διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες.

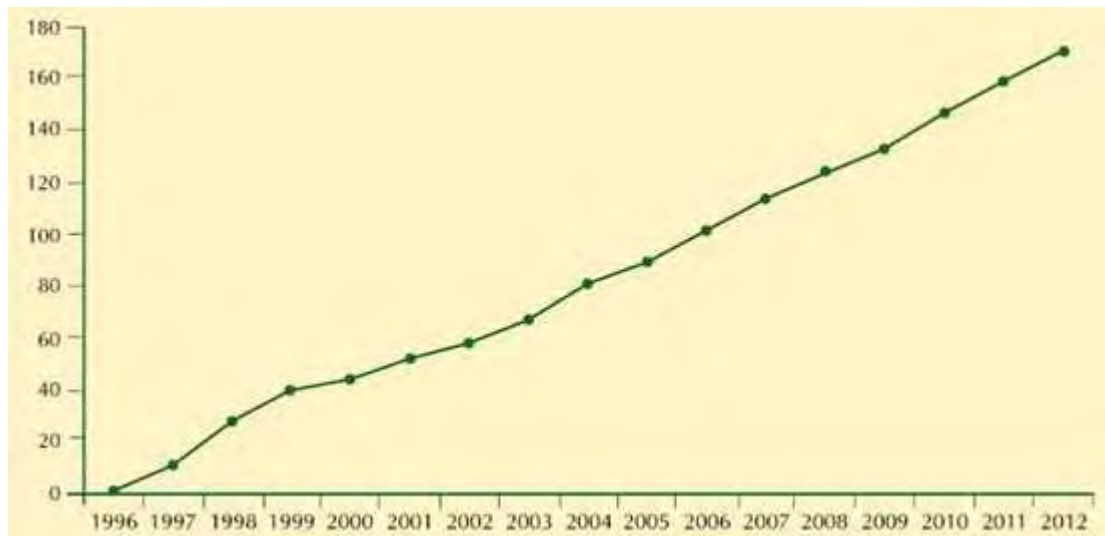
Κάποια είδη του *Glycine*, είναι πηγές ανθεκτικότητας για τους νηματώδεις (Soybean cyst nematode) και δεν έχουν το γονίδιο του αναστολέα της πρωτεάσης Bowman-Birk (Hymowitz, 2004). Συνεπώς, η διασταύρωση μεταξύ της καλλιεργούμενης σόγιας και άγριων συγγενών ειδών, θα βοηθούσε στη δημιουργία νέων σειρών σόγιας που θα μπορούσαν να ευδοκιμήσουν σε ξηρικές συνθήκες και να εμφανίσουν ανθεκτικότητα σε πολλές ασθένειες (Ratnaparkhe et al., 2011). Η *G. soja* φαίνεται ότι έχει μεγαλύτερη παραλλακτικότητα από τη *G. max* (Li and Nelson, 2002; Nichols et al., 2007) και τα ανεπιθύμητα χαρακτηριστικά μπορούν να διαχωριστούν κατά την επιλογή των φυτών με συνεχείς επαναδιασταυρώσεις και ίσως μέσω της επιλογής με μοριακούς δείκτες (marker assisted analysis).

Επίσης, το είδος *G. tomentella*, αποτελείται από ένα μίγμα κυτταρογενετικών τύπων που περιλαμβάνουν αρκετά σταθερά ανευπλοειδή, με χρωμοσωμικό αριθμό 38 ή 78. Οι κοντινότεροι φυλογενετικά συγγενείς του γένους *Glycine* έχουν χρωμοσωμικό αριθμό 11 ή πολλαπλάσιο αυτού (*Phaseolus*  $2n=2x=22$  και *Vigna*  $2n=2x=22$ ) και είναι ένα γένος πρότυπο για τη μελέτη της αρχαίας πολυπλοειδίας (Doyle et al., 2004).

#### 1.4 Η ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΟΓΙΑΣ

Η παγκόσμια παραγωγή σόγιας ανέρχεται περίπου σε 241 εκατομμύρια τόνους (2012) και η καλλιεργούμενη έκταση που καταλαμβάνει είναι 105 εκατομμύρια εκτάρια (Πίνακας 2). Βέβαια στην πλειοψηφία της (95%), η σόγια που παράγεται ανά τον κόσμο προέρχεται από γενετικά τροποποιημένες ποικιλίες. Η πρώτη γενετικά τροποποιημένη σόγια καλλιεργήθηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής το 1996 ([www.gmo-compass.org](http://www.gmo-compass.org)). Περισσότερο από 10 χρόνια μετά, γενετικά τροποποιημένη σόγια με ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα καλλιεργήθηκε σε 9 χώρες, καλύπτοντας πάνω από 60εκ. εκτάρια. Μέχρι το 2012, η παγκόσμια έκταση καλλιέργειας γενετικά τροποποιημένων φυτών, συνέχισε να αυξάνεται με σταθερό ρυθμό της τάξεως του 6% ανά χρόνο, φτάνοντας τα 170,3εκ. εκτάρια (Clive James, 2012) (Εικόνα 1).





**Εικόνα 1:** Παγκόσμια έκταση καλλιέργειας βιοτεχνολογικών καλλιεργειών 1996-2012 (εκ. εκτάρια). Πηγή: *Clive James*, 2012

Το 1996, η έκταση των γενετικά τροποποιημένων καλλιεργειών ήταν 1,7εκ. εκτάρια, ενώ το 2013 έχει φτάσει πλέον τα 175,2εκ. εκτάρια. Η σόγια με αντοχή στα ζιζανιοκτόνα, συνεχίζει να είναι η κύρια γενετικά τροποποιημένη καλλιέργεια το 2012, καταλαμβάνοντας 80,7εκ. εκτάρια, 5.3 περισσότερα από το 2011. Η σόγια καταλαμβάνει 84,5εκ. εκτάρια ή το 79% της παγκόσμιας έκτασης καλλιέργειας, ακολουθεί βαμβάκι (70%), το καλαμπόκι (32%) και η ελαιοκράμβη (24%) ([www.isaaa.org](http://www.isaaa.org), 2013). Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο χάρτη των χωρών που καλλιεργούν γενετικά τροποποιημένα φυτά, η σόγια καταλαμβάνει τη μεγαλύτερη έκταση και καλλιεργείται σε εμπορική κλίμακα στην Αμερική, Αργεντινή, Βραζιλία, Παραγουάη, Καναδά, Ουρουγουάη, Βολιβία, Νότια Αφρική, Μεξικό, Χιλή και Κόστα Ρίκα. Η δεύτερη καλλιέργεια που κυριαρχεί παγκοσμίως είναι αυτή του καλαμποκιού, καταλαμβάνοντας το 23% της παγκόσμιας έκτασης και ακολουθεί το βαμβάκι με 11% της παγκόσμιας έκτασης καλλιέργειας (Clive James, 2012).

Οι 3 κυρίαρχες χώρες που καλλιεργούν σόγια με αντοχή στα ζιζανιοκτόνα είναι οι Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής με 29,5εκ. εκτάρια, η Βραζιλία με 23,9 και η Αργεντινή με 20,2 (Clive, 2012). Το 2012, το 81% (80.7εκ. εκτάρια) από τα συνολικά 100εκ. εκτάρια που καλλιεργήθηκε σόγια, ήταν γενετικά τροποποιημένη. Το 2013, η παγκόσμια έκταση των βιοτεχνολογικών φυτών συνεχίζει να αυξάνεται για 18<sup>η</sup> χρονιά, με σταθερό ρυθμό της τάξεως του 3%, φτάνοντας τα 175.2εκ. εκτάρια (Clive James, 2013). Η Βραζιλία βρίσκεται στη δεύτερη θέση για 5<sup>η</sup> συνεχόμενη χρονιά, μετά την Αμερική στην καλλιέργεια βιοτεχνολογικών καλλιεργειών, αυξάνοντας τις

εκτάσεις καλλιέργειας περισσότερο από οποιαδήποτε άλλη χώρα. Παρατηρήθηκε μια εντυπωσιακή αύξηση της τάξης του 10% από το 2012, στα 40,3εκ. εκτάρια το 2013. Επίσης η σόγια αντιπροσωπεύει το 57% της παγκόσμιας παραγωγής σογιέλαιου ([www.soystats.com](http://www.soystats.com), 2012).

**Πίνακας 2.** Παγκόσμια κατανομή που αφορά τις χώρες παραγωγής, την καλλιεργούμενη έκταση και την απόδοση της σόγιας

Χώρες	Συγκομιζόμενη Έκταση (εκτ.)	Απόδοση (Hg/εκτ.)	Παραγωγή (τόνοι)	Σπόροι (τόνοι)
Αμερική	80501743	25729	207120418	4923458
Βραζιλία	24975258	26366	65848857	1002125
Αργεντινή	17577320	22814	40100197	1039624
Ευρωπαϊκή Ένωση	432856	22199	960881	45517
Παγκόσμια	104997253	23033	241841416	6740412

Πηγή: [www.faostat.fao.org](http://www.faostat.fao.org), 2012

Στην Ευρώπη οι μεγαλύτερες χώρες παραγωγής είναι η Ιταλία, η Ρουμανία, η Γαλλία και η Ουγγαρία, αντιπροσωπεύοντας περισσότερο από το 80% της καλλιεργούμενης έκτασης στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Rudelsheim and Smets, 2012). Λόγω των περιβαλλοντικών συνθηκών που επικρατούν, η καλλιεργούμενη έκταση της σόγιας στην Ευρώπη δεν είναι μεγάλη. Γενικά, καλλιεργείται στην Ουκρανία, Ρωσία, Ιταλία, Ρουμανία, Σερβία, Κροατία και Γαλλία με μικρή παραγωγή. Επίσης, ένα μικρό ποσοστό παράγεται στην Αυστραλία και στην Αφρική (Singh, 2010).

Η αύξηση στο εισόδημα των αγροτών που καλλιεργούν γενετικά τροποποιημένη σόγια με αντοχή στο ευρείας φάσματος ζιζανιοκτόνο glyphosate κατά τη χρονική περίοδο 1996-2012 ήταν 37 δις δολάρια, ενώ μόνο τη χρονιά του 2012 ήταν 4,8 δις δολάρια επιπλέον (Brookes and Barfoot, 2014).

## 1.5 ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Η καλλιεργούμενη σόγια, *Glycine max* (L.) Merr., είναι ένα διπλοειδές ( $2n=40$ ) είδος, ανήκει στην οικογένεια *Leguminosae*, υπό-οικογένεια *Papilionoideae*, tribe *Phaseoleae*, γένος *Glycine* Wild και υπογένος *Soja* (Moench). Είναι ορθόκλαδο, θαμνώδες ετήσιο φυτό, που μπορεί να φτάσει σε ύψος το 1,5 μέτρο. Τα φυτά των περισσότερων ποικιλιών καλύπτονται από τριχίδια (Magness et al., 1971). Εντοπίζονται τρεις τύποι ανάπτυξης στις ποικιλίες της σόγιας: ο καθορισμένος, ο ημικαθορισμένος και ο ακαθόριστος (Bernard and Weiss, 1973). Ο καθορισμένος τύπος ανάπτυξης, χαρακτηρίζεται από τη διακοπή της βλαστικής δραστηριότητας του ακραίου οφθαλμού όταν δημιουργείται η ταξιανθία και στις μασχάλες των φύλλων και στα ακραία άνθη. Αυτός ο τύπος ανάπτυξης έχει συνήθως λιγότερα γόνατα/ φυτό και έχει μικρότερο ύψος κατά την ωρίμανση (Whigham, 1983). Οι γενότυποι με ημικαθορισμένη ανάπτυξη, έχουν αόριστα στελέχη και εμφανίζουν απότομη διακοπή της βλαστικής ανάπτυξης αμέσως μετά την ανθοφορία. Αυτός ο τύπος ανάπτυξης, περιλαμβάνει πολλά χαρακτηριστικά ενδιάμεσα από τον καθορισμένο και τον αόριστο τύπο ανάπτυξης. Ο ακαθόριστος τύπος ανάπτυξης, συνεχίζει τη βλαστική δραστηριότητα καθ' όλη τη διάρκεια της άνθησης. Στην κορυφή των φυτών, η δομή των ανθέων και των φύλλων είναι μικρότερη και οι λοβοί είναι λιγότεροι σε αριθμό, σε σύγκριση με τον καθορισμένο τύπο ανάπτυξης. Γενικά, σε αυτόν τον τύπο ανάπτυξης τα φυτά είναι ψηλότερα, έχουν περισσότερα γόνατα ανά φυτό και τείνουν να πλαγιάζουν περισσότερο, όταν οι συνθήκες ευνοούν την ταχεία βλαστική ανάπτυξη (Whigham, 1983). Οι επιστήμονες, μελετούν τα γονίδια που ελέγχουν τα χαρακτηριστικά των διαφόρων τύπων ανάπτυξης, έτσι ώστε να δημιουργήσουν νέες ποικιλίες με μεγαλύτερο δυναμικό απόδοσης και μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στο πλάγιασμα.

Η σόγια έχει 4 τύπους φύλλων: τις κοτυληδόνες, τα απλά φύλλα, τα σύνθετα φύλλα και τα πρόφυλλα (Τόλης, 1989). Οι κοτυληδόνες, είναι οι αποθήκες των θρεπτικών συστατικών μέχρι την εγκατάσταση του σποροφύτου και τη δημιουργία των πρώτων πραγματικών φύλλων και εμφανίζονται την 3<sup>η</sup>-4<sup>η</sup> ημέρα μετά τη σπορά. Όταν τα θρεπτικά αποθέματα εξαντληθούν, κιτρινίζουν και πέφτουν (Hinson and Hartwig, 1977). Τα πρώτα φύλλα είναι απλά, αντίθετα και ωοειδή και είναι τα πρώτα πραγματικά φύλλα του φυτού, αποτελούνται από ένα φυλλάριο (έλασμα) και ο μίσχος τους φέρει στη βάση του δυο παράφυλλα. Τα σύνθετα φύλλα, είναι τρίφυλλα και εναλλασσόμενα και εκφύονται στο στέλεχος και στις διακλαδώσεις του φυτού, ένα σε

κάθε γόνατο. Τα πρόφυλλα, είναι πολύ μικρά απλά φύλλα που βρίσκονται στη βάση κάθε πλευρικού κλάδου και στο κάτω μέρος του ποδίσκου του άνθους (Hicks, 1978). Στομάτια υπάρχουν και στις δυο επιφάνειες των φύλλων, με την κάτω επιφάνεια να έχει τριπλάσιο αριθμό από την πάνω (Carlson, 1973).

Το ριζικό σύστημα αποτελείται από μια κύρια ρίζα (taproot) από την οποία αναδύονται πλευρικές ρίζες. Το μήκος της κύριας ρίζας φτάνει ως τα 2 μέτρα και οι πλευρικές ρίζες φτάνουν μέχρι 40-75εκ. Το 75% των ριζών βρίσκεται στα πρώτα 30εκ. του εδάφους. Κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου, η ρίζα αυξάνεται ταχύτερα από το βλαστό και το βάθος της είναι σχεδόν διπλάσιο του ύψους του βλαστού, μέχρι την έναρξη της αναπαραγωγικής περιόδου (Mayaki et al., 1976). Οι πλευρικές ρίζες διακρίνονται σε δευτερογενείς, τριτογενείς και ρίζες ανώτερης τάξης. Η επιφάνεια απορρόφησης της ρίζας αυξάνεται με την ανάπτυξη ριζικών τριχιδίων, που αρχικά εμφανίζονται στην άκρη της κύριας ρίζας αμέσως μετά τη βλάστηση. Τα ριζικά τριχίδια συνεχίζουν να αναπτύσσονται και στις νεαρές ρίζες καθώς το ριζικό σύστημα διαπερνά το έδαφος (Hicks, 1978). Το ριζικό σύστημα της σόγιας έχει πολύ καλή ικανότητα διαλυτοποίησης των θρεπτικών συστατικών του εδάφους.

Επίσης, στις ρίζες σχηματίζονται τα φυμάτια που προκαλούνται από το βακτήριο *Rhizobium japonicum*, τα οποία εμφανίζονται κατά τα πρώτα βλαστικά στάδια (συνήθως στο V2) και παραμένουν ενεργά για 6-7 βδομάδες (Whigham, 1983). Η μέγιστη αζωτοδέσμευση συμβαίνει κατά την ανάπτυξη των λοβών ή την έναρξη ανάπτυξης των σπόρων (Brun, 1978). Η βιολογική δέσμευση του αζώτου αντιπροσωπεύει το 50-75% των συνολικών αναγκών της σόγιας, σε άζωτο (Staton, 2011). Το βακτήριο προσκολλάται στις ρίζες και εκεί δημιουργεί αποικίες και χημικό δεσμό σχηματίζοντας τα φυμάτια, τα οποία μετατρέπουν το ατμοσφαιρικό άζωτο ( $N_2$ ) σε αμμωνιακό ( $NH_4^{+}$ ), μια μορφή διαθέσιμη για τα φυτά (Pioneer, 2011).

Τα άνθη, εκφύονται σε ταξιανθίες από τις μασχάλες των φύλλων σε ομάδες των 3-15 ανθέων (Acquaah, 2007). Το χρώμα τους διαφέρει ανάλογα με την ποικιλία (λευκά ή μωβ). Έχουν επίσης τριχίδια καστανόξανθα ή γκρι χρωματισμού. Αποτελούνται από ένα σωληνωτό κάλυκα, με 5 λοβοειδή σέπαλα, μια στεφάνη με 5 πέταλα, έναν ύπερο και 10 στήμονες. Οι 9 στήμονες είναι ενωμένοι σχηματίζοντας ένα δακτύλιο στη βάση του στίγματος και επιμηκύνονται μια ημέρα πριν από τη γονιμοποίηση και ο ένας στήμονας παραμένει ελεύθερος. Ο αριθμός των ανθέων σε κάθε μασχάλη, επηρεάζεται από τη θέση της επάνω στο φυτό και από διάφορους κλιματολογικούς παράγοντες όπως τη θερμοκρασία και την υγρασία (Παπακώστα, 2005). Μόνο το 20-

40% των ανθέων δίνει λοβούς (Egli and Crafts-Brandner, 1996). Το φαινόμενο αυτό της πτώσης των ανθέων και μετέπειτα των νεαρών λοβών, ακόμη και κάτω από ευνοϊκές συνθήκες, δεν είναι πλήρως γνωστό. Το μεγαλύτερο ποσοστό απορρίπτεται κατά τα αρχικά στάδια ανάπτυξης του εμβρύου και πιθανόν αυτό να οφείλεται σε παράγοντες στρες όπως η μεγάλης διάρκειας φωτοπερίοδος, οι αυξημένες θερμοκρασίες ή οι χαμηλές θερμοκρασίες πριν την άνθηση κλπ. (Whigham, 1983).

Το άνθος είναι κλειστόγαμο, με την αυτογονιμοποίηση να συμβαίνει λίγο πριν ή λίγο μετά το άνοιγμα του άνθους. Η αποβολή της γύρης, εξαρτάται κυρίως από τη θερμοκρασία. Υπό θερμές συνθήκες (πάνω από 30° C), η γύρη ελευθερώνεται πριν τις 7-9 το πρωί. Η διάνοιξη του ανθήρα σε μέτριες θερμοκρασίες, ξεκινά αργά το πρωί και συνεχίζεται όλη την υπόλοιπη ημέρα. Οι ψυχρές θερμοκρασίες, μειώνουν την απελευθέρωση της γύρης και συχνά προκαλούν πρόωμη αυτεπικονίαση των ανθέων (Acquaah, 2007). Το στίγμα του άνθους της σόγιας, είναι υποδεκτικό στη γύρη περίπου 24 ώρες πριν από την άνθηση και παραμένει υποδεκτικό 48 ώρες μετά την άνθηση. Οι ανθήρες ωριμάζουν μέσα στο άνθος και άμεσα γονιμοποιούν το στίγμα του ίδιου άνθους. Έτσι, η σόγια παρουσιάζει υψηλό ποσοστό αυτογονιμοποίησης και η σταυρογονιμοποίηση είναι συνήθως μικρότερη από 1% (Caviness, 1966).

Ο λοβός είναι ευθύς ή ελαφρώς κυρτωμένος, το μήκος του κυμαίνεται από 2-7εκ. και αποτελείται από δυο καρπόφυλλα, τα οποία ενώνονται μεταξύ τους (Carlson and Lersten, 1987). Αποκτά το μέγιστο μήκος του περίπου 20-25 ημέρες μετά την άνθηση και ο αριθμός των λοβών σε μια απλή ταξιανθία κυμαίνεται από 2-20 και σε όλο το φυτό έως 400 λοβούς (Τόλης, 1989). Ο αριθμός των λοβών ανά φυτό, καθορίζεται κατά το αρχικό στάδιο ανάπτυξης των λοβών και αυτό το στάδιο χαρακτηρίζεται από τη διαίρεση των κυττάρων στα νεαρά ωάρια και την ταχεία έκπτυξη των λοβών (Liu et al., 2004). Οι λοβοί συνήθως περιέχουν 2-4 σπόρους (Magness et al., 1971), το σχήμα του σπόρου είναι κυρίως στρόγγυλο, αλλά μπορεί να διαφέρει ανάλογα την ποικιλία από σφαιρικό έως πεπλατυσμένο και καθώς ωριμάζει εμφανίζεται απώλεια της υγρασίας. Ο γενότυπος και το περιβάλλον επηρεάζουν το τελικό μέγεθος των σπόρων (Whigham, 1983).

Οι σπόροι φτάνουν στην φυσιολογική ωρίμανση περίπου σε 65-75 ημέρες από τη γονιμοποίηση και περιέχουν 55% υγρασία (Delouche, 1974). Μέσα σε 1-2 εβδομάδες όπου σταματά και η συσσώρευση ξηράς ουσίας, το ποσοστό υγρασίας μειώνεται στο 10-15% (Scott and Aldrich, 1970). Το καταλληλότερο ποσοστό υγρασίας των σπόρων

για τη συγκομιδή της σόγιας είναι 12-14% και παρατηρείται όταν όλα τα φύλλα του φυτού κιτρινίσουν και τα μισά πέσουν.

### **1.5.1 Περιβαλλοντικές απαιτήσεις**

Η σόγια αναπτύσσεται ικανοποιητικά στους 15-32° C. Για την ταχύτερη ανάπτυξή της, χρειάζεται ελαφρώς υψηλότερες θερμοκρασίες. Η καλλιέργεια δεν αναπτύσσεται ικανοποιητικά, αν η θερμοκρασία πέσει κάτω από τους 10° C, όπως επίσης και αν ανέβει πάνω από 40° C, όπου αναστέλλεται η ανάπτυξη των φυτών, η άνθηση, ο σχηματισμός των σπόρων ακόμη και η ποιότητά τους. Έχει αναφερθεί, ότι οι χαμηλές θερμοκρασίες μειώνουν την περιεκτικότητα του σπόρου σε λάδι. Η καλλιέργεια της σόγιας, απαιτεί ετήσια βροχόπτωση 60-65εκ.

Η άρδευση είναι αναγκαία αν η βροχόπτωση είναι μειωμένη, ωστόσο, η υπερβολική βροχόπτωση μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα, διότι η υψηλή υγρασία κατά το στάδιο της βλάστησης προκαλεί το σάπισμα των σπόρων και των σποροφύτων και σε μεταγενέστερο στάδιο ανάπτυξης, η περίσσεια νερού προκαλεί αναερόβιες συνθήκες, μειωμένη ανάπτυξη του ριζικού συστήματος και μειωμένες αποδόσεις. Αν επικρατεί ξηρασία κατά το στάδιο της άνθησης ή ακριβώς πριν από αυτό, αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αποκοπή των ανθέων και των λοβών, ενώ οι βροχοπτώσεις κατά το στάδιο της ωριμότητας επηρεάζουν την ποιότητα των σπόρων της σόγιας. Ειδικότερα προς το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου, είναι απαραίτητη η άρδευση κατά το στάδιο γεμίσματος των σπόρων, για να επιτευχθούν υψηλά επίπεδα περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη. Η σόγια απαιτεί το περισσότερο νερό (0,5-0,8 εκ./ημέρα) κατά το στάδιο γεμίσματος των σπόρων (Hinson and Hartwig, 1977). Το πιο κρίσιμο στάδιο υδατικού στρες στη σόγια, έχει αναφερθεί ότι είναι κατά το στάδιο της άνθησης και της περιόδου που ακολουθεί μετά την άνθηση (Meckel et al., 1984).

Η σόγια θεωρείται φυτό μικρής φωτοπερίόδου και έτσι η άνθιση πραγματοποιείται ταχύτερα κατά της μικρής διάρκειας ημέρες (Garner and Allard, 1920). Ωστόσο, υπάρχουν κάποιοι γενότυποι σόγιας, που μπορούν να αναπτυχθούν και σε μεγαλύτερης διάρκειας ημέρες. Αυτές οι διαφορές προκαλούν το ενδιαφέρον στον τομέα της βελτίωσης, διότι εμφανίζεται ένα ευρύ φάσμα προσαρμογής και ελαστικότητας των φυτών ανάλογα το μήκος της ημέρας (Hinson, 1989). Σαν αποτέλεσμα, ο φωτοπεριοδισμός και οι θερμοκρασίες που επικρατούν, είναι δυο κύριοι παράγοντες για τον προσδιορισμό της περιοχής καλλιέργειας. Ο χρόνος που

απαιτείται ως την άνθηση της καλλιέργειας και συνεπώς το δυναμικό της απόδοσης ανά φυτό, διαφέρει ανάλογα το γεωγραφικό πλάτος, την ημερομηνία σποράς και την ωριμότητα της κάθε ποικιλίας, λόγω της διαφορετικής ανταπόκρισης των φυτών στην φωτοπερίοδο και στη θερμοκρασία (Lawn and James, 2013). Γι' αυτό και οι ποικιλίες έχουν διαχωριστεί σε ομάδες ωριμότητας, ανάλογα με τις ημέρες που απαιτούνται μέχρι τη συγκομιδή (OECD, 2006).

Οι ποικιλίες προσδιορίζονται σύμφωνα με τις ζώνες προσαρμογής, από τα ανατολικά προς τα δυτικά, που καθορίζονται από το γεωγραφικό πλάτος και τη διάρκεια της ημέρας. Υπάρχουν 13 ομάδες ωριμότητας (MG) από MG 000 στο βορρά (45° γεωγραφικό πλάτος) έως MG X κοντά στον Ισημερινό. Ανάλογα την κάθε ομάδα ωριμότητας, οι ποικιλίες χαρακτηρίζονται ως πρώιμες, μεσο-πρώιμες και όψιμες. Οι ποικιλίες κοντά στο MG 000, προσαρμόζονται σε μεγαλύτερη φωτοπερίοδο (μεγάλο γεωγραφικό πλάτος), ενώ ποικιλίες κοντά στο MG X προσαρμόζονται σε μικρότερη φωτοπερίοδο (ζώνη ισημερινού) (Beversdorf, 1993). Συνεπώς, η καθυστέρηση της ανθοφορίας και η αποτυχία της ωρίμανσης του σπόρου, οφείλεται στο γεγονός ότι μια ποικιλία μεγάλου MG, αναπτύσσεται σε μεγάλο γεωγραφικό πλάτος. Αντίστροφα, η ταχεία άνθηση και η πρώιμη ωρίμανση με χαμηλή απόδοση σε σπόρο, συμβαίνει όταν ποικιλίες χαμηλού MG, αναπτύσσονται σε τροπικές ή υποτροπικές ζώνες (Beversdorf, 1993). Η φωτοπερίοδος επηρεάζει τη διάρκεια του βλαστικού σταδίου της σόγια και συνεπώς την απόδοση, σε διάφορα γεωγραφικά πλάτη. Έχουν αναφερθεί κάποια γονίδια που σχετίζονται με την ωρίμανση και επηρεάζουν την άνθηση, όταν η διάρκεια της ημέρας είναι μεγαλύτερη. Από αυτά, το E<sub>3</sub> locus, έχει την πιο σημαντική επίδραση στην άνθηση όταν η διάρκεια της ημέρας είναι μεγάλη (Acquaah, 2007). Ποικιλίες προσαρμοσμένες σε μικρό μήκος ημέρας, είναι λιγότερο ευαίσθητες στην επίδραση των θερμοκρασιών, σε σύγκριση με αυτές που καλλιεργούνται σε εύκρατο περιβάλλον (Whigham and Minor, 1978).

Η βλάστηση του σπόρου πραγματοποιείται όταν η θερμοκρασία του εδάφους ανέβει στους 10° C και το σπορόφυτο κάνει την εμφάνισή του 5-7 ημέρες, όταν οι συνθήκες είναι ευνοϊκές. Η ελάχιστη θερμοκρασία για τη βλάστηση των σπόρων είναι 6-7° C, όταν όμως η θερμοκρασία του εδάφους υπερβεί τους 42° C η βλάστηση των σπόρων αναστέλλεται (Whigham and Minor, 1978). Μετά τη βλάστηση, τα σπορόφυτα μπορούν να αντέξουν ως τους -3° C, για μικρό χρονικό διάστημα. Η άριστη θερμοκρασία για τη βλάστηση των σπόρων κυμαίνεται από 18-20° C. Σε περιοχές όπου θα εγκατασταθεί η σόγια για πρώτη φορά, είναι απαραίτητος ο εμβολιασμός με

το βακτήριο *Rhizobium japonicum*, για την αποτελεσματικότερη ανάπτυξη των φυματίων στο ριζικό σύστημα (Jordan, 1982). Αυτή η μέθοδος είναι σχετικά ακριβή, αλλά εξασφαλίζει τη διαθεσιμότητα των βακτηρίων στο έδαφος (Shibles et al., 1975). Η σόγια μπορεί να καλλιεργηθεί στους περισσότερους τύπους εδαφών και σε συστήματα αμειψισποράς. Καλά στραγγιζόμενα, γόνιμα, πηλώδη εδάφη πλούσια σε οργανική ύλη είναι ιδανικά για την καλλιέργειά της. Το καλύτερο pH του εδάφους είναι από 6-6,8 για τον επιτυχή εμβολιασμό και την σωστή ανάπτυξη του φυτού (Tanner and Hume, 1978). Η σόγια δεν αποδίδει ικανοποιητικά σε όξινα εδάφη και γι' αυτό ίσως να κρίνεται αναγκαία η προσθήκη ασβεστόλιθου. Με την ασβέστωση, μειώνεται η συγκέντρωση των τοξικών στοιχείων (H, Al, Mn), αυξάνεται η διαθεσιμότητα των Ca, Mg, Mo και βελτιώνεται ο εμβολιασμός με τα ριζοβακτήρια (Mengel et al., 1987).

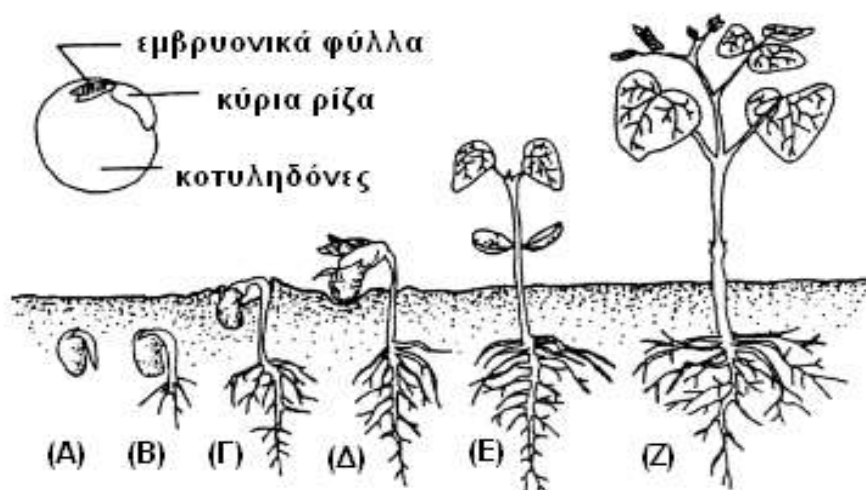
Η σόγια μπορεί να ενταχθεί σε συστήματα αμειψισποράς και μπορεί να εναλλαχθεί με καλλιέργειες όπως το καλαμπόκι, σιτάρι, βαμβάκι, σακχαρότευτλα και σιτηρά (Κατράνης, 1989). Παρόλο που μπορεί να καλλιεργηθεί στο ίδιο χωράφι και συνεχόμενα για πολλά χρόνια χωρίς μεγάλη μείωση της παραγωγής (Pendleton and Hartwig, 1973). Σε σύστημα αμειψισποράς η σόγια παράγει περισσότερο και επωφελούνται και οι καλλιέργειες με τις οποίες εναλλάσσεται (Johnson, 1987). Η φυτική μάζα που απομένει μετά τη συγκομιδή στο χωράφι, εμπλουτίζει το έδαφος με οργανική ουσία, βελτιώνει τις φυσικές του ιδιότητες, χαλαρώνει τη συνοχή του εδάφους και έτσι γίνεται ευκολότερη η κατεργασία για τις επόμενες καλλιέργειες.

Επίσης, η σόγια μπορεί να καλλιεργηθεί και ως επίσπορη καλλιέργεια, μετά τη συγκομιδή των χειμερινών σιτηρών. Η επιτυχία της καλλιέργειας εξαρτάται από το πόσο νωρίς θα πραγματοποιηθεί ο θεριζοαλωνισμός του σιταριού και πόσο σύντομα μετά θα σπαρθεί η σόγια. Στην επίσπορη καλλιέργεια προτιμώνται γραμμές σποράς με μικρότερο πλάτος καθώς και μεγαλύτερος αριθμός φυτών/ μέτρο επί των γραμμών, γιατί τα φυτά αποκτούν μικρότερο ύψος (Κατράνης, 1989). Κατά τη σπορά, το έδαφος θα πρέπει να έχει ποτιστεί προηγουμένως, γιατί αν επικρατούν δυσμενής συνθήκες τα ριζοβακτήρια δεν θα επιζήσουν για πολλές ώρες στο έδαφος.



### 1.5.2 Αύξηση και ανάπτυξη

Η βλάστηση της σόγιας είναι επίγεια και με τις κατάλληλες περιβαλλοντικές συνθήκες (υγρασία, θερμοκρασία και βάθος σποράς), τα σπορόφυτα εμφανίζονται 4-5 ημέρες μετά τη σπορά (Whigham, 1983). Στην επίγεια βλάστηση, η υποκοτύλη είναι ενεργή και ωθεί τις κοτυληδόνες πάνω από το έδαφος κατά την ανάπτυξή της (Nelson and Larson, 1984) (Εικόνα 2).



**Εικόνα 2:** Βλάστηση και ανάπτυξη σποροφύτου σόγιας. (Α) Εμφάνιση ριζιδίου για σχηματισμό κύριας ρίζας, (Β) Ανάπτυξη δευτερευόντων ριζών, (Γ) Επιμήκυνση της ενεργής υποκοτύλης και έκπτυξη στην επιφάνεια του εδάφους, (Δ) το σπορόφυτο σε όρθια θέση και ακολούθως (Ε) με τις κοτυληδόνες να συνδέονται με τον πρώτο κόμβο, (Ζ) καλοανεπτυγμένο και αυτότροφο σπορόφυτο. Πηγή: Nelson and Larson (1984)

Η ανάπτυξη της σόγιας διαχωρίζεται σε δυο στάδια, το βλαστικό και το αναπαραγωγικό (Fehr and Caviness, 1977) (Πίνακας 3). Τα φυτά είναι ευαίσθητα στη φωτοπερίοδο και συνεπώς, η μετάβαση από το βλαστικό στο αναπαραγωγικό στάδιο εξαρτάται από το μήκος της ημέρας. Η φωτοπερίοδος και η θερμοκρασία ελέγχουν τη διάρκεια των σταδίων πριν και μετά την άνθηση. Μεγάλη φωτοπερίοδος, καθυστερεί την έναρξη της άνθησης και επιβραδύνει το ρυθμό ανάπτυξης του ανθικών καταβολών (Kantolic and Slafer, 2007). Η άριστη ημερομηνία σποράς ανάλογα την ποικιλία και την περιοχή καλλιέργειας, είναι πολύ σημαντική για τη σωστή ανάπτυξη των φυτών και την αυξημένη απόδοση σε σπόρο. Αν η σπορά καθυστερήσει λίγες εβδομάδες, το μήκος του στελέχους και η συσσώρευση της ξηράς ουσίας του φυτού στο στάδιο ανάπτυξης R1, είναι πιθανό να μειωθούν στο μισό. Επίσης, πολύ

σημαντικό είναι η άριστη πυκνότητα φύτευσης, όταν η βλάστηση των σπόρων δεν είναι ικανοποιητική, η πυκνότητα φύτευσης πρέπει να αυξηθεί (Fehr et al., 1971).

Οι σπόροι σόγιας βλαστάνουν λίγες μέρες μετά την σπορά και η εμφάνιση των σποροφύτων γίνεται περίπου 7-10 μέρες μετά (PE), όταν η εδαφική υγρασία και η θερμοκρασία είναι άριστες. Μετά την ανάπτυξη των κοτυληδόνων, κάνουν την εμφάνισή τους τα πρώτα φύλλα (VC). Κατά τη διάρκεια αυτού του σταδίου, τα θρεπτικά αποθέματα στις κοτυληδόνες συμβάλλουν στη θρέψη του φυτού, για την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος και των βλαστών. Έπειτα, κάνουν την εμφάνισή τους τα τρίφυλλα φύλλα (V1, V2, Vn). Το βλαστικό στάδιο, ξεκινά από την εμφάνιση των σποροφύτων στον αγρό έως το στάδιο R5, όπου αναπτύσσονται οι βλαστοί και το ριζικό σύστημα (Egli and Leggett, 1973).

Το αναπαραγωγικό στάδιο ξεκινά από την έναρξη της άνθησης (R1). Η σόγια είναι φυτό μικρής φωτοπεριόδου και ανθίζει όταν η διάρκεια της ημέρας μικραίνει περισσότερο από 14 ώρες, παρόλο που αυτό εξαρτάται από την ποικιλία και την ημερομηνία σποράς. Η περίοδος της άνθησης μπορεί να διαρκέσει 3-5 βδομάδες (Carlson and Lersten, 1987), και η πλήρης άνθηση περιγράφεται στο R2 στάδιο. Η εμφάνιση των λοβών ξεκινά (R3) περίπου ένα μήνα μετά το R1 στάδιο. Ένα μήνα μετά το R5 στάδιο, το φυτό της σόγιας αρχίζει να ωριμάζει (R7 στάδιο). Ο σπόρος ξεκινά να μεγαθύνεται (R5 στάδιο) και γεμίζει πλήρως στο R6 στάδιο (Board and Tan, 1995). Δύο ή τρεις εβδομάδες μετά το R7 στάδιο, το φυτό ξηραίνεται και είναι έτοιμο για συγκομιδή (R8 στάδιο). Η βλαστική ανάπτυξη συνεχίζεται και μετά το R1 στάδιο και στον καθορισμένο και ημι-καθορισμένο τύπο ανάπτυξης. Η βλαστική ανάπτυξη των στελεχών και του φυλλώματος συνεχίζεται μέχρι το R5 στάδιο.

Από την κύρια ρίζα, αναπτύσσονται οι δευτερεύουσες ρίζες. Τα πρώτα ριζικά φυμάτια σχηματίζονται στο βασικό τμήμα της κύριας ρίζας και γίνονται ορατά περίπου 10 ημέρες μετά τη σπορά. Ξεκινούν να δεσμεύουν το άζωτο ( $N_2$ ) περίπου 15-20 μέρες μετά τη σπορά, όταν η διάμετρός τους φτάσει περίπου τα 2mm (Sato et al., 2001). Στα επόμενα στάδια, τα φυμάτια που σχηματίστηκαν στο βασικό τμήμα της πρωτογενούς ρίζας υποβαθμίζονται και ένας μεγαλύτερος αριθμός νέων φυματίων αναπτύσσεται από τις πλευρικές ρίζες κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, οι οποίες παίζουν σημαντικό ρόλο στον ανεφοδιασμό του φυτού με άζωτο, κατά το στάδιο γεμίσματος των λοβών.

**Πίνακας 3:** Στάδια ανάπτυξης σόγιας

<b>Βλαστικά στάδια ανάπτυξης</b>		
<b>VE</b>	Βλάστηση	Εμφάνιση νεαρών σποροφύτων με τις κοτυληδόνες
<b>VC</b>	Κοτυληδόνες	Πλήρης ανάπτυξη κοτυληδόνων
<b>V1</b>	Πρώτο γόνατο (node)	Εμφάνιση πρώτου γονάτου και πλήρης ανάπτυξη πρώτων φύλλων
<b>V2</b>	Δύο γόνατα	2 γόνατα στο κύριο στέλεχος με πλήρως ανεπτυγμένα φύλλα
<b>Vn</b>		Τα βλαστικά στάδια συνεχίζονται (Vn) μέχρι εμφάνιση πρώτου άνθους
<b>Αναπαραγωγικά στάδια ανάπτυξης</b>		
<b>R1</b>	Έναρξη άνθησης	Εμφάνιση τουλάχιστον ενός άνθους στο κύριο στέλεχος
<b>R2</b>	Πλήρης άνθηση	Άνθη και στα δύο τελευταία γόνατα του κύριου στελέχους
<b>R3</b>	Έναρξη σχηματισμού λοβών	Μήκος λοβών περίπου 4,8mm
<b>R4</b>	Πλήρης ανάπτυξη λοβών	Μήκος λοβών περίπου 19mm
<b>R5</b>	Έναρξη σχηματισμού σπόρων	3,2mm μήκος
<b>R6</b>	Πλήρης γέμισμα σπόρων	Λοβοί έχουν γεμίσει με σπόρους
<b>R7</b>	Έναρξη ωρίμανσης	Εμφάνιση τουλάχιστον ενός ώριμου λοβού στο κύριο στέλεχος
<b>R8</b>	Πλήρης ωρίμανση	95% των λοβών έχουν χρώμα καφέ

Πηγή: Fehr et al., 1971; [www.fao.org](http://www.fao.org)

Μετά τη γονιμοποίηση του άνθους, οι λοβοί αναπτύσσονται αργά τις πρώτες μέρες και σταδιακά αυξάνεται ο ρυθμός ανάπτυξής τους, μέχρι οι λοβοί να φτάσουν το μέγιστο μήκος τους, 15-20 ημέρες μετά (Whigham, 1983). Η συγκομιδή πραγματοποιείται (R8) όταν τουλάχιστον το 70% των λοβών έχουν εμφανίσει έναν καφέ χρωματισμό (14-16% υγρασία) και έχουν πέσει τα φύλλα.

Κατά την ωρίμανση της σόγιας διακρίνονται δυο στάδια: η φυσιολογική ωρίμανση και η πλήρης ωρίμανση (Κατράνης, 1989). Στην φυσιολογική ωρίμανση, όλοι οι λοβοί έχουν κίτρινο χρωματισμό και τουλάχιστον ένας λοβός στο κύριο στέλεχος του φυτού έχει καφέ χρωματισμό. Σε αυτό το στάδιο η υγρασία των σπόρων κυμαίνεται γύρω στο 50%. Ακολουθεί η πλήρης ωρίμανση, όπου πραγματοποιείται περίπου 10-15 ημέρες αργότερα, ανάλογα με την πρωιμότητα της ποικιλίας και τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν. Στην πλήρη ωρίμανση, οι σπόροι στους λοβούς έχουν λιγότερο από 16% υγρασία, είναι στρογγυλοί και έχουν σκληρύνει. Η συγκομιδή πρέπει να γίνεται χωρίς καθυστέρηση, γιατί υπάρχει ο κίνδυνος απωλειών (ποιοτικών και ποσοτικών) λόγω των καιρικών συνθηκών, οι οποίες επηρεάζουν τόσο την ωρίμανση όσο και τη συγκομιδή. Γενικότερα, κρύες και ξηρικές συνθήκες ευνοούν την καλή ποιότητα του σπόρου, ενώ ζεστός και υγρός καιρός, με συχνές βροχές, συντελεί στη χαμηλή ποιότητα και στην κακή εμφάνιση του σπόρου (Cartter and Hartwig, 1963). Το τίναγμα των λοβών και σπόρων στη σόγια, είναι ένα σημαντικό εμπόδιο και μειονέκτημα των ποικιλιών, το οποίο προκαλεί απώλειες στην παραγωγή κυρίως σε τροπικές και υπό-τροπικές περιοχές. Σημαντικός παράγοντας στη συγκομιδή, αποτελεί το ποσοστό υγρασίας που περιέχει ο σπόρος. Εάν καθυστερήσει η συγκομιδή, ο σπόρος θα υπέρ-ωριμάσει και εάν οι συνθήκες που επικρατούν είναι πολύ ξηρές, θα υπάρξει μεγάλη απώλεια σπόρων.

Η ώριμη σόγια πρέπει να συγκομίζεται όταν οι σπόροι είναι στο στάδιο «hard-dough». Για τη σωστή αποθήκευση και βιωσιμότητα των σπόρων, η σόγια πρέπει να έχει περιεχόμενη υγρασία περίπου 12-13% ([www.fao.org](http://www.fao.org)). Πιο στεγνοί σπόροι (λιγότερο από 12%) αυξάνουν τις πιθανότητες ραγίσματος του περιβλήματος των σπόρων και του διαχωρισμού τους. Επίσης, μπορεί να γίνει η συγκομιδή με υψηλή περιεχόμενη υγρασία του σπόρου (17-18%), η οποία όμως απαιτεί έπειτα την ξήρανσή τους σε ξηραντήριο, γιατί κατά την αποθήκευσή τους η υγρασία πρέπει να είναι κάτω από 14% (Acquaah, 2007).



**Εικόνα 3.** Στάδια ανάπτυξης σόγιας. Πηγή: North Central Soybean Research Program

## 1.6 Η ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΤΗΣ ΣΟΓΙΑΣ

### 1.6.1 Αλληλούχιση γονιδιώματος σόγιας

Μετά από χρωμοσωμική ανάλυση ενός διειδικού F1 υβριδίου μεταξύ της σόγιας (*G. max*) και της *G. soja*, δημιουργήθηκε ο πρώτος χρωμοσωμικός χάρτης της σόγιας (Singh and Hymowitz, 1988). Αυτό το πρωτοποριακό γεγονός, έθεσε τα θεμέλια για την παραγωγή των πρωταρχικών τρισωμικών (Xu et al., 2000), που βοήθησαν στη συσχέτιση κλασσικών και μοριακών χαρτών σύνδεσης με συγκεκριμένα χρωμοσώματα, προκειμένου να δημιουργηθεί ένας γενικός χάρτης για το φυτό της σόγιας (Singh et al., 2001).

Ο πρώτος γενετικός χάρτης σύνδεσης μοριακών δεικτών, περιείχε 26 γενετικές ομάδες σύνδεσης, από ένα σύνολο 150 RFLP δεικτών και βασίστηκε σε πληθυσμό F2 γενεάς που προήλθε από τη διειδική διασταύρωση *G. max* x *G. soja* (Keim et al., 1990). Αργότερα, δημιουργήθηκε ένας γενετικός χάρτης αποτελούμενος από 31 ομάδες σύνδεσης, χρησιμοποιώντας 132 RFLP, ισοένζυμα και μορφολογικούς δείκτες (Lark et al., 1993). Ακολούθως, έγινε χαρτογράφηση με 110 RFLP και 8 RAPD's δείκτες, 7 χρωστικούς δείκτες, 6 μορφολογικούς και 7 δείκτες ισοενζύμων, σε έναν F2 πληθυσμό, προερχόμενο από ισογονιδιακές σειρές δυο σημαντικών ποικιλιών σόγιας, της «Clark» και της «Harosoy» (Soemaker and Specht, 1995). Οι Song et al. (2004), χρησιμοποίησαν 420 SSR δείκτες και έφτιαξαν 20 ομάδες

σύνδεσης, παρέχοντας σημαντικές πληροφορίες για μελλοντικές μελέτες χαρτογράφησης της σόγιας. Δημιουργήθηκε ένας φυσικός χάρτης για την ποικιλία «Forrest», από 78,001 BAC και BIBAC, αντιπροσωπεύοντας 9,6 απλοειδή γονιδιώματα (Wu et al., 2004). Η δημιουργία ενός γενωμικού φυσικού χάρτη στη σόγια είναι δύσκολη, γιατί είναι διπλοειδές είδος προερχόμενο από τετραπλοειδές πρόγονο (ο τελευταίος αναδιπλασιασμός έγινε 8εκ. χρόνια πριν) και έχει μέσο όρο 2,55 διπλασιασμένα επαναλαμβανόμενα τμήματα DNA που φέρουν τουλάχιστον 6 αντίγραφα των ιδίων γονιδίων (Shoemaker et al., 1996).

Οι προσπάθειες για την αλληλούχιση ολόκληρου του γονιδιώματος της σόγιας, ξεκίνησαν το 2006 και ολοκληρώθηκαν το 2008 (Soybean Genome Project, [www.phytozome.net](http://www.phytozome.net)). Το 2010, δημοσιεύτηκε στο επιστημονικό περιοδικό Nature η αλληλούχιση του γονιδιώματος της *G. max* var. Williams 82 (1.1Gb) από μια συνολική προσέγγιση ολόκληρου του γονιδιώματος και συνδυάστηκε με το σχεδιασμό φυσικών και υψηλής πυκνότητας γενετικών χαρτών, για τη δημιουργία ενός σχεδίου χρωμοσωμικής σύνδεσης των αλληλουχιών (Schmutz et al., 2010). Οι γενετιστές, επέλεξαν αυτή την ποικιλία ως αντιπροσωπευτική για τη μελέτη του γονιδιώματος της σόγιας. Βρέθηκαν 46,430 γονίδια που κωδικοποιούν πρωτεΐνες, 70% περισσότερα από το *Arabidopsis* και παρόμοια με το γονιδίωμα της Λεύκης, το οποίο όπως και η σόγια είναι αρχαίο πολυπλοειδές είδος (paleopolyploid) (Schmutz et al., 2010).

Το γονιδίωμα της σόγιας, είναι ένα μερικώς διπλοειδισμένο τετραπλοειδές, προέρχεται από ένα διπλοειδή πρόγονο ( $n=11$ ), που υπέστη ανευπλοειδία σε ένα χρωμόσωμα ( $n=10$ ) και ακολούθως πολυπλοειδισμό ( $2n=20$ ) και διπλοειδισμό ( $n=20$ ) (Singh and Hymowitz, 1988). Ο αναδιπλασιασμός του γονιδιώματος έχει συμβεί 59 και 13εκ. χρόνια πριν, με αποτέλεσμα έναν αναδιπλασιασμό με σχεδόν 75% των γονιδίων να υπάρχουν σε πολλά αντίγραφα. Τα δυο αυτά γεγονότα αναδιπλασιασμού, προκάλεσαν τη διαφοροποίηση και απώλεια των γονιδίων και χρωμοσωμικές αναδιατάξεις. Η ακριβής αλληλούχιση του γονιδιώματος της σόγιας, θα διευκολύνει τον προσδιορισμό της γενετικής βάσης πολλών χαρακτηριστικών του φυτού και θα βοηθήσει στη δημιουργία νέων βελτιωμένων ποικιλιών (Schmutz et al., 2010).

Τα ψυχανθή αποτελούν ένα σημαντικό μέρος της γεωργίας παγκοσμίως, καθώς δεσμεύουν το ατμοσφαιρικό άζωτο. Η σόγια, είναι η σημαντικότερη καλλιέργεια για ζωοτροφή και ανθρώπινη κατανάλωση. Αλληλουχήθηκε ολόκληρο το γονιδίωμά της, που αποτελείται από 950Mb, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 85% του

προβλεπόμενου γονιδιώματος (1,1-1,115 Gb) (Arumuganathan and Earle, 1991). Το γονιδίωμα της σόγιας είναι το μεγαλύτερο που αλληλουχήθηκε μέχρι στιγμής και μπορεί να συγκριθεί με όλα τα υπόλοιπα που έχουν βρεθεί. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό, είναι ότι το 57% της γονιδιωματικής αλληλουχίας εμφανίζεται σε επανάληψη, σε χαμηλού ανασυνδυασμού ετεροχρωματικές περιοχές γύρω από τα κεντρομερή. Η μέση αναλογία γενετικών-φυσικών αποστάσεων είναι 1cM ανά 197kb στις ευχρωματικές περιοχές και 1cM ανά 3,5kb στις ετεροχρωματικές. Αυτές οι αναλογίες είναι παρόμοιες με του σόργου, όπου το 62% της αλληλουχίας είναι ετεροχρωματικές και διαφορετικές από του ρυζιού που είναι στο 15% (Paterson et al., 2009). Η οριοθέτηση των γονιδίων που ρυθμίζουν τα βήματα στο μεταβολισμό της βιοσύνθεσης του triacylglycerol, θα συμβάλλει στις προσπάθειες που γίνονται για την τροποποίηση της σύνθεσης ή της περιεκτικότητας των σπόρων της σόγιας σε λάδι.

Επειδή οι σπόροι της σόγιας είναι το πιο σημαντικό παραγόμενο προϊόν της καλλιέργειας, είναι σημαντικό να μελετηθούν οι βιολογικές διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα κατά το στάδιο σχηματισμού του σπόρου. Έτσι, οι έρευνες έχουν οδηγηθεί σε μεταγραφικό επίπεδο, όπου γίνεται η μεταγραφή γονιδίων κατά την εμβρυογένεση (Tung Pham, 2011). Δημιουργήθηκε το πρόγραμμα National Science Foundation (NSF), για την κατανόηση όλων των γονιδίων που λειτουργούν κατά τη δημιουργία του σπόρου. Εντοπίστηκε το προφίλ του mRNA σε διάφορες περιοχές του σπόρου κατά το στάδιο ανάπτυξής του, χρησιμοποιώντας διάφορες τεχνολογίες μικροσυστοιχειών για τη μελέτη της έκφρασης των γονιδίων όπως, Soybean και Arabidopsis Affymetrix GeneChips, Laser Capture Microdissection (LCM) και υψηλής απόδοσης τεχνολογίες αλληλούχισης. Πλέον, έχει βρεθεί το προφίλ mRNA όλων των γονιδίων σε 71 περιοχές του σπόρου της σόγιας και του Arabidopsis, από το σφαιρικό στάδιο του εμβρύου έως το στάδιο ωρίμανσης του σπόρου (<http://seedgenenetwork.net/project>). Το GeneChip® Soybean Genome Array, διατίθεται στο εμπόριο για τη μελέτη της έκφρασης των γονιδίων και περιέχει 37,500 μεταγραφές της *Glycine max* (Boerma et al., 2010).

Υπάρχουν πολλές βάσεις δεδομένων που δίνουν πληροφορίες σε μεταγραφικό επίπεδο σε διαφορετικές βιολογικές διαδικασίες. Η μεγαλύτερη είναι η SoyBase ([www.soybase.org](http://www.soybase.org)), μια γονιδιωματική βάση δεδομένων που υποστηρίζεται από το US Department of Agriculture-ARS και αποτελείται από τους πιο πρόσφατους γενετικούς, φυσικούς και γονιδιωματικούς χάρτες αλληλουχιών που περιέχουν ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά (Grant et al., 2010). Η Soybean Genome

Database (SoyGD), περιλαμβάνει δεδομένα φυσικής χαρτογράφησης, BAC (bacterial artificial chromosome) και γενετικούς χάρτες που συνδέονται με γονιδιωματικά δεδομένα (Shultz et al., 2006). Η Soybean Functional Genomics Database (<http://bioinformatics.cau.edu.cn/SFGD/>), είναι μια ολοκληρωμένη βάση δεδομένων που ενσωματώνει πληροφορίες του γονιδιώματος και της «transcriptomics» και παρέχει μια ολοκληρωμένη ανάλυση για δεδομένα «omics» στη σόγια (Yu et al., 2014). Η τελευταία εξέλιξη των βάσεων δεδομένων, είναι η Soybean Knowledge Base (SoyKB), η οποία σχεδιάστηκε για τη διαχείριση και ολοκλήρωση των δεδομένων της γονιδιωματικής, της μεταγραφωμικής, της πρωτεομικής και μεταβολομικής, ταυτόχρονα παρέχοντας πληροφορίες της λειτουργίας των γονιδίων και των βιολογικών τους οδών. Περιέχει πληροφορίες για συγκεκριμένα γονίδια/ πρωτεΐνες, microRNAs, μεταβολίτες και SNPs (single nucleotide polymorphisms), χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο δικτύωσης και οπτικοποίησης του γονιδιώματος, που αποδίδει τις βιολογικές λειτουργίες και τους βιοχημικούς δρόμους έκφρασης των γονιδίων (Joshi et al., 2012; Joshi et al., 2014).

Αυτές οι βάσεις δεδομένων, δεν παρέχουν μόνο πρόσβαση σε πολλές πληροφορίες, αλλά συγκεντρώνουν αγρονομικά δεδομένα, 20 χρόνων χαρτογράφησης QTL που περιλαμβάνουν πάνω από 80 αγρονομικά γνωρίσματα, όπως επίσης και δεδομένα δομικής και λειτουργικής γονιδιωματικής (Shoemaker et al., 2013). Οι Hruz et al. (2008), δημιούργησαν το λογισμικό εργαλείο Genevestigator V3, το οποίο χρησιμεύει στη μελέτη της έκφρασης των γονιδίων. Επίσης, οι Libault et al. (2010), χρησιμοποίησαν την πλατφόρμα/ πρόγραμμα Illumina Solexa για την αλληλούχιση cDNA προερχόμενο από 14 φυτικούς ιστούς. Το αποτέλεσμα ήταν η δημιουργία ενός Άτλα έκφρασης γονιδίων ([http://www.digbio.missouri.edu/soybean\\_atlas/](http://www.digbio.missouri.edu/soybean_atlas/)). Αυτό, επιτρέπει τη σύγκριση της έκφρασης των γονιδίων των δυο άλλων πρότυπων-ψυχανθών, του *Medicago truncatula* και του *Lotus japonicus*, καθώς και δεδομένων για το *Arabidopsis thaliana*, διευκολύνοντας έτσι τις βασικές αλλά και εφαρμοσμένες πτυχές στην έρευνα της σόγιας (Libault et al., 2010). Πρόσφατα αλληλουχήθηκαν και τα γονιδιώματα αυτών των δυο ψυχανθών, του *Medicago truncatula* και του *Lotus japonicus* (Young and Bharti, 2012). Όλες αυτές οι πληροφορίες, θα βοηθήσουν στην ακριβή χαρτογράφηση σημαντικών γνωρισμάτων οικονομικού χαρακτήρα αλλά και στη μελέτη της Λειτουργικής Γονιδιωματικής στη σόγια.

Η αλληλούχιση του γονιδιώματος της σόγιας, οδήγησε σε μια νέα εποχή επιστημονικών ανακαλύψεων συνδυάζοντας τη μοριακή, υπολογιστική και



συμβατική προσέγγιση των αγρονομικών χαρακτηριστικών (Shoemaker et al., 2013). Πλέον, μπορεί να μελετηθεί η έκφραση των γονιδίων σε ολόκληρο το γονιδίωμα της σόγιας, κατανοώντας το πότε και τον τρόπο που ενεργοποιούνται ή απενεργοποιούνται τα γονίδια κατά τα στάδια ανάπτυξης του φυτού, σε συγκεκριμένους φυτικούς ιστούς ή γενοτύπους και σε απόκριση των συνθηκών του περιβάλλοντος. Για την κατανόηση της βάσης των QTL, χρησιμοποιείται η «Transcriptomics» σε συνδυασμό με την αλληλούχιση του γονιδιώματος και γενετικά δεδομένα (Wang et al., 2010).

### **1.6.2 Αξιοποίηση γενετικών δεδομένων στη γεωργική πρακτική**

Στη σόγια, χαρακτηρίστηκαν και χαρτογραφήθηκαν εκατοντάδες κληρονομήσιμα ποιοτικά γνωρίσματα. Ωστόσο, τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά που αφορούν την παραγωγικότητα και την ποιότητα του σπόρου κληρονομούνται ποσοτικά (απόδοση, αντοχή στο πλάγιασμα, περιεκτικότητα του σπόρου σε λάδι ή πρωτεΐνη, ύψος φυτού, μέγεθος ή βάρος σπόρου). Οι περιοχές του γονιδιώματος που περιέχουν αλληλουχία DNA και επηρεάζουν αυτά τα χαρακτηριστικά, είναι τα QTLs (Quantitative Trait Loci). Μελέτες για τη χαρτογράφηση αυτών των περιοχών είναι σε εξέλιξη για περισσότερα από 90 διαφορετικά χαρακτηριστικά της σόγιας, τα οποία αφορούν την ανάπτυξη του φυτού, τα αναπαραγωγικά χαρακτηριστικά, την ανθεκτικότητα στις ασθένειες, την ποιότητα του σπόρου και χαρακτηριστικά που αφορούν τα θρεπτικά συστατικά. Οι Panthee et al. (2007), προσδιόρισαν QTL που σχετίζονται με αγρονομικά χαρακτηριστικά όπως η απόδοση σε σπόρο, το πλάγιασμα, το ύψος φυτού, την περίοδο γεμίσματος σπόρων και την ωρίμανση φυτού στη σόγια. Η αλληλούχιση της σόγιας επέτρεψε την κλωνοποίηση και ταυτοποίηση του *rsm1* (raffinose synthase), που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην επιλογή σειρών σόγιας με χαμηλή περιεκτικότητα σε σταχυόζη, με αποτέλεσμα την καλύτερη πέψη της από τον άνθρωπο και τα ζώα (Skoneczka et al., 2009). Η εφαρμογή της Συγκριτικής Γονιδιωματικής σε φυτά σόγιας και αραβόσιτου, μια μετάλλαξη βρέθηκε ότι προκαλεί μια μείωση στην παραγωγή «phytate» στη σόγια (Saghai-Marooof et al., 2009). Επίσης, βρέθηκε και αποσιωπήθηκε το ιογόνο γονίδιο της ασθένειας Asian Soybean Rust (ASR) (Meyer et al., 2009).

Η σόγια είναι το πρώτο είδος ψυχανθούς με ολοκληρωμένη αλληλούχιση του γονιδιώματός του. Αυτό την καθιστά ένα βασικό σημείο αναφορά για πάνω από

20,000 είδη ψυχανθών. Αυτές οι πληροφορίες, θα βοηθήσουν στην κατανόηση της ικανότητας του φυτού να μετατρέπει το διοξείδιο του άνθρακα, το νερό, τον ήλιο, το άζωτο και τα ιχνοστοιχεία, σε ενέργεια, πρωτεΐνες και θρεπτικές ουσίες για ανθρώπινη χρήση και ζωοτροφή. Η αλληλούχιση του γονιδιώματος της σόγιας έχει ανοίξει νέους δρόμους για τη βελτίωση της καλλιέργειας.

## **1.7 ΓΕΝΕΤΙΚΑ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΣΟΓΙΑ**

### ***1.7.1 Εισαγωγή***

Η σόγια καλλιεργείται σε πολλές χώρες παγκοσμίως, είναι μια κύρια πηγή εδώδιμου ελαίου και πρωτεΐνης και χρησιμοποιείται στα τρόφιμα, στις ζωοτροφές και στη βιομηχανία (Endres, 2001). Πολλά παράσιτα (έντομα, μύκητες, νηματώδης, ιοί) έχουν καταστροφικές επιδράσεις στην καλλιέργεια, επηρεάζοντας την απόδοση και την ποιότητα των σπόρων. Η σόγια είναι μια καλλιέργεια-πρότυπο, η οποία καλλιεργείται παγκοσμίως και προορίζεται τόσο για ανθρώπινη κατανάλωση και ζωοτροφή, όσο και για βιομηχανική χρήση ως βιοκαύσιμο. Επιπλέον, έχει κεντρίσει το παγκόσμιο επιστημονικό ενδιαφέρον σε πολλά εργαστήρια και βιομηχανικούς τομείς. Οι σπόροι της σόγιας περιέχουν πρωτεΐνες, λάδι, υδατάνθρακες, φυτικές ίνες, βιταμίνες και ιχνοστοιχεία. Τα συμβατικά προγράμματα βελτίωσης, συχνά μειονεκτούν λόγω του περιορισμένου γενετικού υλικού, ενώ η γενετική τροποποίηση έχει επιφέρει σημαντική πρόοδο. Τα διαγονιδιακά φυτά αποτελούν αντικείμενο μελέτης μοριακών, γενετικών, βιοχημικών και φυσιολογικών λειτουργιών, μέσω της υπέρ-έκφρασης ή αποσιώπησης των γονιδίων, των μεταλλάξεων (transposon-based) και τον χαρακτηρισμό των εκκινητών (promoter) (Homrich et al., 2012). Τις τελευταίες δεκαετίες, τα ερευνητικά εργαστήρια έχουν επιστήσει την προσοχή τους στα γενετικά χαρακτηριστικά της σόγιας, ώστε να βελτιωθεί η απόδοση σε πρωτεΐνη και λάδι στους σπόρους, μέσω της επιστήμης της γενετικής μηχανικής και συνεπώς την βελτίωση της ποιότητας και της ποσότητας των σπόρων (Lee et al., 2013).

Πλέον, η γενετική τροποποίηση των φυτών και η εφαρμογή της βιοτεχνολογίας αυξάνεται όλο και περισσότερο παγκοσμίως. Η σόγια, είναι από τις κύριες γενετικά τροποποιημένες καλλιέργειες, λόγω της προσαρμοστικότητας της και της μεγάλης οικονομικής σημασίας, σαν ένα από τα σημαντικότερα καλλιεργούμενα φυτά.

Πριν από 15 χρόνια, η πρώτη ποικιλία σόγιας με ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα έκανε την εμφάνισή της στην αγορά. Μέχρι το 1997, περίπου το 8% των καλλιεργούμενων ποικιλιών που προορίζονταν για εμπορική χρήση στην Αμερική, ήταν γενετικά τροποποιημένες (Hudson et al., 2013). Η τεχνολογία που εφαρμόζεται στη γενετική τροποποίηση, δεν έχει μόνο τεράστια επίδραση στην εμπορική αγορά αλλά άνοιξε και το δρόμο στις παραδοσιακές και μη παραδοσιακές χρήσεις της σόγιας, καθώς και στην είσοδο πολλών νέων εφαρμογών γι' αυτήν την σημαντική καλλιέργεια. Τις τελευταίες δυο δεκαετίες, η σόγια έχει γίνει ένα δημοφιλές αντικείμενο της γενετικής τροποποίησης και σε συνδυασμό με την πρόοδο της τεχνολογίας, είναι πλέον δυνατό να χειριστούν ή να προστεθούν διάφορα χαρακτηριστικά στην καλλιέργεια.

Τα χαρακτηριστικά που μελετούνται για τη βελτίωση της σόγιας είναι η αύξηση της παραγωγικότητας, οι διαφορετικές ομάδες ωρίμανσης των φυτών, η πρωιμότητα, η περιεκτικότητα των σπόρων σε πρωτεΐνη και το ύψος της 1<sup>ης</sup> διακλάδωσης. Άλλα χαρακτηριστικά είναι, ο ανταγωνισμός με τα ζιζάνια κατά το αναπαραγωγικό στάδιο και η αντοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες (Rudelsheim and Smets, 2012). Όσον αφορά τους ποιοτικούς χαρακτήρες, οι επιστήμονες εστιάζουν στη μείωση της δραστηριότητας των αναστολέων της τρυψίνης, στη βελτίωση της σύνθεσης των λιπαρών οξέων, στη μείωση της αλλεργιογόνου δράσης ή στην υψηλή συγκέντρωση ισοφλαβόνων. Τα τελευταία χρόνια, γίνονται έρευνες όσον αφορά την αντοχή των φυτών στην ξηρασία κυρίως κατά το στάδιο της άνθησης, την αποδοτική χρήση του αζώτου και γενικότερα την αντοχή των ποικιλιών στο περιβαλλοντικό στρες.

Η συμβατική βελτίωση και η βιοτεχνολογία μπορούν να συμβάλλουν στην παραγωγή σόγιας με υψηλότερη περιεκτικότητα σε λάδι, πρωτεΐνες, σε απαραίτητα αμινοξέα και αλλαγές στη σύνθεση των πρωτεϊνών και ελαίου, σε θρεπτικά γνωρίσματα (βιταμίνες) και σε νέες βιομηχανικές εφαρμογές (βιοντιζελ, βιο-λιπαντικά και πολυμερή). Η βιοτεχνολογία, η μοριακή βελτίωση, τα εργαλεία της γονιδιωματικής και οι πηγές του γενετικού υλικού σόγιας παγκοσμίως, έχουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη χαρακτηριστικών για την αειφορική παραγωγή της σόγιας (Conner et al., 2004).

### **1.7.2 Τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τη γενετική τροποποίηση στη σόγια**

Η εφαρμογή της βιοτεχνολογίας και η διαδικασία της γενετικής τροποποίησης βρίσκουν παγκόσμια εφαρμογή. Τις τελευταίες δυο δεκαετίες, η σόγια είναι ένα σημαντικό φυτό που εφαρμόζεται η γενετική τροποποίηση και με τις εξελίξεις στην τεχνολογία του μετασχηματισμού των φυτών, είναι εφικτός ο χειρισμός των γονιδίων και η εισαγωγή διαφόρων χαρακτηριστικών στη σόγια.

Η γενετική τροποποίηση της σόγιας αναφέρθηκε για πρώτη φορά το 1988 (Christou et al., 1988; Hinchey et al., 1988). Σύμφωνα με τους Somers et al. (2003), υπάρχουν τρεις σημαντικές απαιτήσεις για την εφαρμογή μιας αποτελεσματικής μεθόδου γενετικής τροποποίησης: μια πηγή ολοδυναμικών κυττάρων που αξιοποιείται σαν αποδέκτης του μεταφερόμενου DNA, ένα μέσο για τη μεταφορά του DNA στα κύτταρα στόχους και τέλος ένα σύστημα επιλογής ή εντοπισμού των τροποποιημένων κυττάρων. Τα τελευταία χρόνια, η μεταφορά του επιθυμητού DNA στα φυτικά κύτταρα, εφαρμόζεται χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους. Στη σόγια, οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι μέθοδοι γενετικής μηχανικής είναι η τροποποίηση μέσω της βαλλιστικής μεθόδου και του βακτηρίου *Agrobacterium tumefaciens* χρησιμοποιώντας διαφορετικούς φυτικούς ιστούς.

Η γενετική τροποποίηση με τη μέθοδο του βομβαρδισμού σωματιδίων, αποτελείται από την εισαγωγή DNA σε άθικτα κύτταρα και ιστούς μέσω σωματιδίων, σε πολύ μεγάλες ταχύτητες (Sanford, 1988). Αυτή η τεχνική, εισάγει άμεσα τα επιθυμητά γονίδια στο φυτικό κύτταρο-στόχο με μικροσωματίδια τουγκστενίου (tungsten) ή μικροσωματίδια χρυσού με μεγάλη επιτάχυνση, ώστε να διαπεραστεί το κυτταρικό τοίχωμα και οι μεμβράνες (Christou et al., 1988). Αυτή η μέθοδος, εφαρμόστηκε με επιτυχία για πρώτη φορά στη σόγια σε ανώριμα μεριστωματικά κύτταρα του σπόρου (McCabe et al., 1988). Αργότερα, εφαρμόστηκε σε σωματικούς και εμβρυονικούς ιστούς (Finer and McMullen, 1991) ή και σε ακραία μεριστώματα (Aragão et al., 2000). Η γενετική τροποποίηση των σωματικών εμβρύων, είναι η πιο επιτυχημένη μέθοδος και εισάγεται από τις ανώριμες κοτυληδόνες σε υπόστρωμα καλλιέργειας εμπλουτισμένο με αυξίνες σε υψηλές συγκεντρώσεις.

Η επιτυχία αυτής της μεθόδου, εξαρτάται από την ικανότητα του φυτικού ιστού-στόχου να μπορεί να αναπτυχθεί, καθώς και από την εφαρμογή των κατάλληλων καλλιεργητικών υποστρωμάτων για την αναγέννηση του φυτού. Τα επιταχυνόμενα σωματίδια, διαπερνούν το κυτταρικό τοίχωμα και τις μεμβράνες των κυττάρων και του πυρήνα. Στον πυρήνα, απελευθερώνονται τμήματα του εξωγενούς DNA όπου

ίσως ενσωματωθούν στο χρωμοσωμικό DNA, μέσω του ομόλογου ανασυνδυασμού (Sanford, 1990). Το κύριο πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου, είναι η δυνατότητα μεταφοράς γονιδίων σε οποιονδήποτε τύπο κυττάρου ή ιστού, ανεξαρτήτως από το γενότυπό του και χωρίς να είναι αναγκαίος ο έλεγχος συμβατότητας μεταξύ του ξενιστή και του βακτηρίου (όπως απαιτείται με το *Agrobacterium*). Είναι μια γρήγορη διαδικασία και εύκολη στην εφαρμογή της, ωστόσο, αυτή η τεχνική εισάγει πολλά αντίγραφα του DNA που μπορεί να διαχωριστούν ή να ανασυνδυαστούν (Hadi et al., 1996).

Το *Agrobacterium tumefaciens*, είναι ένα βακτήριο που ζει στο έδαφος και φυσιολογικά επιμολύνει διάφορα είδη φυτών (De Cleene and Deley, 1976). Μέσω αυτής της μεθόδου, τοποθετείται ένα ξένο γονίδιο μέσα στο T-DNA του πλασμιδίου του βακτηρίου και έπειτα ενσωματώνεται στο γονιδίωμα του φυτού-ξενιστή (Horsch et al., 1985). Οι τραυματισμένοι φυτικοί ιστοί, εκκρίνουν κάποιες φαινολικές ενώσεις που ωθούν το *Agrobacterium* να εκφράσει ένα σύνολο ιϊκών (vir) γονιδίων. Η έκφραση των vir γονιδίων, έχει αποτέλεσμα την παραγωγή μονόκλωνου DNA, το οποίο ενσωματώνεται στο γονιδίωμα του φυτού. Η πρώτη μελέτη που έγινε με αυτή τη μέθοδο εφάρμοσε συγκαλλιέργεια που ακολουθήθηκε από οργανογένεση από ιστούς κοτυληδόνων (Hinchey et al., 1988).

Τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου, είναι η μεταφορά σχετικά μεγάλων τμημάτων DNA, η ενσωμάτωση στο γονιδίωμα του φυτού ενός μικρού αριθμού διαγονιδικών αντιγράφων, η σπάνια αναδιάταξη των γονιδίων, η χαμηλή συχνότητα διασποράς του γονιδιακού DNA και η μείωση της έκφρασης μη φυσιολογικών διαγονιδίων (Gelvin, 2003; Kohli et al., 2003). Ωστόσο, τα φυτά διαφέρουν πολύ στην ευαισθησία που έχουν σε αυτή τη μέθοδο, γιατί συνήθως η εφαρμογή της έχει ως αποτέλεσμα μικρότερα ποσοστά γενετικής τροποποίησης σε σύγκριση με την μέθοδο του βομβαρδισμού σωματιδίων. Για την παραγωγή διαγονιδιακών φυτών σόγιας χρησιμοποιούνται, ιστοί (Lee et al., 2013):

1. Κοτυλοδόνων
2. Ανώριμα έμβρυα
3. Ακραία μεριστώματα
4. Οφθαλμοί ανώριμων κοτυληδόνων
5. Υποκοτύλες
6. Νεαρών φύλλων

### **1.7.3 Βελτίωση χαρακτηριστικών σόγιας**

Τα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την ποιότητα της σόγιας είναι από τα σημαντικότερα αγρονομικά χαρακτηριστικά. Η κατανόηση της γενετικής βάσης αυτών των χαρακτηριστικών είναι σημαντική για τη βελτίωση της ποιότητας. Τα ποσοτικά χαρακτηριστικά περιλαμβάνουν την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη και λάδι, τη σύνθεση των λιπαρών οξέων, την περιεκτικότητα σε ισοφλαβόνες και άλλα χημικά, φυσικά και θρεπτικά χαρακτηριστικά. Στην Κίνα, έχει γίνει σημαντική πρόοδος στη χαρτογράφηση μεγάλου αριθμού loci/QTLs που σχετίζονται με την περιεκτικότητα της πρωτεΐνης, του ελαίου και της έλλειψης λιποξυγενάσης, παρέχοντας πληροφορίες για τη δομή των αντίστοιχων λειτουργικών γονιδίων (Guo et al., 2011).

Η εφαρμογή των μοριακών δεικτών είναι η βάση της λειτουργίας των γονιδίων. Τα χαρακτηριστικά που έχουν εντοπιστεί και χαρτογραφηθεί, περιλαμβάνουν ανθεκτικότητα στα παράσιτα και στις ασθένειες, αντοχή στο αβιοτικό στρες (ξηρασία, αλατότητα), ποιοτικά χαρακτηριστικά σπόρων (περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη και λάδι), χαρακτηριστικά απόδοσης και μορφολογικοί χαρακτήρες (ανάπτυξη ριζικού συστήματος, στενά φύλλα, καμπυλωτά στελέχη, μικρότερου μήκους μίσχοι φύλλων, γονιμότητα). Πολλά σημαντικά αγρονομικά χαρακτηριστικά (απόδοση, ποιότητα σπόρου, αντοχή στο στρες) είναι ποσοτικά γνωρίσματα, συνεπώς ελέγχονται από πολλά γονίδια και επηρεάζονται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Γι' αυτό και οι μοριακοί δείκτες που έχουν δημιουργηθεί, είναι εξειδικευμένοι να έχουν περιβαλλοντικό, πληθυσμιακό/ γενετικό υπόβαθρο ή να συνδυάζουν και τα δυο (Guo et al., 2011).

Τα χαρακτηριστικά προς βελτίωση, αφορούν την απόδοση, την ποιότητα και σταθερότητα των χαρακτηριστικών που απαιτεί η κάθε ζώνη προσαρμογής της καλλιέργειας. Αυτά περιλαμβάνουν, την απαραίτητη ή επιθυμητή ανθεκτικότητα σε ασθένειες που σχετίζονται με την καλλιεργούμενη περιοχή, την ανθεκτικότητα στο περιβαλλοντικό στρες, τη βελτίωση της σταθερότητας της συγκομιδής (αντοχή στο πλάγιασμα ή μεγαλύτερο ύψος λοβών στο στέλεχος) και τη βελτίωση των χαρακτηριστικών απόδοσης (Beversdorf, 1993). Επίσης, οι βελτιωτές εντόπισαν και δημιούργησαν γενετική παραλλακτικότητα σε πολλά από αυτά τα χαρακτηριστικά, συμπεριλαμβανομένης της περιεκτικότητας σε λάδι, σε πρωτεΐνη και λιπαρά οξέα (Rennie and Tanner, 1989), σε αντιθρεπτικούς παράγοντες (Orf, 1989) και σε

διάφορα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την κατανάλωση της σόγιας από τον άνθρωπο (γεύση) (Wilson, 1989).

Άλλες περιοχές ενδιαφέροντος αφορούν τη βελτίωση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη, την τροποποίηση του προφίλ των αμινοξέων, τη βελτίωση της ικανότητας για αφομοίωση του φωσφόρου και τη μείωση των αντιθρεπτικών παραγόντων όπως είναι οι αναστολείς τρυψίνης και οι αλλεργιογόνοι παράγοντες (Wilson, 2004).

### Αντοχή στα ζιζανιοκτόνα

Από το 1996-2012, οι καλλιέργειες με αντοχή στα ζιζανιοκτόνα, glyphosate και glyphosate, καταλαμβάνουν σταθερά τη μεγαλύτερη έκταση των βιοτεχνολογικών καλλιεργειών ([www.isaaa.org](http://www.isaaa.org)). Οι πρώτες ποικιλίες σόγιας με αντοχή στα ζιζανιοκτόνα (sulfonylurea) εμφανίστηκαν στο εμπόριο το 1993, έπειτα το 1996 εμφανίστηκαν ποικιλίες σόγιας “Roundup Ready”, επιτρέποντας την εφαρμογή του glyphosate (Roundup) σαν μεταφυτρωτικό ζιζανιοκτόνο και το 1998 εμφανίστηκαν ποικιλίες σόγιας “Liberty Link” οι οποίες είχαν αντοχή στο ζιζανιοκτόνο glyphosate (Carpenter and Gianessi, 1999). Το χαρακτηριστικό της αντοχής των φυτών στα ζιζανιοκτόνα, εφαρμόζεται είτε εισάγοντας ένα γονίδιο που κωδικοποιεί το ένζυμο-στόχο το οποίο είναι ευαίσθητο στο συγκεκριμένο ζιζανιοκτόνο (Padgett et al., 1996), είτε εισάγοντας ένα γονίδιο που κωδικοποιεί ένα ένζυμο το οποίο μεταβολίζει το ζιζανιοκτόνο (Devine, 2005). Η αντοχή των καλλιεργειών στο glyphosate και glyphosate είναι ανάμεσα στις πιο εμπορικές εφαρμογές.

Οι ποικιλίες σόγιας “Roundup Ready” (RR), έχουν αντοχή στο ζιζανιοκτόνο glyphosate. Αυτό επιτεύχθηκε μέσω της έκφρασης του γονιδίου EPSPS (5-enol-pyruvyl-shikimate-3-phosphate synthase) από το στέλεχος CP4 του βακτηρίου *Agrobacterium spp.* Πλέον, έχουν δημιουργηθεί 2<sup>ης</sup> γενεάς φυτά σόγιας με αντοχή στο glyphosate, τα οποία δίνουν μεγαλύτερες αποδόσεις (Lundry et al., 2008; Levy-Booth et al., 2009). Πρόσφατα στη Βραζιλία, εγκρίθηκε η εμπορική απελευθέρωση μιας νέας τάξης γενετικά τροποποιημένης σόγιας (CV 127), η οποία έχει αντοχή στα χημικά ζιζανιοκτόνα της ομάδας των imidazolinone (Rech et al., 2008). Μέχρι στιγμής γενετικά τροποποιημένη σόγια κυκλοφορεί εμπορικά μόνο με αντοχή στα ζιζανιοκτόνα και τα εντομοκτόνα ([gmo-compass.org](http://gmo-compass.org)).

### Ανθεκτικότητα στα έντομα

Με την εμφάνιση της γενετικής τροποποίησης και της τεχνικής του ανασυνδυασμένου DNA, έγινε εφικτή η κλωνοποίηση και η εισαγωγή γονιδίων στο γονιδίωμα των φυτών, με στόχο την ανθεκτικότητα στα έντομα. Ο *Bacillus thuringiensis* (Bt), είναι ένα έντομο-παθογόνο βακτήριο που χρησιμοποιείται ευρέως για το βιολογικό έλεγχο παρασιτικών εντόμων. Ο Bt, παράγει πρωτεΐνες (δενδοτοξίνες) που έχουν συγκεκριμένη τοξική δράση εναντίον Λεπιδοπτέρων, Δίπτερων και στις προνύμφες των Κολεόπτέρων (Hongyu et al., 2000). Τα κύρια πλεονεκτήματα του Bt όσον αφορά την ανθεκτικότητα των φυτών συμπεριλαμβάνουν τη βελτίωση των αποδόσεων, τη μείωση της χρήσης χημικών εντομοκτόνων, τη μείωση των επιπέδων τοξινών των μυκήτων και τη διατήρηση του πληθυσμού των ωφέλιμων εντόμων (Batista and Oliveira, 2009).

Οι Hill et al. (2004), αξιολόγησαν 1542 γενότυπους από τη βόρεια Αμερική, και εντόπισαν ανθεκτικότητα στην αφίδα σε 3 σειρές σόγιας Dowling, Jackson, and PI 71506. Επίσης, οι Mensah et al. (2005), συνέλεξαν και αξιολόγησαν 2,147 γενοτύπους των ομάδων ωριμότητας MG 0 ως III, από τη βόρεια Κίνα και βρήκαν ανθεκτικότητα στις αφίδες σε 4 διαλογές. Αυτή η ανθεκτικότητα που βρέθηκε μπορεί να ενσωματωθεί στο γενετικό υλικό της σόγιας.

Η εταιρία DOW AgroSciences, δημιούργησε μια ποικιλία σόγιας με το χαρακτηριστικό της ανθεκτικότητας στα έντομα, η οποία εκφράζει δυο Bt πρωτεΐνες. Αυτό το προϊόν βρίσκεται στη διαδικασία έγκρισης από το USDA, για να απελευθερωθεί στο εμπόριο και θα παρέχει μεγαλύτερη προστασία κατά των Λεπιδοπτέρων (Dow AgroSciences, 2013). Το 2013, εγκαταστάθηκε η πρώτη γενετικά τροποποιημένη σόγια στη Βραζιλία, η οποία συνδυάζει τα χαρακτηριστικά της αντοχής στα ζιζανιοκτόνα και της ανθεκτικότητας στα έντομα, σε μια έκταση 2,2εκ. εκτάρια ([www.isaaa.org](http://www.isaaa.org)).

### Ανθεκτικότητα στις ασθένειες

Η γενετικά τροποποιημένη σόγια, εξαιτίας της παγκόσμιας καλλιέργειάς της, ευνοεί την εξάπλωση παρασίτων και ασθενειών, με κίνδυνο προσβολής των φυτών από διάφορα παθογόνα: βακτήρια, ιούς, μύκητες και νηματώδεις. Αυτά τα παθογόνα μπορεί να προκαλέσουν ζημιές στους σπόρους, στις ρίζες, στα φύλλα, στα στελέχη και στους λοβούς. Οι ασθένειες της σόγιας μπορεί να επηρεάσουν σημαντικά την απόδοση, την ποιότητα και τη σταθερότητα της καλλιέργειας (Petrovic and Vidic,



2013). Περισσότεροι από 135 παθογόνοι μικροοργανισμοί προσβάλλουν την καλλιέργεια της σόγιας, ωστόσο, μόνο 30 περίπου είδη προκαλούν σημαντικές οικονομικές ζημιές (Roy et al., 2000). Στις περιπτώσεις αυτές, η καλλιέργεια μπορεί να προστατευθεί μόνο με την ανάπτυξη και αξιοποίηση ανθεκτικών ποικιλιών.

Το πολυετές άγριο είδος *Glycine* έχει πολλά σημαντικά γονίδια, μεταξύ των οποίων είναι τα γονίδια ανθεκτικότητας στη Σκωρίαση που προσβάλλει τη σόγια (*Phackopsora pachyrhizi* Sydow), στους Νηματώδεις (SCN) (*Heterodera glycines* Ichinole), όμως είναι πολύ δύσκολο να δημιουργηθούν υβρίδια μεταξύ των δυο υπογενών της σόγιας, *Soja* και *Glycine* (Singh and Hymowitz, 1999). Υπάρχει μόνο μια αναφορά γόνιμης αναδιασταύρωσης μεταξύ της καλλιεργούμενης σόγιας και του άγριου είδους *Glycine tomentella* (2n=78) (Singh et al., 1998).

Οι μολύνσεις από βακτήρια είναι αρκετά διαδεδομένες και εμφανίζονται κυρίως στο ανώτερο μέρος των φυτών και στα νεαρά φύλλα. Υπάρχουν αρκετά βακτήρια που προσβάλλουν τη σόγια, με αποτέλεσμα μεγάλες απώλειες στην παραγωγή και υποβάθμιση της ποιότητας των σπόρων. Ενώ έχει γίνει σημαντική έρευνα στην ανάπτυξη στελεχών με ανθεκτικότητα στα βακτήρια με την εφαρμογή της βιοτεχνολογίας σε διάφορα είδη καλλιεργούμενων φυτών, στη σόγια η έρευνα είναι περιορισμένη. Αυτό ίσως οδηγήσει στην εφαρμογή νέων στρατηγικών για την ανάπτυξη φυτών με ανθεκτικότητα στα βακτήρια (Hudson et al., 2013).

Η ανάπτυξη διαγονιδιακών φυτών με ανθεκτικότητα στους ιούς, έχει μελετηθεί πολύ. Ανθεκτικότητα έχει επιτευχθεί σ' έναν αριθμό φυτικών ειδών (με παθογόνα που προσδίδουν ανθεκτικότητα), μέσω της χρήσης ιικών πρωτεϊνών του περιβλήματος όπου όταν εκφραστούν *in planta*, μπορούν να συνυπάρξουν με ιικά συμπλέγματα. Έτσι δημιουργήθηκαν φυτά σόγιας με ανθεκτικότητα στον ιό Bean pod mottle virus (BPMV), εισάγοντας μια BPMV πρωτεΐνη περιβλήματος στο γονιδίωμα του φυτού (Purcell et al., 1996). Επίσης, το Μωσαϊκό της σόγιας (ιός) βρέθηκε σε πολλές περιοχές και μπορεί να προκαλέσει απώλειες στην απόδοση που μπορεί να φτάσουν το 90%, με αποτέλεσμα τη δημιουργία φυτών ανθεκτικών στο SMV (Wang et al., 2001). Οι Tougou et al. (2006), χρησιμοποίησαν γονίδια του πρωτεϊνικού περιβλήματος του ιού Soybean dwarf Virus (SbDV) για τη δημιουργία φυτών σόγιας με ανθεκτικότητα σε αυτόν τον ιό, μέσω της μεθόδου αποσιώπησης του RNA.

Οι μύκητες, είναι τα πιο συνηθισμένα παθογόνα που προσβάλλουν τη σόγια. Ένας πολύ σημαντικός μύκητας που προσβάλλει την καλλιέργεια είναι ο *Sclerotinia stem rot* (SSR) που προκαλείται από το μύκητα *Sclerotinia sclerotiorum* (white mold). Οι

Cunha et al. (2010), δημιούργησαν σειρές διαγονιδιακής σόγιας που υπέρ-εκφράζουν οξαλική δεοξυκαρβοξυλάση (OXDC). Όταν οι διαγονιδιακές σειρές επιμολύνθηκαν με τη λευκή μούχλα, η εξέλιξη της ασθένειας εμφάνισε σημαντική μείωση των συμπτωμάτων που συσχετίζονται με το επίπεδο της έκφρασης του διαγονιδίου. Οι Li et al. (2004), ανέπτυξαν φυτά σόγιας με υπέρ-έκφραση δυο γονιδίων κατά των μυκήτων. Δεν υπάρχουν εμπορικά διαθέσιμες ποικιλίες σόγιας, που προσδίδουν ανθεκτικότητα στις ασθένειες συμπεριλαμβανομένων των μυκήτων. Το 2011, οι εταιρίες DuPont, Pioneer Hi-Bred, and Evogene ανακοίνωσαν τη συνεργασία τους για την ανάπτυξη ποικιλιών με ανθεκτικότητα στη Σκωρίαση (<http://www.evogene.com>). Αυτό είναι ένα σημαντικό βήμα, για τη δημιουργία της πρώτης εμπορικά διαθέσιμης διαγονιδιακής ποικιλίας σόγιας με ανθεκτικότητα σε παθογόνο μύκητα.

Οι νηματώδεις είναι ένα σημαντικό πρόβλημα της γεωργίας και προκαλεί σημαντικές απώλειες στην απόδοση και στην ποιότητα της καλλιέργειας. Σε πολλές περιπτώσεις οι απώλειες στην απόδοση, μπορεί να οφείλονται σε μολύνσεις από νηματώδεις του γένους *Meloidogyne* (root knot nematodes-RKN) και *Heterodera glycines* Ichinohe (soybean cyst nematodes -SCN), οι οποίοι προσβάλλουν τις ρίζες των φυτών. Μέσω της βιοτεχνολογίας, τα φυτά μπορούν να τροποποιηθούν έτσι ώστε να παράγουν dsRNAs, τα οποία αποσιωπούν τα γονίδια των νηματωδών (Lilley et al., 2007). Υπάρχουν ελάχιστες ποικιλίες σόγιας που έχουν φυσική ανθεκτικότητα σε ορισμένα είδη νηματωδών, όμως σήμερα δεν είναι διαθέσιμες στο εμπόριο ποικιλίες γενετικά τροποποιημένες με ανθεκτικότητα στους νηματώδεις. Τα τελευταία δέκα χρόνια, έχουν εντοπιστεί αρκετά γονίδια που αλληλεπιδρούν στο σύστημα νηματώδης - φυτό, κάτι το οποίο μπορεί να συμβάλλει στην ανάπτυξη νέων γενετικά τροποποιημένων φυτών σόγιας, μέσω της στρατηγικής του RNAi. Πειράματα που πραγματοποιήθηκαν με ποικιλίες ανθεκτικές στο SCN, εμφάνισαν αυξημένες αποδόσεις και σταθερότητα σε περιβάλλοντα υψηλών και χαμηλών εισροών. Αυτά τα στοιχεία, υποστηρίζουν την επιλογή νέων ποικιλιών που αποδίδουν καλά σε διάφορες περιοχές και ειδικότερα, σε ανθεκτικές ποικιλίες που καλλιεργούνται σε μολυσμένα εδάφη με SCN, σαν μια μέθοδος για την αύξηση και σταθεροποίηση της απόδοσης (Bruin and Pedersen, 2008).

### Απόδοση

Η αύξηση των αποδόσεων είναι το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό στη βελτίωση της σόγιας, διότι έχει τη μεγαλύτερη επίδραση στα κέρδη των καλλιεργητών (Orf et al., 2004). Μελέτες που έχουν γίνει, αναφέρουν ότι η απόδοση της σόγιας έχει αυξηθεί έως ένα βαθμό  $23\text{kg ha}^{-1} \text{ χρόνο}^{-1}$ , λόγω των βελτιωμένων ποικιλιών, των καλλιεργητικών πρακτικών και του υψηλότερου ατμοσφαιρικού  $\text{CO}_2$  (Specht et al., 1999). Για την εξασφάλιση σταθερών αποδόσεων σε διάφορες καλλιεργητικές συνθήκες, έχουν γίνει σημαντικές προσπάθειες για επιλογή ποικιλιών με ανθεκτικότητα στα παθογόνα (ασθένειες και νηματώδεις). Η αντοχή στο αβιοτικό στρες όπως η ξηρασία, πλημμύρες, έλλειψη θρεπτικών στοιχείων ή τοξικότητα, είναι σημαντικό για την αύξηση και σταθερότητα των αποδόσεων.

Η αύξηση των αποδόσεων είναι ένα σημαντικό περίπλοκο χαρακτηριστικό και έχει ήδη επιτευχθεί μέχρι ένα βαθμό, μέσω των μεθόδων της κλασσικής βελτίωσης και της σύγχρονης βιοτεχνολογίας. Η εισαγωγή διαγονιδιακών καλλιεργειών το 1996, βοήθησε στη βελτίωση των αποδόσεων, προστατεύοντας τα φυτά από έντομα και ασθένειες (Hudson et al., 2013). Οι νέες ποικιλίες σόγιας, συνδυάζουν πλέον τις πιο πρόσφατες εξελίξεις της σύγχρονης βελτίωσης και με την τεχνολογία της γενετικής τροποποίησης συνεχίζεται η έρευνα για προσεγγίσεις με βάση τα γονίδια, με στόχο την αύξηση των αποδόσεων. Πρόσφατα, πραγματοποιήθηκε μια έρευνα διαλογής γονιδίων που ευθύνονται για την αύξηση των αποδόσεων και αναφέρθηκε ότι η έκφραση του κυρίαρχου γονιδίου του *Arabidopsis thaliana* B-box (BBX32), εμφάνισε φυτά με μεγαλύτερο ύψος και γόνατα, περισσότερα άνθη και λοβούς και συνεπώς μεγαλύτερο αριθμό σπόρων (Preuss et al., 2012). Επιπλέον, τα αποτελέσματα των πειραμάτων στον αγρό, εμφάνισαν 5-8% αύξηση στο ύψος των φυτών, 8-10% αύξηση στον αριθμό γονάτων και 11-14% στη συνολική απόδοση, σε σύγκριση με τα φυτά-μάρτυρες. Έτσι, συμπεραίνεται ότι η υπέρ-έκφραση του γονιδίου του *Arabidopsis thaliana* (BBX32), οδηγεί σε μεγαλύτερη διάρκεια του αναπαραγωγικού σταδίου της σόγιας (R3-R7).

Οι Specht et al. (1999), απέδωσαν τη συνεχή βελτίωση της απόδοσης στον αγρό με την πάροδο του χρόνου στο συνδυασμό 3 παραγόντων: στη γενετικής βελτίωση όσον αφορά το δυναμικό της απόδοσης, στην προσαρμογή σε αβιοτικές καταπονήσεις και στην αντοχή ή ανθεκτικότητα σε συγκεκριμένες βιοτικές καταπονήσεις. Δευτερευόντως, αποδίδεται στη βελτίωση των αγρονομικών χαρακτηριστικών και στη διαχείριση μέσω των καλλιεργητικών πρακτικών και τέλος στη συνεχή αύξηση

της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Σε μοριακό επίπεδο βρέθηκαν τουλάχιστον 29 QTL που σχετίζονται με την απόδοση και έχουν ήδη αναφερθεί στη βάση δεδομένων Soybase ([http:// www.soybase.org](http://www.soybase.org)) (Panthee et al., 2007).

### **Ανθεκτικότητα στην ξηρασία**

Η ξηρασία είναι ένας σημαντικός παράγοντας αβιοτικού στρες, αφού μπορεί να επηρεάσει την παραγωγικότητα της καλλιέργειας και την απόδοση σε σπόρο. Στη σόγια, λόγω της ξηρασίας μπορεί να μειωθούν οι αποδόσεις έως και 40%, επηρεάζοντας όλα τα στάδια της ανάπτυξης του φυτού από την βλάστηση έως την ανάπτυξη, με αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητας των σπόρων (Specht et al., 1999). Παρά τη μεγάλη σημασία που έχει δοθεί στη βελτίωση της σόγιας, η πρόοδος όσον αφορά την ανθεκτικότητα στην ξηρασία εξελίσσεται με αργούς ρυθμούς. Η επιλογή σειρών με το υψηλότερο δυναμικό απόδοσης σε άριστες συνθήκες υγρασίας, είναι ένα σημαντικό κριτήριο επιλογής φυτών. Αντίστροφα, η αξιολόγηση σειρών σόγιας σε περιβάλλοντα μειωμένων αποδόσεων υπό ξηρικές συνθήκες δεν είναι εύκολη, γιατί οι μικρές διαφορές που μπορεί να εμφανιστούν στις αποδόσεις μεταξύ των σειρών δεν αποτελούν κριτήριο διαχωρισμού των γενοτύπων υψηλής απόδοσης από αυτούς με χαμηλή απόδοση.

Γενικά, η βελτίωση της σόγιας αρχικά εστίαζε στην ανθεκτικότητα στο βιοτικό στρες και όχι στο αβιοτικό όπως η ξηρασία, λόγω της δύσκολης αξιολόγησης των χαρακτηριστικών. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα, μια περιορισμένη γενετική βάση για την εφαρμογή ενός βελτιωτικού προγράμματος με στόχο τη δημιουργία σειρών με ανθεκτικότητα στην ξηρασία. Τέλος, η ανθεκτικότητα στην ξηρασία, οφείλεται σε διάφορους σύνθετους παράγοντες όπως το γενότυπο, το περιβάλλον και την αλληλεπίδραση αυτών των δύο (Carter et al., 1999). Η αναγνώριση των QTLs που σχετίζονται με την ανθεκτικότητα στην ξηρασία είναι μια σημαντική προσέγγιση, επιλέγοντας τα χαρακτηριστικά μέσω μοριακών δεικτών (Pathan et al., 2007). Σήμερα, ένας μεγάλος αριθμός QTLs έχει προσδιοριστεί για αγρονομικά και φυσιολογικά γνωρίσματα, για τη σύνθεση του σπόρου και για διάφορες παραμέτρους του βιοτικού και αβιοτικού στρες ([www.ncgr.org](http://www.ncgr.org)).

Πλέον, έχουν ήδη δημιουργηθεί φυτά σόγιας με αντοχή στην ξηρασία. Η εισαγωγή αυτών των ποιοτικών χαρακτηριστικών στο γενετικό υλικό των φυτών, συνεχίζει να είναι ένας κύριος στόχος των προγραμμάτων κλασσικής βελτίωσης και της επιλογής

μέσω μοριακών δεικτών. Ενώ η γενετική βάση για την αντοχή των φυτών στην ξηρασία δεν είναι ξεκάθαρη, οι ερευνητές εστιάζουν στην κατανόηση των φυσιολογικών λειτουργιών της σόγιας που σχετίζονται με την ξηρασία (μαρασμός των φύλλων, αποδοτική χρήση του νερού, δέσμευση του αζώτου, ανάπτυξη της ρίζας) (Hudson et al., 2013). Παρόλο που η υπέρ-έκφραση ενός μεμονωμένου γονιδίου-στόχου έχει εμφανίσει σημάδια αύξησης της αντοχής στην ξηρασία στο *Arabidopsis* και σε πρότυπα συστήματα στον καπνό, η πλειονότητα αυτών των ευρημάτων δεν έχει εφαρμοστεί σε πολλά φυτικά είδη. Μελέτες έδειξαν, ότι η υπέρ-έκφραση της πρωτεΐνης BiP σε σειρές σόγιας, παρουσίασε μείωση στη μάρανση και στο υδατικό δυναμικό των φύλλων και κλείσιμο των στομάτων, υπό συνθήκες έλλειψης νερού (Valente et al., 2009). Επιπλέον, διαγονιδιακά φυτά εμφάνισαν μείωση του ρυθμού φωτοσύνθεσης και διαπνοής, σταθερά επίπεδα ωσμολυτών και ξηρού βάρους της ρίζας, μείωση επαγωγής της υγρασίας (που σχετίζεται με τα mRNAs) και καθυστερημένη γήρανση των φύλλων, σε σύγκριση με τα φυτά-μάρτυρες. Ενώ η υπέρ-έκφραση του BiP εμφανίζει θετικά αποτελέσματα όσον αφορά την αύξηση της ανθεκτικότητας των φυτών στην ξηρασία, θα ήταν σημαντικό να συγκριθεί και η απόδοση των διαγονιδιακών φυτών, με την απόδοση των φυτών που χρησιμοποιήθηκαν ως μάρτυρες.

Είναι πολύ σημαντικό να ακολουθηθεί η μοριακή προσέγγιση για τη βελτίωση της σόγιας με αντοχή στην ξηρασία, στην αλατότητα και στο ψύχος, καθώς αυτά τα χαρακτηριστικά είναι περίπλοκα και δύσκολα στο χειρισμό τους, μέσω των συμβατικών μεθόδων βελτίωσης (Guo et al., 2011).

#### **Αύξηση περιεκτικότητας ελαίου στο σπόρο**

Η έρευνα στη βελτίωση της σόγιας έχει επικεντρωθεί στην τροποποίηση του προφίλ των λιπαρών οξέων στο λάδι, για την επέκταση της χρήσης της στα προϊόντα τροφίμων και σε βιομηχανικές εφαρμογές. Η τροποποίηση του σογιέλαιου, μειώνοντας τα κορεσμένα λιπαρά οξέα κάτω από 7%, αυξάνοντας την περιεκτικότητα του ελαϊκού οξέος σε 50-60% και μειώνοντας την περιεκτικότητα του λινολενικού οξέος κάτω από 3%, θα βελτίωνε σημαντικά την ποιότητα της σόγιας για μεγαλύτερη λειτουργικότητα στα τρόφιμα και βιομηχανικές εφαρμογές (Lee et al., 2007).

Η παγκόσμια ζήτηση για την καλλιέργεια της σόγιας, οφείλεται στη υψηλή αξία που έχει σε πρωτεΐνη και λάδι, που χρησιμοποιείται στα τρόφιμα, στις ζωοτροφές και σε βιομηχανικές εφαρμογές (βιοντίζελ). Κατά την εμβρυογένεση, η ροή του άνθρακα

κατανέμεται μεταξύ πρωτεϊνών και λαδιού και έτσι κατά το στάδιο της ωρίμανσης, ο σπόρος της σόγιας περιέχει 40% πρωτεΐνη και 20% λάδι. Μια μείωση της τάξεως του 1% στη συνολική περιεκτικότητα σε λάδι, οδηγεί σε μια μείωση 2% της συνολικής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη (Clemente and Cahoon, 2009). Συνεπώς, η ρύθμιση της ροής του άνθρακα θα μετατοπιστεί προς το ένα ή το άλλο συστατικό, το οποίο επηρεάζεται τόσο από γενετικούς όσο και από περιβαλλοντικούς παράγοντες (Schwender et al., 2003).

Η παραλλακτικότητα που υπάρχει στο γενετικό υλικό της σόγιας όσον αφορά την περιεκτικότητά της σε πρωτεΐνη, είναι σημαντικά μεγαλύτερη από αυτήν που παρατηρείται για τη συνολική περιεκτικότητα σε λάδι. Εδώ και χρόνια, οι βελτιωτές χρησιμοποιούν τη συνολική περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη σαν κριτήριο επιλογής για τη δημιουργία γενετικού υλικού. Ωστόσο πρόσφατα, η βελτίωση της περιεκτικότητας των σπόρων σε λάδι και της ποιότητάς του, έχουν επιστήσει την προσοχή των γενετιστών, λόγω της αύξησης της ζήτησης εδωδιμου ελαίου. Έτσι, έχουν γίνει προσπάθειες για την αύξηση της οξειδωτικής σταθερότητας στο λάδι, ως ένα μέσο αποφυγής των “trans” λιπαρών που δημιουργούνται μέσω της διαδικασίας της υδρογόνωσης, για την ενίσχυση της περιεκτικότητας σε ω-3 λιπαρά οξέα για ανθρώπινη και ζωική χρήση και τέλος για την αύξηση της συνολικής περιεκτικότητας του ελαίου στο σπόρο. Σύμφωνα με τη συλλογή γενετικού υλικού του Υπουργείου Γεωργίας των Ηνωμένων Πολιτειών, η φαινοτυπική διακύμανση της πρωτεΐνης και του λαδιού του σπόρου της σόγιας κυμαίνεται από 34,1-56,8% και 8,1-27,9% αντίστοιχα (Wilson, 2004).

Επίσης την τελευταία δεκαετία, υπάρχει μια συνεχώς αναπτυσσόμενη τάση για βιομηχανικές εφαρμογές, αξιοποιώντας το σογιέλαιο. Ένα παράδειγμα είναι η απότομη αύξηση παραγωγής βιοντίζελ από τη σόγια, όπου το 2001 η παραγωγή ήταν 5εκ. γαλόνια και το 2012 είχε ανέβει στο 1δισ ([www.soystats.com](http://www.soystats.com)). Η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση σε σογιέλαιο έχει κεντρίσει το ενδιαφέρον σε νέες εφαρμογές της τεχνολογίας που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την αύξηση της περιεκτικότητας των σπόρων σε λάδι.

Οι βελτιωτές έχουν κάνει σημαντική πρόοδο, μέσω της βελτίωσης των συνολικών αποδόσεων και συνεπώς της παραγωγής μεγαλύτερης ποσότητας πρωτεΐνης και ελαίου ανά εκτάριο. Η εφαρμογή της μοριακής βιολογίας και της βιοτεχνολογίας, οδήγησε στην ανάπτυξη καλύτερης ποιότητας λαδιού για την ανθρώπινη κατανάλωση και ζωοτροφή. Αυτό επιτεύχθηκε με την άμεση τροποποίηση της βιοσύνθεσης των

λιπαρών οξέων, αλλάζοντας τις σχετικές ποσότητες που βρίσκονται φυσιολογικά στη σόγια ή παράγοντας νέα λιπαρά οξέα (Damude and Kinney, 2008).

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση της περιεκτικότητας σε λάδι των σπόρων σόγιας είναι η γενετική τροποποίηση και η αξιοποίηση των φυσικών μεταλλάξεων καθώς και ο συνδυασμός δύο ή περισσότερων γονιδίων για τη βελτίωση των χαρακτηριστικών του ελαίου (Lee et al., 2010). Επιπλέον, η πρωτεΐνη περιέχει όλα τα απαραίτητα αμινοξέα, κάτι το οποίο την καθιστά κύρια πηγή τροφής για τον άνθρωπο και τα ζώα. Γενικά, η ποιότητα της πρωτεΐνης καθορίζεται από 3 παράγοντες: τη σύνθεση των απαραίτητων αμινοξέων, την πεπτικότητα της και τις απαιτήσεις σε αμινοξέα των ειδών που καταναλώνουν την πρωτεΐνη (Endres, 2001). Η αλληλεπίδραση του γενότυπου με το περιβάλλον, επηρεάζει την περιεκτικότητα σε λάδι και λιπαρά οξέα. Μελέτες εμφάνισαν, ότι η θερμοκρασία παίζει σημαντικό ρόλο στη σύνθεση του ελαίου και των λιπαρών οξέων, με τις υψηλές θερμοκρασίες να αυξάνουν την περιεκτικότητα ελαίου στο σπόρο (Wilson, 2004). Γενικά, θεωρείται ότι τα ελαιούχα φυτά που αναπτύσσονται σε θερμότερα κλίματα παράγουν σπόρους με χαμηλότερα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, απ' ότι όταν αναπτύσσονται σε ψυχρότερα περιβάλλοντα (Wolf et al., 1982). Υψηλές θερμοκρασίες κατά το στάδιο της ανάπτυξης των σπόρων, μπορεί να αυξήσουν την περιεκτικότητα του λαδιού (Hawell and Cartter, 1985), ενώ η παρατεταμένη ξηρασία μπορεί να μειώσει την περιεκτικότητα της πρωτεΐνης στο σπόρο (Specht et al., 2001).

Η αστάθεια του ελαϊκού και λινολενικού οξέος σε διάφορες θερμοκρασίες, είναι αντικείμενο μελέτης πολλών ερευνητών. Γενότυποι με μια μέση περιεκτικότητα σε ελαϊκό οξύ ή χαμηλό λινολενικό οξύ με γενετική τροποποίηση των λιπαρών οξέων μέσω μετάλλαξης, είναι πιο σταθεροί στις διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες, σε σύγκριση με γενότυπους που δημιουργήθηκαν μέσω συμβατικών μεθόδων βελτίωσης (Wilcox and Cavins, 1993; Schnebly and Fehr, 1992). Πειράματα που έγιναν στην Κεντρική Ευρώπη, σχετικά με την μεταβολή της περιεκτικότητας της πρωτεΐνης σε πρώιμες ομάδες ωριμότητας, εμφάνισαν ότι οι περιβαλλοντολογικές συνθήκες (εποχή, τοποθεσία) μπορούν να μεταβάλουν την περιεκτικότητα της πρωτεΐνης στους σπόρους. Η χαμηλή περιεκτικότητα, μπορεί να οφείλεται στην ανεπαρκή δέσμευση του αζώτου κατά τις ψυχρές εποχές, στον μεγάλο βαθμό βροχόπτωσης και στις χαμηλές θερμοκρασίες κατά το στάδιο γεμίσματος των σπόρων. Στους πρώιμους γενότυπους, η γενετική παραλλακτικότητα που παρατηρείται στην πρωτεΐνη είναι σημαντική στα διαφορετικά σχήματα λίπανσης με άζωτο και μπορεί να

χρησιμοποιηθεί στα βελτιωτικά προγράμματα, για μια σταδιακή βελτίωση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη των σπόρων (Vollmann et al., 2000).

Τα χαρακτηριστικά αγρονομικού και οικονομικού ενδιαφέροντος, είναι αποτέλεσμα της συνδυασμένης δράσης πολλών γονιδίων και της επίδρασης του περιβάλλοντος. Τέτοια πολυγονιδιακά, ποσοτικά χαρακτηριστικά, παρουσιάζουν φαινότυπους με συνεχή κατανομή που είναι δύσκολο να αναλυθούν (Mansur et al., 1993). Τα τελευταία χρόνια, αρκετές ερευνητικές ομάδες χρησιμοποιώντας διάφορους πληθυσμούς και διαφορετικές τεχνικές χαρτογράφησης βασιζόμενες στους μοριακούς δείκτες, εντόπισαν πολλά QTLs που σχετίζονται με την πρωτεΐνη του σπόρου, το λάδι και/ ή την απόδοση των φυτών (Chung et al., 2003). Η αύξηση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη, συνοδεύεται από ισόβαθμη μείωση της περιεκτικότητας σε λάδι, οδηγώντας τους συγγραφείς να θεωρήσουν ότι το μονοπάτι της σύνθεσης πρωτεΐνης και λαδιού ανταγωνίζεται για τις ίδιες πηγές άνθρακα και ενέργειας (Chung et al., 2003). Με την εφαρμογή της τεχνολογίας RNAi, η έκφραση των γονιδίων λιποξυγενάσης στους σπόρους της σόγιας θα μπορούσε να ανασταλθεί και η συγκέντρωση του λαδιού να αυξηθεί, κάτι το οποίο θα συνέβαλλε στη βελτίωση της ποιότητάς της (Ma et al., 2009). Επιπλέον δημιουργήθηκε με αφαιρετική υβριδοποίηση (SSH), ένας αριθμός διαφοροποιημένης έκφρασης cDNAs που σχετίζεται με περιεκτικότητα λαδιού (Cheng et al., 2007).

## **1.8 ΑΝΤΙΔΙΑΘΡΕΠΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ**

Έχει αναφερθεί ότι κάποιοι τύποι πρωτεϊνών στη σόγια, έχουν συγκεκριμένες φυσιολογικές επιδράσεις. Στη σόγια οι αντιθρεπτικοί παράγοντες είναι: φωσφορικά ινοσιτόλης, σαπωνίνες, αναστολείς πρωτεάσης, ισοφλαβόνες, λεκτίνες, ολιγοσακχαρίτες και τανίνες (Liener, 1994). Οι πρωτεάσες, οι οποίες είναι ανασταλτικές πρωτεΐνες είναι ευρέως διαδεδομένες στη φύση, αλλά οι αναστολείς τρυψίνης της σόγιας είναι οι πιο κοινές και λεπτομερώς μελετημένες. Σε ακατέργαστους σπόρους σόγιας, οι αναστολείς της τρυψίνης έχουν αναφερθεί πριν από 50 χρόνια και ο πρώτος ανασταλτικός παράγοντας τρυψίνης απομονώθηκε και κρυσταλλοποιήθηκε στις αρχές της δεκαετίας του '40.

Οι αναστολείς πρωτεάσης είναι πρωτεΐνες που αναστέλλουν την πρωτεολυτική δραστηριότητα των πεπτικών ενζύμων, όπως οι πρωτεάσες-σερίνης (τρυψίνη και χυμοτρυψίνη), οι οποίες είναι χαρακτηριστικά του γαστρεντερικού συστήματος των



ζώων. Αυτές οι πρωτεάσες-σερίνης, είναι πρωτεΐνες που σχηματίζουν σταθερά σύμπλοκα με τα πεπτικά ένζυμα και αποτρέπουν την καταλυτική τους δραστηριότητα (Shewry and Casey, 1999).

Οι δυο βασικοί αναστολείς πρωτεάσης που έχουν εντοπιστεί στα ψυχανθή και αποτελούν έναν περιοριστικό παράγοντα για τη χρήση της σόγιας στην ανθρώπινη διατροφή και στις ζωοτροφές, είναι οι αναστολείς Kunitz (KTI) και Bowman-Birk (BBI) (Kunitz, 1945; Bowman, 1944; Birk and Gertheler, 1961), οι οποίοι παρεμβαίνουν στην πέψη των πρωτεϊνών, με αποτέλεσμα τη μειωμένη ανάπτυξη των ζώων. Και οι δυο αυτοί τύποι, φέρουν τα ονόματα των επιστημόνων που τους απομόνωσαν και τους ανέλυσαν για πρώτη φορά. Ο αναστολέας Kunitz, με μοριακό βάρος που κυμαίνεται στα 20000 dalton (Kunitz, 1945) και ο αναστολέας Bowman-Birk ο οποίος είναι ένα μικρότερο πολυπεπτίδιο που κυμαίνεται στα 6000-12000 dalton (Bowman, 1944; Birk, 1961). Ο KTI, είναι ένα μονομερές μόριο και συγκεκριμένα μια μη γλυκοζυλιωμένη πρωτεΐνη που κωδικοποιείται από ένα γονίδιο (Orf and Hymowitz, 1979) και η διπλασιασμένη μορφή του έχει εντοπιστεί σε φυσικές μεταλλάξεις (Jofuku and Goldberg, 1989). Ο BBI, ελέγχεται από τρία γονίδια και έχει δυο ανεξάρτητες περιοχές αναστολής (Birk, 1985). Αυτά τα αλληλόμορφα μπορούν να ενσωματωθούν στις εμπορικές ποικιλίες της σόγιας για την αφαίρεση του KTI, σαν εναλλακτική λύση στα βελτιωτικά προγράμματα, στοχεύοντας στη δημιουργία νέων ποικιλιών, που βρίσκουν εφαρμογή στη βιομηχανία τροφίμων.

Και οι δύο αυτοί τύποι, αποτελούνται από έναν αριθμό διαφοροποιημένων πρωτεϊνών και οι αναστολείς πρωτεάσης αντιπροσωπεύουν την πλειοψηφία των βιο-ενεργών πρωτεϊνών που αναστέλλουν την τρυψίνη και την τρυψίνη- χυμοτρυψίνη, αντίστοιχα (Norton, 1991). Αποτελούν περίπου το 6% της πρωτεΐνης του σπόρου και μαζί με την λεκτίνη αντιπροσωπεύουν τους κύριους αντιθρεπτικούς παράγοντες στη σόγια (Ryan, 1973). Σχεδόν το 80% των αναστολέων της τρυψίνης προκαλείται από τον KTI, με αποτέλεσμα τη μείωση της πέψης των πρωτεϊνών (Brandon et al., 1993). Επίσης, ο KTI είναι υπεύθυνος για την υπερέκκριση ενζύμων στο πάγκρεας, κάτι το οποίο οδηγεί στην καταστολή της ανάπτυξης των ζώων. Συνεπώς, η ακατέργαστη σόγια δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ζωοτροφή και είναι αναγκαία η θερμική επεξεργασία, κατά τη διάρκεια της οποίας απενεργοποιούνται οι αντιδιαθρεπτικοί παράγοντες και τροποποιείται η δομή των πρωτεϊνών.

Η αποδοτικότητα της θερμικής επεξεργασίας για τη μείωση των αναστολέων πρωτεάσης είναι σημαντική αλλά διατηρείται ένα μικρό υπόλειμμα τους μετά την

ολοκλήρωση της επεξεργασίας (Jiao et al., 1992). Ο δεύτερος σημαντικός αντιθρεπτικός παράγοντας είναι οι λεκτίνες (γλυκοπρωτεΐνες), οι οποίες έχουν την ικανότητα να δεσμεύουν μόρια στα επιθηλιακά κύτταρα της βλεννογόνου του εντέρου που περιέχουν υδατάνθρακες και εμφανίζουν τοξικότητα ανάλογα με τον αριθμό των δεσμών με τα μόρια που δημιουργούνται, μειώνοντας τελικώς την απορρόφηση των θρεπτικών από τον οργανισμό (Liener, 2000).

Είναι γνωστό από πειράματα που έχουν γίνει, ότι η ακατέργαστη σόγια ή το μη επεξεργασμένο σογιάλευρο, προκαλεί μείωση της ανάπτυξης των νεαρών αρουραίων ή νεοσσών. Αυτό το αποτέλεσμα μπορεί να εξαλειφθεί εντελώς, όταν τα συστατικά της σόγιας υποστούν θερμική επεξεργασία. Μετά από μελέτες που έγιναν, βρέθηκε ότι οι αναστολείς της τρυψίνης παρουσιάζουν αστάθεια στην θερμότητα, συνεπώς η παρουσία τους στην διατροφή είναι υπεύθυνη για την καταστολή της ανάπτυξης. Στην πραγματικότητα η ανάπτυξη επιβραδύνεται, όταν οι αναστολείς προστίθενται σε δίαιτες που περιέχουν θερμικά επεξεργασμένο σογιάλευρο. Μετρήθηκε η περιεκτικότητα και η σταθερότητα της θερμικής επεξεργασίας των αναστολέων πρωτεάσης της ποικιλίας Williams 82 και μιας ισογονιδιακής σειράς (L81-4590) που στερείται του αναστολέα τρυψίνης Kunitz (KTI). Ο KTI της ισογονιδιακής σειράς ήταν λιγότερο από 0,2% σε σύγκριση με την ποικιλία Williams. Ο έλεγχος αρκετών accessions από τη Συλλογή Γενετικού Υλικού Σόγιας στην Αμερική (USDA), εμφάνισε παραλλακτικότητα στην περιεκτικότητα των αναστολέων τρυψίνης, αμινοξέων θείου και λεκτινών, αποδεικνύοντας ότι περαιτέρω μελέτες θα μπορούσαν να οδηγήσουν στην ανακάλυψη ποικιλιών που δίνουν θρεπτικό σογιάλευρο, ασφαλές για την υγεία και με την εφαρμογή της ελάχιστης θερμικής επεξεργασίας (Friedman et al., 1991).

Μια λογική εξήγηση για την επιβλαβή αυτή επίδραση των αναστολέων, θα ήταν ότι οι αναστολείς της τρυψίνης στο πεπτικό σύστημα των ζώων, μειώνουν την πέψη και την αξιοποίηση των πρωτεϊνών από τον οργανισμό. Έχει παρατηρηθεί, ότι η πρόσληψη των αναστολέων τρυψίνης, μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα την αυξημένη έκκριση του πάγκρεας και την υπερτροφία του. Η αυξημένη έκκριση των ενζύμων μέσα στο πεπτικό σύστημα, αντιπροσωπεύει μια εσωτερική απώλεια των πρωτεϊνών. Δεδομένου ότι οι πρωτεΐνες που εκκρίνονται από το πάγκρεας είναι ιδιαιτέρως πλούσιες σε θείο που περιέχει αμινοξέα, αυτή η εσωτερική απώλεια θα μπορούσε να είναι ιδιαίτερα σημαντική εάν η διαίτα περιορίζεται σε μεθειονίνη ή κυστίνη.

Σαν εναλλακτική λύση στη θερμική επεξεργασία, περιγράφηκε ένας γενότυπος σόγιας με χαμηλά επίπεδα δραστηριότητας του αναστολέα τρυψίνης, ο οποίος εμφάνιζε καλύτερη ανάπτυξη των χοίρων και των κοτόπουλων (Singh et al., 1969; Hymowitz, 1984). Τα επίπεδα των αναστολέων τρυψίνης διαφέρουν ανάλογα την ποικιλία (Vollmann et al., 2003). Μια εκτενέστερη γνώση της μεταβλητότητας των αναστολέων πρωτεάσης στις ποικιλίες σόγιας, θα μπορούσε να διευκολύνει τις συνεχείς προσπάθειες βελτίωσης της ποιότητας της πρωτεΐνης των σπόρων. Πρέπει να διερευνηθεί περαιτέρω η σχέση μεταξύ των γενοτύπων και της περιεκτικότητας των σπόρων των ΚΤΙ και ΒΒΙ πρωτεϊνών, με τη δραστηριότητα της τρυψίνης και της χυμοτρυψίνης (Nielsen, 1990).

Σε μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στη Βραζιλία, έγινε σύγκριση και ανάλυση 5 εμπορικών ποικιλιών, όσον αφορά την παρουσία αντιθρεπτικών ή τοξικών παραγόντων. Βρέθηκε ότι η ποικιλία “Rio Balsas”, λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη, έλλειψης σε τοξίνες και χαμηλά επίπεδα αναστολέων θρέψης τρυψίνης, λεκτίνης και ουρεάσης, θα μπορούσε να ήταν μια εναλλακτική λύση στα βελτιωτικά προγράμματα, στοχεύοντας στη βελτίωση της θρεπτικής αξίας της σόγιας (Vasconcelos et al., 1999). Μέσω του Προγράμματος Βελτίωσης Ποιότητας Σόγιας του Ινστιτούτου Βιοτεχνολογίας (BIOAGRO) του Πανεπιστημίου Federal στη Viçosa της Βραζιλίας, δημιουργήθηκε ένας γενότυπος σόγιας που στερείται τον αναστολέα τρυψίνης Kunitz (ΚΤΙ) και λεκτίνης (LEC) (Brune et al., 2010).

## 1.9 ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΣΠΟΡΩΝ

Η απώλεια της βιωσιμότητας των σπόρων κατά την αποθήκευση αποτελεί μεγάλο πρόβλημα για πολλές καλλιέργειες, αλλά είναι ιδιαίτερος σημαντικό για την καλλιέργεια της σόγιας. Κατατάσσεται ανάμεσα στις ομάδες φυτών της οποίας οι σπόροι έχουν την μικρότερη διάρκεια ζωής κατά την αποθήκευση, σύμφωνα με την ταξινόμηση του «Σχετικός Δείκτης Βιωσιμότητας» (Justice and Bass, 1978). Επίσης, μελέτες έχουν δείξει ότι το χρονικό διάστημα όπου μια παρτίδα σπόρων παραμένει βιώσιμη για μεγάλο χρονικό διάστημα, επηρεάζεται από την αρχική ποιότητα της σποροπαρτίδας, την περιεχόμενη υγρασία, τη θερμοκρασία, τη σχετική υγρασία και τις ανταλλαγές αερίων στην αποθήκη (Barton, 1943; Vertucci and Ross, 1990, 1993). Λόγω του γεγονότος, ότι η συσσώρευση διαφόρων ουσιών στους σπόρους καθορίζεται γενετικά, η μακροβιότητά τους κατά την αποθήκευση αποτελεί μια

γενετικώς ελεγχόμενη διαδικασία (Delouche, 1968). Η άριστη ποιότητα των σπόρων, σύμφωνα με τη βλαστικότητα και την ευρωστία τους, επιτυγχάνεται κατά την φυσιολογική ωρίμανση (Bewley and Black, 1994). Πέραν αυτού του σταδίου, ο σπόρος υποβαθμίζεται. Η υποβάθμιση των σπόρων είναι μια αναπόφευκτη διαδικασία, η οποία δεν αντιστρέφεται. Το μόνο που μπορεί να γίνει είναι να μειωθεί ο βαθμός της, ελέγχοντας τις συνθήκες κατά την αποθήκευση (Delouche, 1968). Συνεπώς, η γενετική των σπόρων, το περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσονται και οι συνθήκες που επικρατούν κατά την αποθήκευση, είναι 3 κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν τη μακροβιότητα, τη βιωσιμότητα και την ευρωστία τους (Sun et al., 2007).

Μετά τη συγκομιδή, οι συνθήκες κατά την αποθήκευση μπορούν να καθορίσουν τα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τη βλαστικότητα και με το δυναμικό της ευρωστίας των σπόρων (Mc Donald, 1999). Παράγοντες όπως οι περιβαλλοντικές συνθήκες κατά το στάδιο ανάπτυξης των σπόρων, παράσιτα και ασθένειες, περιεκτικότητα σπόρου σε λάδι και υγρασία, μηχανικές ζημιές, η διάρκεια αποθήκευσης και η σχετική υγρασία της αποθήκης, μπορούν να επηρεάσουν την ευρωστία των σπόρων (Krishnan et al., 2003; Marshal and Levis, 2004). Η γήρανση των σπόρων σχετίζεται με τη διάρκεια του χρόνου αποθήκευσης αλλά και με τη θερμοκρασία και την υγρασία (Ellis and Roberts, 1981). Συνεπώς το περιβάλλον αποθήκευσης, επηρεάζει σημαντικά την περίοδο ζωής των σπόρων. Η αύξηση της θερμοκρασίας, της υγρασίας και της πίεσης του οξυγόνου κατά την αποθήκευση, μπορεί να προκαλέσει καταστροφές στη δομή του DNA και του ριβοσωμικού RNA των σπόρων, αυξάνοντας την ενζυματική δραστηριότητα, την αναπνοή και τη διαπερατότητα των μεμβρανών (Mc Donald, 1999).

Γενικότερα, η βιωσιμότητα των σπόρων της σόγιας υποβαθμίζεται κατά την αποθήκευση. Η γήρανση ή απώλεια της ευρωστίας των σπόρων, αποδεικνύεται από την καθυστερημένη βλάστηση και εμφάνιση των σποροφύτων, αργή ανάπτυξη, αυξημένη ευαισθησία στο περιβαλλοντικό στρες και τελικώς μια μείωση στην φυτρωτικότητα (Parrish and Leopold, 1977).

Ο Harrington (1959), προσδιόρισε τις άριστες συνθήκες αποθήκευσης στο «rules of thumb», το οποίο είναι πρότυπο στη βιομηχανία των σπόρων. Σ' αυτούς τους κανόνες αναφέρεται, ότι μια μείωση της τάξης του 1% στην περιεχόμενη υγρασία του σπόρου, διπλασιάζει το χρόνο αποθήκευσής του. Επίσης, μια μείωση 5° C στη θερμοκρασία της αποθήκης, διπλασιάζει τη διάρκεια αποθήκευσης του σπόρου. Ακόμη ανέφερε ότι

το άθροισμα της θερμοκρασίας σε °F και το ποσοστό της σχετικής υγρασίας, δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 100. Αυτοί οι κανόνες εφαρμόζονται για την διατήρηση σπόρων για μικρή περίοδο αποθήκευσης, 2 ή περισσότερων χρόνων (Walters, 1998). Μελέτες έχουν δείξει ότι υψηλή θερμοκρασία και σχετική υγρασία στον αποθηκευτικό χώρο, αυξάνουν το βαθμό υποβάθμισης της σποροπαρτίδας (Harrington, 1973). Σπόρους στους οποίους παρατηρούνται διακυμάνσεις στα επίπεδα υγρασίας, υποβαθμίζονται ταχύτερα από αυτούς που διατηρούν σταθερά επίπεδα (Bass, 1973). Συνεπώς, το μέγεθος της διακύμανσης της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας, καθώς επίσης η διάρκεια της αποθήκευσης, είναι σημαντικές παράμετροι για το βαθμό της υποβάθμισης (Delouche, 1968).

Ενώ έχουν γίνει πολλές μελέτες όσον αφορά ακατέργαστους σπόρους σόγιας, υπάρχουν ελάχιστες πληροφορίες σχετικά με την επίδραση της επεξεργασίας των σπόρων και της χημικής τους σύνθεσης, για την μακροζωία τους κατά την αποθήκευση. Σπόροι σόγιας που αποθηκεύθηκαν για 6 μήνες στους 15° C, διατήρησαν υψηλά ποσοστά βλαστικότητας (95%) και ευρωστίας, ενώ η αποθήκευση σε ψυχρό περιβάλλον διατηρεί τη σχετική υγρασία στο 60% (Krittigamas et al., 2001). Άλλη μελέτη έδειξε ότι σπόροι αποθηκευμένοι σε ελεγχόμενη θερμοκρασία 15° C και 20° C, είχε υψηλότερο βαθμό βλαστικότητας σε σύγκριση με αυτούς που αποθηκεύθηκαν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Με την αύξηση του χρόνου αποθήκευσης, η βλαστική ικανότητα μειώνεται με έναν ρυθμό που εξαρτάται από το γενότυπο (είδος, ποικιλία, σπορομερίδα) και από τις συνθήκες αποθήκευσης (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, σύνθεση της ατμόσφαιρας). Ιδιαίτερα στους ελαιούχους σπόρους της σόγιας, η μείωση της βλαστικής ικανότητας με την πάροδο του χρόνου είναι σημαντική με συνέπεια την υποβάθμιση της αξίας του σπόρου ως πολλαπλασιαστικό υλικό.

Σύμφωνα με τον Roberts (1983), η βιωσιμότητα των σπόρων μετά από μια περίοδο αποθήκευσης, μπορεί να υπολογιστεί με τη μέθοδο της probit analysis. Με βάση αυτή τη μέθοδο, που προτάθηκε αρχικά από τον C. I. Bliss το 1934, τα ποσοστά επιβίωσης μετατρέπονται σε «μονάδες πιθανότητας» (probability unit ή probit). Για παράδειγμα το ποσοστό 0,01%, μετατρέπεται σε τιμή probit 0 και το 99,9% σε τιμή probit 10. Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της probit analysis, η πορεία της γήρανσης μετατρέπεται σε γραμμική παράσταση από την οποία προκύπτει η τιμή P<sub>50</sub>, που ορίζει το χρόνο κατά τον οποίο η βλαστικότητα των σπόρων θα μειωθεί κατά 50% (Roberts, 1960; Ellis and Roberts, 1980). Το μοντέλο αυτό προβλέπει την ανάπτυξη

νομογραφημάτων” (nomographs), ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως οδηγός με λογική ακρίβεια για την πρόβλεψη της ποιότητας του συγκομιζόμενου σπόρου.

#### 1.10 ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΠΟΡΟΥ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΣΟΓΙΑΣ

Η σόγια [*Glycine max* (L.) Merr.] είναι μια σημαντική καλλιέργεια λόγω της υψηλής περιεκτικότητας των σπόρων σε πρωτεΐνη και εδώδιμο έλαιο, τα οποία πλησιάζουν το άριστο διαιτητικό προφίλ αμινοξέων για την ανθρώπινη κατανάλωση και για ζωοτροφή (Lusas, 2004). Ο σπόρος της περιέχει περίπου 40% πρωτεΐνη, 20% λιπαρά, 35% υδατάνθρακες και σχεδόν 5% τέφρα (Orthofer, 1978). Η σύσταση των σπόρων μπορεί να διαφέρει ως ένα βαθμό, ανάλογα την ποικιλία και τις συνθήκες ανάπτυξης. Μέσω της βελτίωσης των φυτών, έγινε δυνατή η επίτευξη επιπέδων πρωτεΐνης 40% και 45%, και επιπέδων λιπιδίων 18-20% . Συνήθως, μια αύξηση της τάξεως του 1% στην περιεκτικότητα της πρωτεΐνης, ακολουθείται από μια μείωση της τάξεως του 0,5% της περιεκτικότητας σε λάδι. Αυτή η αρνητική συσχέτιση μεταξύ της πρωτεΐνης και του λαδιού, είναι ένας από τους λόγους για το μειωμένο ενδιαφέρον καλλιέργειας ποικιλιών υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη, από τη στιγμή που η παραγωγή τους, δεν έχει ως αποτέλεσμα αύξηση των εισροών ανά καλλιεργούμενο εκτάριο (<http://www.fao.org/docrep/t0532e/t0532e02.htm>). Η βασική σύσταση της σόγιας, σε αντιπροσωπευτικούς μέσους όρους, απεικονίζεται στον Πίνακα 4.

**Πίνακας 4:** Αντιπροσωπευτική σύσταση σπόρου σόγιας

Τμήμα σπόρου	(%) βάρους ολόκληρου του σπόρου	% (Υγρασία)			
		Πρωτεΐνη	Λιπίδια	Υδατάνθρακες	Τέφρα
		N x 6.25		(+ Φυτικές ίνες )	
Κοτυληδόνες	90	43	23	43	5.0
Ουλή	8	9	1	86	4.3
Υποκοτύλη	2	41	11	43	4.4
Ολόκληρος σπόρος	100	40	20	35	4.9

Πηγή: Cheftel et al. (1985)

Το λάδι της σόγιας είναι ένα εδώδιμο φυτικό έλαιο που χρησιμοποιείται σε πολλά εξευγενισμένα έλαια/ λιπαρά προϊόντα. Τα φωσφολιπίδια, ένα παραπροϊόν του επεξεργασμένου σογιέλαιου, διατίθενται στο εμπόριο ως λεκιθίνες και εφαρμόζονται σε γαλακτοματοποιητές, διαβρεκτικές ουσίες και αντιοξειδωτικά (Smith, 1989). Πολλά ακόμη παραπροϊόντα του σογιέλαιου έχουν εφαρμογές στην ανθρώπινη υγεία και στη βιομηχανία. Από την εξημέρωση της σόγιας, οι σπόροι της έγιναν απαραίτητη και κύρια πηγή πρωτεΐνης για τον άνθρωπο, κυρίως στις Ασιατικές χώρες. Η παρασκευή παραδοσιακών προϊόντων όπως miso, σως σόγιας, γάλα σόγιας, tempeh και τοφού, έχουν ως βάση τη σόγια (Hymowitz, 2004). Η πρωτεΐνη της σόγιας, εκτός από την θρεπτική αξία έχει και εφαρμογές στην ιατρική. Πρόσφατες μελέτες αναφέρουν, ότι η κατανάλωση τροφών με βάση τη σόγια μειώνει τις πιθανότητες εμφάνισης καρκίνου, χοληστερόλης, οστεοπόρωσης και καρδιακών νοσημάτων (Birt et al., 2004).

Ανάμεσα στα ελαιοδοτικά φυτά (ελαιοκράμβη, βαμβακόσπορος, φιστίκι, ηλιοτρόπιο), η σόγια παρέχει το 57% της παγκόσμιας παραγωγής ελαιόσπορου (soystats, 2013). Η ζήτηση στο σογιέλαιο οφείλεται, στο ότι ο σπόρος έχει σχετικά υψηλά επίπεδα πρωτεΐνης και λαδιού και χαμηλή συνολική περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες. Το σογιέλαιο συντίθεται από 5 λιπαρά οξέα, τα κορεσμένα λιπαρά οξέα τα οποία είναι το παλμιτικό (16:0) και το στεαρικό (18:0) οξύ και τα ακόρεστα λιπαρά οξέα τα οποία είναι το ελαϊκό (18:1), το λινολεϊκό (18:2) και το λινολενικό (18:3) οξύ. Επίσης, η σόγια είναι σημαντική πηγή ιχνοστοιχείων, βιταμίνης Β, φολικού οξέος και ισοφλαβόνων, όπου έχει αποδειχθεί ότι επιβραδύνουν την ανάπτυξη διαφόρων ασθενειών (Wilson, 2004). Εκτός από την ανθρώπινη κατανάλωση, η σόγια είναι σημαντική πηγή πρωτεΐνης όσον αφορά τη θρέψη των ζώων. Η διατροφική αξία του σογιάλευρου στην τροφή των ζώων αναγνωρίστηκε μετά το 2<sup>ο</sup> Παγκόσμιο Πόλεμο. Σήμερα χρησιμοποιείται κυρίως σαν πηγή πρωτεΐνης για τη διατροφή των ζώων.

Η περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα σχετίζεται με τη γεύση, τη σταθερότητα και τη διατροφική αξία του λαδιού. Τα κύρια λιπαρά οξέα στη σόγια είναι το παλμιτικό οξύ, στεαρικό, ελαϊκό, λινελαϊκό και λινολενικό (Töpfer and Martini, 1994). Οι σημερινές ποικιλίες σόγιας περιέχουν 8,3-50,3 ελαϊκό οξύ (USDA, ARS, National Genetic Resources Program, 2014. <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/obvalue.pl?51068>). Ο στόχος των ερευνητών είναι η παραγωγή σογιέλαιου με υψηλή περιεκτικότητα σε ελαϊκό οξύ και χαμηλή περιεκτικότητα σε λινολενικό οξύ, για χρήση στη μαγειρική και αρτοποιία, λάδι με μεγαλύτερη

συγκέντρωση σε ελαϊκό οξύ για χρήση στην παραγωγή λιπαντικών, βιοντίζελ και σογιέλαιο με αυξημένη ποσότητα πολυακόρεστων λιπαρών οξέων ως συμπλήρωμα διατροφής (Wilson, 2004).

Στη συλλογή γενετικού υλικού σόγιας του USDA-ARS, υπάρχουν 23,523 καταχωρήσεις στις οποίες παρατηρείται μεγάλη γενετική παραλλακτικότητα, όσον αφορά την περιεκτικότητα των σπόρων σε πρωτεΐνη και λάδι (USDA-ARS GRIN database, 2014. <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/stats/genus.pl?Glycine>). Οι τιμές της πρωτεΐνης κυμαίνονται από 31,7-57,9 ξ.β. σπόρου (USDA-ARS, 2014. <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/obvalue.pl?51016> ενώ του ελαίου από 6,5-25,6 ξ.β. σπόρου (USDA-ARS, 2014. <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/obvalue.pl?51019>). Μεταξύ αυτών των δυο χαρακτηριστικών, υπάρχει αρνητική συσχέτιση, με αποτέλεσμα η βελτίωση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη να μειώνει τα επίπεδα ελαίου και αντίστροφα (Hurburgh et al., 1990). Είναι πολύ σπάνιο να βρεθεί γενετικό υλικό με σχετικά υψηλή περιεκτικότητα και σε πρωτεΐνη και σε λάδι (Wilson, 2004).

Επιπλέον, η σόγια έχει αρκετές χρήσεις και εφαρμογές στη βιομηχανία, όπως σε δομικά υλικά, πλαστικά, τσιμέντο, απολυμαντικά, χαρτί, λάδια μηχανών, μελάνι εκτύπωσης, μπογιές, παρασιτοκτόνα, καλλυντικά και φαρμακευτικά προϊόντα (Lusas, 2004). Η λεκιθίνη που εξάγεται από το σογιέλαιο, είναι ένας φυσικός γαλακτοματοποιητής και λιπαντική ουσία και βρίσκει πολλές εφαρμογές σε φαρμακευτικά προϊόντα, μέχρι και προστατευτικούς παράγοντες. Από τα τέλη δεκαετίας 1970, τα λιπαρά οξέα του σογιέλαιου χρησιμοποιούνται για παραγωγή βιοντίζελ (έχει καλύτερη καύση και μικρότερη μόλυνση περιβάλλοντος), όπου το 2012 καταναλώθηκαν στην Αμερική 4,162.5εκ. λίτρα (<http://soystats.com/biodiesel-u-s-production-history/>).



## ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο σκοπός της εργασίας, ήταν η μελέτη των μορφολογικών και αγρονομικών χαρακτηριστικών δέκα ποικιλιών σόγιας και η εκτίμηση των αποδόσεών τους υπό συνθήκες αγρού σε δυο διαφορετικές πυκνότητες σποράς, τόσο ως κύρια όσο και ως επίσπορη καλλιέργεια. Επιπλέον, έγιναν διαλληλικές διασταυρώσεις μεταξύ του συνόλου των εξεταζόμενων ποικιλιών για έλεγχο της συνδυαστικής ικανότητας και στόχο την παραγωγή σπόρου της F1 γενεάς.

Επίσης, έγινε έλεγχος της ποιότητας, της βιωσιμότητας και της βλαστικής ικανότητας, μετά την εφαρμογή πειραμάτων τεχνητής γήρανσης σε σπόρους των ποικιλιών σόγιας που διατηρήθηκαν κάτω από δύο διαφορετικές συνθήκες αποθήκευσης, με στόχο τον έλεγχο του βαθμού υποβάθμισης των σπόρων κάτω από συνθήκες εργαστηρίου.

## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1 Πειράματα Αγρού

#### 2.1.1 Γενετικό υλικό και πειραματική διάταξη

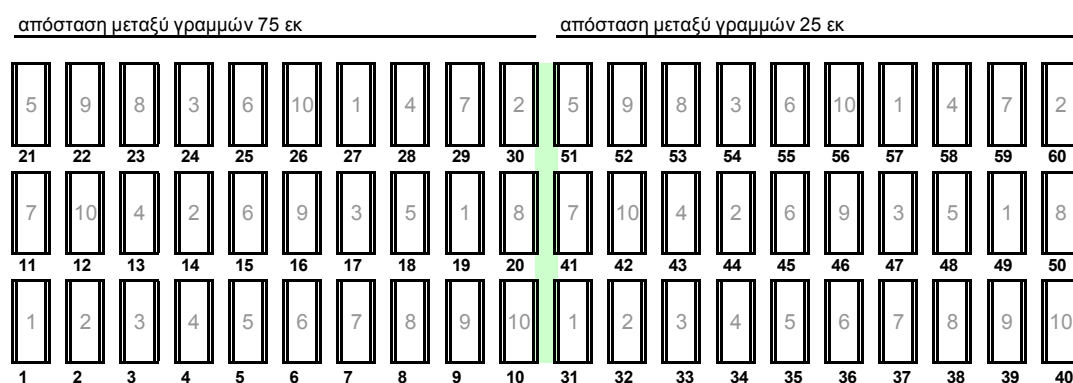
Το γενετικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν δέκα ποικιλίες σόγιας (Πίνακας 5), οι οποίες καλλιεργήθηκαν στο Ινστιτούτο Κτηνοτροφικών Φυτών και Βοσκών του ΕΘΙΑΓΕ Λάρισας κατά τη θερινή καλλιεργητική περίοδο 2013. Το πειραματικό σχέδιο ήταν πλήρων ομάδων (RCBD) με 3 επαναλήψεις, 3 γραμμές σποράς για κάθε ποικιλία και σε δύο πυκνότητες φύτευσης (Εικόνα 4). Η πρώτη φύτευση αφορούσε αραιή σπορά με απόσταση μεταξύ των γραμμών 75εκ. και η δεύτερη, πυκνή σπορά με απόσταση μεταξύ των γραμμών 25εκ., τόσο σε κανονική όσο και σε επίσπορη καλλιέργεια.

Η σπορά της κύριας και της επίσπορης καλλιέργειας έγινε με το χέρι, στις 9/5/2013 και στις 25/6/2013, αντίστοιχα. Το πειραματικό σχέδιο ήταν το ίδιο και για τις δυο καλλιέργειες (Εικόνα 4). Στην αραιή σπορά των 75εκ., σπάρθηκαν περίπου 135 σπόροι/ γραμμή, με απόσταση μεταξύ των σπόρων περίπου 3,5εκ. και στην πυκνή σπορά των 25εκ., σπάρθηκαν περίπου 45 σπόροι/ γραμμή, με απόσταση μεταξύ των σπόρων περίπου 8-10εκ.

**Πίνακας 5:** Ποικιλίες Σόγιας.

Κωδικός	Ποικιλία	Προέλευση
1	Fortuna	Σερβία (NoviSad)
2	Zora	Σερβία (NoviSad)
3	PR92B63	Αμερική (Pioneer)
4	PR91M10	Αμερική (Pioneer)
5	Sphera	Γαλλία
6	Shama	Γαλλία
7	Atlantic	Ιταλία
8	Kondor	Σερβία (NoviSad)
9	PR92M22	Αμερική (Pioneer)
10	Mercury	Σερβία (NoviSad)

Στο σχέδιο σποράς (Εικόνα 4), ο αριθμός μέσα στο κάθε πειραματικό τεμάχιο αναφέρεται στην αντίστοιχη ποικιλία (Πίνακας 5).



**Εικόνα 4:** Πειραματικό σχέδιο αγρού κύριας και επίσπορης καλλιέργειας.

### 2.1.2 Εφαρμογή εδαφολογικών αναλύσεων και καλλιεργητικές φροντίδες

Η δειγματοληψία και η ανάλυση του εδάφους έγινε στις 12/9/2013 και τα αποτελέσματα εμφανίζονται στον Πίνακα 6. Ανά τακτά χρονικά διαστήματα στα πειραματικά τεμάχια εφαρμόζονταν σκαλίσματα και φρεζαρίσματα, για τη διατήρηση των πειραματικών τεμαχίων καθαρών από ζιζάνια.

Η λίπανση της κύριας καλλιέργειας εφαρμόστηκε σε 3 δόσεις και η ποσότητα του λιπάσματος ήταν αναλογικά η ίδια ανά πειραματικό τεμάχιο ανεξαρτήτου πυκνότητας κατά τη σπορά.

1. Στις 8/5/2013, εφαρμόστηκαν 3 μονάδες N/ στρ. (20κιλά/ στρ.) του λιπάσματος 15-15-15,
2. Στις 25/6/2013, κατά το στάδιο πλήρους ανθοφορίας, εφαρμόστηκαν περίπου 7 μονάδες N (περίπου 180γρ/ πειραμ. τεμ.) του λιπάσματος 34,5-0-0 στα πειραματικά τεμάχια των 75εκ. και ανάλογη ποσότητα 7 μονάδων N (περίπου 60 γρ/ πειρ. τεμ.) του λιπάσματος 34,5-0-0 στα πειραματικά τεμάχια των 25εκ.,
3. Στις 10/7/2013, κατά το τέλος της ανθοφορίας, εφαρμόστηκαν 7 μονάδες N του λιπάσματος 34,5-0-0 (180γρ/ τεμ.) στα τεμάχια των 75εκ. και 7 μονάδες N (60γρ/ τεμ.) 34,5-0-0 στα τεμάχια των 25εκ.

**Πίνακας 6:** Εδαφολογικές αναλύσεις πειραματικού αγρού.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	Κωδικός Δείγματος :	7131
	Στοιχεία δείγματος :	Σόγια 2013*
	Βάθος δειγματοληψίας (cm) :	0-30
		<b>Τιμή</b>
ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ	Άμμος (%)	37
	Άργιλος (%)	42
	Ιλύς (%)	21
	Χαρακτηρισμός Εδάφους	C
	pH ( $H_2O$ 1:1) (25°C)	7,3
	Ηλ. αγωγιμότητα στους 25°C ( $\mu S/cm$ )	471
	Ισοδύναμο $CaCO_3$ (%)	1,5
	Οργανική ουσία (%)	1,3
	Φώσφορος ( $P_{Olsen}$ ) (mg/kg)	18
ΑΝΤΑΛΛΑΞΙΜΑ ΚΑΤΙΟΝΤΑ	Ανταλλάξιμο κάλιο (cmol+/kg εδ.)	1,1

\* Ινστιτούτο Κτηνοτροφικών Φυτών & Βοσκών: Δειγματοληψία από τη θέση που μπήκε το πείραμα του 2013. Πηγή: ΕΛΓΟ –ΔΗΜΗΤΡΑ-ΙΧΤΕΛ

Στην επίσπορη καλλιέργεια εφαρμόστηκε βασική λίπανση με 4 μονάδες N- P- K (180γρ./ τεμ.) του λιπάσματος 15-15-15, για τα τεμάχια των 75εκ. και 60γρ./ τεμ. για τα τεμάχια των 25εκ., στις 25/6/13. Επίσης, στις 31/7/13 όπου τα φυτά βρίσκονταν στο στάδιο της πλήρους ανθοφορίας, εφαρμόστηκαν περίπου 6,9 μονάδες N (180γρ./ τεμ.) από το 34,5-0-0 στα τεμάχια των 75εκ. και περίπου 6,9 μονάδες N (60γρ./ τεμ.) από το 34,5-0-0 στα τεμάχια των 25εκ.

Όσον αφορά την άρδευση, στην κύρια καλλιέργεια εφαρμόστηκαν περίπου 600-650χιλιοστά νερού και στην επίσπορη καλλιέργεια, περίπου 450-480χιλιοστά. Γενικά, στην επίσπορη καλλιέργεια υπολογίστηκαν 25-30% λιγότερα ποτίσματα απ' ότι στην κύρια.

### **2.1.3 Μετρήσεις και παρατηρήσεις**

Η λήψη παρατηρήσεων στον αγρό πραγματοποιούνταν μέσω της επιλογής δέκα φυτών από τις μεσαίες γραμμές του κάθε πειραματικού τεμαχίου και των 3 επαναλήψεων. Οι παρατηρήσεις αφορούσαν την καταγραφή μορφολογικών χαρακτηριστικών κατά UPOV \* ([www.upov.org](http://www.upov.org)) και συγκεκριμένα:

- Υποκοτύλη: ανθοκυανίνη (1\*)
- Υποκοτύλη: ένταση ανθοκυανίνης (2\*)
- Τύπος ανάπτυξης (3\*)
- Τρόπος ανάπτυξης (4\*)
- Χρώμα τριχών κύριου στελέχους (5\*)
- Ύψος φυτού (6\*)
- Σχήμα πλευρικών φύλλων (8\*)
- Μέγεθος πλευρικών φύλλων (9\*)
- Ένταση πράσινου χρώματος φύλλων (10\*)
- Χρώμα άνθους (11\*)
- Λοβός – ένταση καφέ χρώματος (12\*)
- Μέγεθος σπόρου (13\*)
- Σχήμα σπόρου (14\*)

Επίσης, από τις μεσαίες γραμμές των πειραματικών τεμαχίων της κύριας και της επίσπορης καλλιέργειας, μετρήθηκε η φυτρωτική ικανότητα, το ύψος των φυτών, το ύψος εμφάνισης του πρώτου λοβού και ο αριθμός των λοβών ανά φυτό.

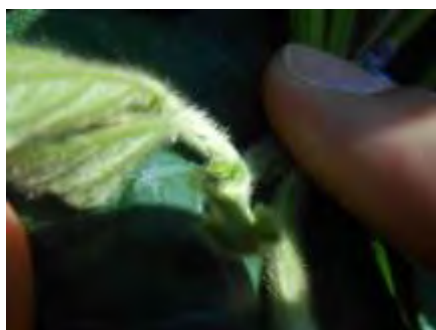
### **2.1.4 Φυσιολογική ωρίμανση - Συγκομιδή**

Το στάδιο της φυσιολογικής ωρίμανσης στη σόγια, προσδιορίζεται από τον κίτρινο ή καφέ χρωματισμό που παίρνουν οι λοβοί, από την αλλαγή του χρώματος των σπόρων προς το κίτρινο και από το κιτρίνισμα των φύλλων, τα οποία σταδιακά αρχίζουν να πέφτουν. Η περιεκτικότητα σε υγρασία στους σπόρους σ' αυτό το στάδιο, είναι περίπου 50%. Η συγκομιδή, πραγματοποιείται 2-3 εβδομάδες αργότερα, όταν η υγρασία των σπόρων πέσει κάτω από 15%, και όταν πέσουν σχεδόν όλα τα φύλλα. Στο συγκεκριμένο πείραμα καταγράφηκαν οι ημερομηνίες του σταδίου της φυσιολογικής ωρίμανσης των δέκα ποικιλιών, καθώς και οι ημερομηνίες συγκομιδής τους. Η συγκομιδή έγινε με το χέρι, από τις μεσαίες γραμμές του κάθε πειραματικού

τεμαχίου. Η συγκομιδή της κύριας καλλιέργειας, ξεκίνησε από τα τέλη Αυγούστου έως αρχές Σεπτεμβρίου και η επίσπορη καλλιέργεια συγκομίστηκε στις 15 Οκτωβρίου.

#### **2.1.5 Διασταυρώσεις στον αγρό**

Στα πλαίσια του πειράματος και με στόχο τον έλεγχο της συνδυαστικής ικανότητας αλλά και την παραγωγή σπόρου της F1 γενιάς, εφαρμόστηκαν διαλληλικές διασταυρώσεις με όλους τους πιθανούς συνδυασμούς των δέκα ποικιλιών μεταξύ τους, κατά την περίοδο της άνθησης της επίσπορης καλλιέργειας (Εικόνα 5 & 6).



**Εικόνα 5 και 6:** Κατάλληλο στάδιο του άνθους για διασταύρωση

Η έναρξη της άνθησης παρατηρήθηκε στις αρχές Αυγούστου 2013 και η διάρκεια των διασταυρώσεων σε καθημερινή βάση ήταν περίπου 2 εβδομάδες (Εικόνα 7 & 8). Τα άνθη επιλέγονταν στο κατάλληλο στάδιο και οι διασταυρώσεις γίνονταν νωρίς το πρωί.



**Εικόνα 7 και 8:** Στάδιο επικονίασης με γύρη της ποικιλίας – δότη

Ακολούθως τοποθετούνταν καρτελάκι με σημειωμένους τους κωδικούς των διασταυρούμενων ποικιλιών και την ημερομηνία που έγινε η διασταύρωση. Κατά τη συγκομιδή, οι λοβοί που προήλθαν από τις διασταυρώσεις συγκομίστηκαν ξεχωριστά για κάθε συνδυασμό γονέων.

## 2.2 Πειράματα Εργαστηρίου

### 2.2.1 Πειράματα τεχνητής γήρανσης και ελέγχου ποιότητας του σπόρου

Ο σπόρος τριών ποικιλιών σόγιας Mercury, PR92B63, PR91M10 (*συγκομιδής 2012-επίσπορη καλλιέργεια*), κατά το Νοέμβριο του 2013 διαχωρίστηκε σε δυο ίσα μέρη και αποθηκεύθηκε στη μια περίπτωση σε θερμοκρασία δωματίου (**μεταχείριση Ι**) και στην άλλη σε συνθήκες ψυγείου, στους 7° C (**μεταχείριση ΙΙ**) για 6 μήνες. Η αρχική υγρασία των σπόρων αμέσως μετά τη συγκομιδή, ήταν 14%.

Στις 14/5/2013, έπειτα από 6 μήνες αποθήκευσης των σπόρων, εφαρμόστηκαν πειράματα τεχνητής γήρανσης μετά από την τοποθέτηση ποσότητας σπόρου των τριών ποικιλιών (σε ερμητικά κλειστά σακουλάκια) και για τις δυο μεταχειρίσεις, στους 40° C. Η υγρασία των σπόρων, πριν την εφαρμογή του πειράματος ήταν 12%. Προηγήθηκε έλεγχος της βλαστικής ικανότητας του σπόρου των εξεταζόμενων ποικιλιών σε συνθήκες προβλαστηρίου (23±1° C και σχετική υγρασία 90%). Ανά δύο ημέρες και για συνολικό διάστημα 20 ημερών, 200 σπόροι από κάθε ποικιλία και μεταχείριση, εξέρχονταν του θαλάμου τεχνητής γήρανσης και απολυμαίνονταν με διάλυμα χλωρίνης. Έπειτα οι σπόροι τοποθετούνταν ανά 50, σε 4 δοχεία προβλάστησης (4 επαναλήψεις), μεταφερόμενοι σε συνθήκες προβλαστηρίου (23±1° C και σχετική υγρασία 90%) (Εικόνα 9).



**Εικόνα 9:** Τοποθέτηση σπόρων σε συνθήκες προβλαστηρίου, για τον έλεγχο της βλαστικής ικανότητάς τους

Η εκτίμηση της βλαστικής ικανότητας, καταγράφονταν ανά δύο έως τρεις ημέρες και μέχρι την ολοκλήρωση των μετρήσεων.

Τα πειράματα ελέγχου βλαστικής ικανότητας επαναλήφθηκαν και την επόμενη χρονιά (5/3/2014) στις 3 ποικιλίες σόγιας: Mercury, PR92B63, PR91M10, οι οποίες ήταν αποθηκευμένες στους 7°C από τις 22/11/2012. Συγκεκριμένα, ο έλεγχος της

βλαστικότητας εφαρμόστηκε μετά από 16 μήνες αποθήκευσης, στις προαναφερόμενες συνθήκες.

### **2.2.2 Έλεγχος ποιότητας σπόρων, συγκομιδής 2013**

Στις 5/3/2014, έγινε έλεγχος της βλαστικής ικανότητας των σπόρων, δέκα ποικιλιών σόγιας από την κύρια και επίσπορη καλλιέργεια (*συγκομιδής 2013*) μετά από 6 μήνες αποθήκευσης σε θερμοκρασία δωματίου. Συγκεκριμένα 50 σπόροι από κάθε ποικιλία, τύπο καλλιέργειας (κανονική / επίσπορη), μεταχείριση (πυκνή / αραιή σπορά) και επανάληψη, απολυμάνθηκαν με τον τρόπο που προαναφέρθηκε και τοποθετήθηκαν σε συνθήκες προβλαστηρίου ( $23\pm 1^{\circ}\text{C}$  και σχετική υγρασία 90%). Η εκτίμηση της βλαστικής ικανότητας, καταγράφονταν ανά δύο έως τρεις ημέρες και μέχρι την ολοκλήρωση των μετρήσεων.

### **2.2.3 Μέτρηση πρωτεΐνης σπόρων**

Η περιεκτικότητα της πρωτεΐνης των σπόρων, μετρήθηκε σύμφωνα με τη μέθοδο Kjeldahl. Δείγματα των 3 ποικιλιών: Mercury, PR92B63 και PR91M10, αποθηκεύτηκαν στις 22/11/2012 σε δυο διαφορετικές συνθήκες (μεταχειρίσεις), στο ψυγείο στους  $7^{\circ}\text{C}$  και σε αποθήκη (θερμοκρασία περιβάλλοντος). Αρχικά, μετρήθηκε η περιεκτικότητα της πρωτεΐνης των 3 ποικιλιών, στις 3/12/2012, πριν από την μεταχείριση της αποθήκευσης στις δυο διαφορετικές συνθήκες. Έπειτα, πραγματοποιήθηκαν άλλες δύο μετρήσεις της πρωτεΐνης, στις 5/2/2013 και στις 10/4/2013, σε δείγματα σπόρων και των δυο μεταχειρίσεων με σκοπό να καταγραφεί τυχόν μεταβολή στη συγκέντρωση πρωτεΐνης σε σχέση με το χρόνο.

### **2.2.4 Βιωσιμότητα των σπόρων**

Η βιωσιμότητα των σπόρων χαρακτηρίζεται από τη βλαστική τους ικανότητα, η οποία συνήθως προσδιορίζεται με δοκιμές βλαστικότητας στο εργαστήριο. Έπειτα από την εφαρμογή των πειραμάτων ελέγχου ποιότητας των σπόρων και τεχνητής γήρανσης, των τριών ποικιλιών σόγιας: Mercury, PR92B63 και PR91M10 (σπόροι από επίσπορη καλλιέργεια, συγκομιδής 2012) και αξιοποιώντας το μοντέλο των Ellis and Roberts, 1980, μελετήθηκε η πορεία της γήρανσης των σπόρων, η οποία μετατρέπεται σε γραμμική παράσταση και έτσι προκύπτει η τιμή  $P_{50}$ , που ορίζει το χρόνο κατά τον οποίο η βλαστικότητα των σπόρων θα μειωθεί κατά 50%. Στα πλαίσια του πειράματος, εκτιμήθηκε η βιωσιμότητα των σπόρων με τη μέθοδο της



probit analysis, με σκοπό τον προσδιορισμό της σταθεράς  $K_i$  και της αρχικής βλαστικής ικανότητας των σπόρων.

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

#### 3.1 Διασταυρώσεις

Οι διασταυρώσεις που εφαρμόστηκαν στον πειραματικό αγρό, εμφανίζονται στον Πίνακα 7.

**Πίνακας 7:** Διασταυρώσεις που πραγματοποιήθηκαν στον αγρό

Κωδικοί ποικιλιών	Ποικιλίες	Αριθμός διασταυρώσεων
8 x 3	Kondor x PR92B63	15
6 x 7	Shama x Atlantic	15
7 x 6	Atlantic x Shama	11
5 x 9	Sphera x PR92M22	5
7 x 4	Atlantic x PR91M10	10
3 x 8	PR92B63 x Kondor	16
9 x 5	PR92M22 x Sphera	13
4 x 7	PR91M10 x Atlantic	10
1 x 10	Fortuna x Mercury	10
10 x 1	Mercury x Fortuna	5
1 x 2	Fortuna x Zora	7
3 x 5	PR92B63 x Sphera	10
3 x 6	PR92B63 x Shama	10
5 x 3	Sphera x PR92B63	5
6 x 3	Shama x PR92B63	5
9 x 10	PR92M22 x Mercury	5
10 x 9	Mercury x PR92M22	5
4 x 6	PR91M10 x Shama	10
5 x 9	Sphera x PR92M22	5
6 x 4	Shama x PR91M10	5
10 x 8	Mercury x Kondor	5
5 x 4	Sphera x PR91M10	5

Οι διασταυρώσεις που πέτυχαν είναι οι παρακάτω:

- Kondor (δότης) x PR92B63 (2),
- Fortuna x Zora,
- Shama x PR92B63,
- Shama x Atlantic (2),
- PR91M10 x Shama.

### 3.2 Ημερομηνίες φυσιολογικής ωρίμανσης των ποικιλιών και στάδιο συγκομιδής

Η φυσιολογική ωρίμανση των ποικιλιών στην κύρια καλλιέργεια παρατηρήθηκε από τα τέλη Αυγούστου 2013 έως τις αρχές Σεπτεμβρίου και για την επίσπορη καλλιέργεια από τα τέλη Σεπτεμβρίου έως τις αρχές Οκτωβρίου (Πίνακας 8) (Εικόνα 10). Μετά από αυτό το στάδιο, πραγματοποιήθηκε με το χέρι η συγκομιδή της κύριας και της επίσπορης καλλιέργειας.

**Πίνακας 8:** Ημερομηνίες φυσιολογικής ωρίμανσης των δέκα ποικιλιών της κύριας και επίσπορης καλλιέργειας, κατά την καλλιεργητική περίοδο του 2013

Ποικιλίες	Φυσιολογική ωρίμανση	
	Κύρια	Επίσπορη
<b>Fortuna</b>	21/8	19/9
<b>Zora</b>	2/9	6/10
<b>PR92B63</b>	4/9	7/10
<b>PR91M10</b>	28/8	9/10
<b>Sphera</b>	3/9	8/10
<b>Shama</b>	5/9	6/10
<b>Atlantic</b>	5/9	15/10
<b>Kondor</b>	2/9	8/10
<b>PR92M22</b>	29/8	7/10
<b>Mercury</b>	21/8	8/10

Στην κύρια καλλιέργεια, δεν υπήρχαν διαφορές στις ημερομηνίες ωρίμανσης μεταξύ των ποικιλιών για την αραιή και την πυκνή σπορά. Στην επίσπορη καλλιέργεια η ωρίμανση δεν ήταν ομοιόμορφη, ενώ παρατηρήθηκε στις περισσότερες ποικιλίες (PR92B63, PR91M10, Sphera, Shama, Atlantic, Kondor, PR92M22) το φαινόμενο της διατήρησης του πράσινου φυλλώματος ενώ ο λοβός είχε ξεραθεί (stay green). Αντίθετα δεν παρατηρήθηκε αυτό το φαινόμενο στις ποικιλίες Fortuna, Zora και Mercury.

Όσον αφορά τη συγκομιδή της κύριας καλλιέργειας, οι ποικιλίες Fortuna και Mercury (πρώιμες), συγκομίστηκαν πρώτες στις 27/8/2013. Έπειτα συγκομίστηκαν στις 5-6/9 οι ποικιλίες Zora, PR92B63, PR91M10, Sphera, Shama, PR92M22 και Kondor και στις 10/9 έγινε η συγκομιδή της ποικιλίας Atlantic.

Η συγκομιδή της επίσπορης καλλιέργειας έγινε για τις περισσότερες ποικιλίες στις 15/10. Υπήρχαν όμως κάποιες ποικιλίες, οι οποίες ήταν πιο όψιμες (λόγω του φαινομένου «stay green») οι οποίες συγκομίστηκαν στις 24/10.



**Εικόνα 10:** Στάδιο φυσιολογικής ωρίμανσης και στάδιο έναρξης ξήρανσης λοβών στη σόγιας

### 3.3 Μέτρηση πρωτεΐνης σπόρων

Όσον αφορά την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη των σπόρων, τα αποτελέσματα των 3 μετρήσεων, παρουσιάζονται στον Πίνακα 9. Η πρώτη μέτρηση έγινε σε σπόρους 2 μήνες μετά τη συγκομιδή τους και πριν εφαρμοστεί οποιαδήποτε μεταχείριση. Η δεύτερη και η τρίτη μέτρηση, έγινε μετά από αποθήκευση των σπόρων σε συνθήκες ψυγείου (7° C) και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Επίσης, η αρίθμηση της κάθε ποικιλίας (1=Mercury, 2=PR91M10, 3=PR92B63), έγινε σε συνδυασμό με την κωδικοποίηση των δεδομένων που εφαρμόστηκε στην ανάλυση των αποτελεσμάτων του πειράματος ελέγχου ποιότητας των σπόρων και την εφαρμογή τεχνητής γήρανσης με το στατιστικό πακέτο SPSS.

Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων βρέθηκε ότι δεν υπήρξε σημαντική μείωση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη των σπόρων, μετά από 2 μήνες αποθήκευσης και μετά από 4 μήνες, ανεξάρτητα από τις δυο συνθήκες αποθήκευσης. Μόνο στην περίπτωση της ποικιλίας PR91M10, παρατηρήθηκε μια πτώση της περιεκτικότητας από το 31,15 στο επίπεδο του 24,3 μετά από 4 μήνες αποθήκευσης και για τη μεταχείριση διατήρησης σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (Πίνακας 9).

**Πίνακας 9:** Αποτελέσματα μέτρησης περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη των σπόρων

Ποικιλίες	1 <sup>η</sup> μέτρηση 3/12/2012 (%)	2 <sup>η</sup> μέτρηση 5/2/2013 (%)		3 <sup>η</sup> μέτρηση 10/4/2013 (%)	
		Ψυγείο 7° C	Θερμοκρασία περιβάλλοντος	Ψυγείο 7° C	Θερμοκρασία περιβάλλοντος
(1) Mercury	36,05	35,75	35,05	34,95	35
(2) PR91M10	31,15	29,54	29,62	28,4	24,3
(3) PR92B63	29,4	27,96	27,56	28,5	28,55

### 3.4 Καταγραφή μορφολογικών χαρακτηριστικών κατά UPOV

Τα αποτελέσματα της καταγραφής των μορφολογικών χαρακτηριστικών για τις δέκα ποικιλίες σόγιας που αξιολογήθηκαν, παρουσιάζονται στον Πίνακα 10. Γενικά, στις περισσότερες ποικιλίες εμφανίστηκε ανθοκυανίνη στην υποκοτύλη, με την ένταση του χρώματος να διαφέρει ανάλογα την ποικιλία. Επίσης, το χρώμα των τριχών του κύριου στελέχους είναι γκρι, το ύψος των φυτών είναι μεσαίο προς ψηλό, το σχήμα των φύλλων είναι μυτερό και ωοειδές, το μέγεθος των φύλλων είναι μεσαίο προς μεγάλο, η ένταση του πράσινου χρώματος των φύλλων είναι μεσαία προς σκουρόχρωμη. Το χρώμα του άνθους και των δέκα ποικιλιών είναι μωβ, το μέγεθος των σπόρων είναι μεσαίο προς μεγάλο και το σχήμα των σπόρων είναι κυρίως σφαιρικό και πεπλατυσμένο. Οι ποικιλίες Zora, PR92B63, Atlantic και Kondor έχουν καθορισμένο τύπο ανάπτυξης. Οι ποικιλίες Shama και Mercury, έχουν ημι-καθορισμένο και οι ποικιλίες PR91M10, PR92M22 ημι-καθορισμένο προς αόριστο τύπο ανάπτυξης. Οι Fortuna και Sphera, έχουν αόριστο τύπο ανάπτυξης.

Κάποια από τα μορφολογικά χαρακτηριστικά που καταγράφηκαν (κατά UPOV), φαίνονται στην Εικόνα 11.



**Εικόνα 11:** Μορφολογικά χαρακτηριστικά σόγιας: χρώμα ανθοκυάνης, τύπος ανάπτυξης, χρώμα τριχών, χρώμα άνθους, ύψος φυτών, μέγεθος/σχήμα σπόρων

**Πίνακας 10:** Καταγραφή μορφολογικών χαρακτηριστικών των δέκα ποικιλιών σόγιας,  
κατά UPOV

Κωδικός	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ποικιλία	Fortuna	Zora	PR92B63	PR91M10	Sphera	Shama	Atlantic	Kondor	PR92M22	Mercury
Υποκοτύλη: ανθοκυανίνη (1*)			Παρουσία 9		Παρουσία 9	Παρουσία 9	Παρουσία 9	Παρουσία 9	Παρουσία 9	
Υποκοτύλη: ένταση ανθοκυανίνης (2*)			Ασθενής 3		Πολύ ασθενής 1	Ασθενής 3	Ασθενής 3	Ισχυρή 7	Μέτρια 5	
Τύπος ανάπτυξης (3*)	Αόριστος 4	Καθορισμένος 1	Καθορισμένος 1	Ημι- καθορισμένος προς αόριστος 3	Αόριστος 4	Ημι- καθορισμένος 2	Καθορισμένος 1	Καθορισμένος 1	Ημι- καθορισμένος προς αόριστος 3	Ημι- καθορισμένος 2
Τρόπος ανάπτυξης (4*)	Ορθόκλαδη προς ημι- ορθόκλαδη 2	Ημι-ορθόκλαδη προς οριζόντια 4	Ημι-ορθόκλαδη 3	Ορθόκλαδη προς ημι- ορθόκλαδη 2	Ορθόκλαδη προς ημι- ορθόκλαδη 2	Ημι-ορθόκλαδη 3	Ορθόκλαδη προς ημι- ορθόκλαδη 2	Ημι-ορθόκλαδη προς οριζόντια 4	Ημι-ορθόκλαδη 3	Ορθόκλαδη προς ημι- ορθόκλαδη 2
Χρώμα τριχών κύριου στελέχους (5*)	Γκρι 1	Γκρι 1	Γκρι 1	Γκρι 1	Κιτρινωπό 2	Κιτρινωπό 2	Κιτρινωπό 2	Γκρι 1	Γκρι 1	Κιτρινωπό 2
Ύψος φυτού (6*)	Ψηλό 7	Χαμηλό προς μεσαίο 4	Μεσαίο προς ψηλό 6	Μεσαίο προς ψηλό 6	Ψηλό 7	Μεσαίο 5	Μεσαίο 5	Χαμηλό προς μεσαίο 4	Μεσαίο 5	Μεσαίο 5
Σχήμα φύλλων (8*)	Μυτερά και ωοειδή 3	Μυτερά και ωοειδή 3	Μυτερά και ωοειδή 3	Μυτερά και ωοειδή 3	Στρόγγυλα και ωοειδή 4	Στρόγγυλα και ωοειδή 4	Μυτερά και ωοειδή 3	Μυτερά και ωοειδή 3	Μυτερά και ωοειδή 3	Μυτερά και ωοειδή 3
Μέγεθος φύλλων (9*)	Μικρό 3	Μικρό προς μεσαίο 4	Μικρό προς μεσαίο 4	Μεσαίο 5	Μεγάλο 7	Μεγάλο 7	Μεσαίο 5	Μεσαίο 5	Μεγάλο 7	Μεγάλο 7
Ένταση πράσινου χρώματος φύλλων (10*)	Μεσαίο 5	Σκούρο 7	Σκούρο 7	Σκούρο 7	Μεσαίο 5	Μεσαίο 5	Μεσαίο 5	Σκούρο 7	Σκούρο 7	Σκούρο 7
Χρώμα άνθους (11*)	Μωβ 2	Μωβ 2	Μωβ 2	Μωβ 2	Μωβ 2	Μωβ 2	Μωβ 2	Μωβ 2	Μωβ 2	Μωβ 2
Μέγεθος σπόρου (13*)	Μεσαίο 5	Μεσαίο 5	Μεσαίο 5	Μεσαίο 5	Μεγάλο 7	Μεγάλο 7	Μικρό 3	Μεσαίο 5	Μεσαίο 5	Μεσαίο 5
Σχήμα σπόρου (14*)	Σφαιρικό και πεπλατυ-σμενο 2	Σφαιρικό και πεπλατυ-σμενο 2	Σφαιρικό 1	Σφαιρικό 1	Σφαιρικό και πεπλατυ-σμενο 2	Επίμηκες 3	Σφαιρικό και πεπλατυ-σμενο 2	Σφαιρικό και πεπλατυ-σμενο 2	Σφαιρικό 1	Επίμηκες 3

Το χαρακτηριστικό με κωδικό (12\*) κατά UPOV, το οποίο αφορά την ένταση του καφέ χρώματος του λοβού κατά το στάδιο ωρίμανσης και συνδέεται με την πρωιμότητα και το βαθμό ωρίμανσης, εμφανίζεται στον Πίνακα 11.

**Πίνακας 11:** Λοβός, ένταση καφέ χρώματος κατά το στάδιο ωρίμανσης

Ποικιλίες	1 <sup>η</sup> επ. Πειρ. τεμάχιο	Χρώμα λοβού	2 <sup>η</sup> επ. Πειρ. Τεμάχιο	Χρώμα λοβού	3 <sup>η</sup> επ. Πειρ. τεμάχιο	Χρώμα λοβού
<b>Fortuna</b>	1	<b>3</b>	19	<b>3</b>	27	<b>3</b>
<b>Zora</b>	2	<b>7</b>	14	<b>7</b>	30	<b>7</b>
<b>PR92B63</b>	3	<b>5</b>	17	<b>7</b>	24	<b>7</b>
<b>PR91M10</b>	4	<b>3</b>	13	<b>3</b>	28	<b>3</b>
<b>Sphera</b>	5	<b>5</b>	18	<b>5</b>	21	<b>5</b>
<b>Shama</b>	6	<b>5</b>	15	<b>5</b>	25	<b>5</b>
<b>Atlantic</b>	7	<b>5</b>	11	<b>5</b>	29	<b>5</b>
<b>Kondor</b>	8	<b>7</b>	20	<b>7</b>	23	<b>7</b>
<b>PR92M22</b>	9	<b>7</b>	16	<b>7</b>	22	<b>7</b>
<b>Mercury</b>	10	<b>3</b>	12	<b>3</b>	26	<b>3</b>

Το χαρακτηριστικό του χρώματος των λοβών, σχετίζεται με το στάδιο της φυσιολογικής ωρίμανσης των δέκα ποικιλιών που αξιολογήθηκαν, συνεπώς είναι ιδιαίτερα σημαντικό και σχετίζεται με τη διάρκεια βιωσιμότητας του σπόρου. Μελετήθηκε αυτό το χαρακτηριστικό σε σχέση με την επίδραση του περιβάλλοντος, γι' αυτό και παρουσιάζονται τα δεδομένα στον Πίνακα 11, ξεχωριστά για την κάθε επανάληψη.

Ο κωδικός 3, αντιστοιχεί σε ανοιχτό καφέ χρωματισμό του λοβού, ο κωδικός 5 σε μεσαίο χρωματισμό και ο κωδικός 7, σε σκούρο καφέ χρωματισμό. Η μόνη διαφορά εντοπίστηκε στην ποικιλία PR92B63 στην πρώτη επανάληψη, όπου ο λοβός κατά την ωρίμανση στη δεύτερη και τρίτη επανάληψη ήταν χρώματος σκούρο καφέ, ενώ στην πρώτη επανάληψη ήταν λίγο πιο ανοιχτό καφέ. Γενικά, υπήρχε ομοιομορφία ως προς το χαρακτηριστικό αυτό, που καθορίζει το βαθμό ωρίμανσης, συνεπώς και το χρόνο συγκομιδής της κάθε ποικιλίας. Η διαφορά στη διαβάθμιση του χρώματος των λοβών, φαίνεται στην Εικόνα 12. Η ποικιλία PR91M10 εμφανίζει ανοιχτό καφέ



χρωματισμό λοβού (κωδ.3), η ποικιλία PR92B63 εμφανίζει μεσαίο χρωματισμό (κωδ.5) και η Mercury εμφανίζει σκούρο καφέ χρώμα λοβών.



**Εικόνα 12:** Χρώμα λοβών τριων ποικιλιών σόγιας

### 3.5 Εκτίμηση φυτρωτικής ικανότητας

Μετρήθηκε το ποσοστό φυτρωτικής ικανότητας των δέκα ποικιλιών στην κανονική εποχή σποράς για τις δυο αποστάσεις σποράς και στις τρεις επαναλήψεις (Πίνακας 12). Αυτή η παρατήρηση, σημειώθηκε με κωδικοποίηση του ποσοστού φυτρωτικότητας ως εξής: 1 (άριστη-κανένα κενό), 3 (περίπου 10% κενά), 5 (περίπου 25% κενά) και 7 (περίπου 50% κενά).

Η ποικιλία Zora εμφάνισε ομοιόμορφο ποσοστό και στις 3 επαναλήψεις, με περίπου 10% κενά στην αραιή σπορά (75εκ.), ενώ στην πυκνή σπορά υπήρχαν σημαντικά κενά (περίπου 50%). Οι ποικιλίες Zora, Fortuna, Shama, PR92M22 και Mercury στην αραιή σπορά (75εκ.), εμφάνισαν τα μεγαλύτερα ποσοστά φυτρωτικής ικανότητας. Στην πυκνή σπορά (25εκ.), το ποσοστό των κενών θέσεων κυμαίνονταν περίπου 25-50%.

**Πίνακας 12:** Εκτίμηση φυτρωτικής ικανότητας των δέκα ποικιλιών σόγιας

		Απόσταση μεταξύ γραμμών 75cm			Απόσταση μεταξύ γραμμών 25cm		
Κωδικός	Ποικιλία	1 <sup>η</sup> επαν.	2 <sup>η</sup> επαν.	3 <sup>η</sup> επαν.	1 <sup>η</sup> επαν.	2 <sup>η</sup> επαν.	3 <sup>η</sup> επαν.
1	Fortuna	3	5	3	7	5	5
2	Zora	3	3	3	7	7	7
3	PR92B63	3	3	5	7	3	5
4	PR91M10	7	1	3	5	3	7
5	Sphera	5	5	3	5	5	7
6	Shama	3	3	5	5	5	7
7	Atlantic	7	2	3	7	5	7
8	Kondor	7	5	3	7	7	7
9	PR92M22	3	3	1	7	5	7
10	Mercury	1	3	7	7	5	5

### **3.6 Ύψος φυτών κύριας και επίσπορης καλλιέργειας.**

Μετρήθηκε το ύψος φυτών της κύριας και επίσπορης καλλιέργειας, μέσω της επιλογής δέκα φυτών από τις μεσαίες γραμμές του κάθε πειραματικού τεμαχίου (τεμάχια 1-30, αποστάσεις σποράς 75εκ.) και των τριών επαναλήψεων. Υπολογίστηκε ξεχωριστά ο μέσος όρος του ύψους των 10 φυτών του κάθε πειραματικού τεμαχίου, της κάθε επανάληψης και έπειτα ο μέσος όρος του κάθε πειραματικού τεμαχίου και των τριών επαναλήψεων συνολικά. Στον Πίνακα 13, εμφανίζονται οι μέσοι όροι του ύψους των φυτών και των τριών επαναλήψεων, για κάθε ποικιλία, όσον αφορά την κύρια καλλιέργεια.

Πρέπει να σημειωθεί, ότι στην πρώτη επανάληψη της κύριας καλλιέργειας δεν πήραμε την παρατήρηση του ύψους, διότι υπήρχε σημαντική ανομοιομορφία στην ανάπτυξη των φυτών. Γι' αυτό για την πρώτη επανάληψη, υπολογίστηκε ο μέσος όρος του ύψους των φυτών των άλλων δυο επαναλήψεων.

**Πίνακας 13:** Μέσοι όροι ύψους φυτών των δέκα ποικιλιών για τις 3 επαναλήψεις της κύριας καλλιέργειας

Ποικιλίες	Επαν. 1 <sup>η</sup>	Επαν. 2 <sup>η</sup>	Επαν. 3 <sup>η</sup>	M.O.	STDEV
<b>Fortuna</b>	64,6	63,7	65,5	64,6g	0,9
<b>Zora</b>	86,2	87,5	85	86,2de	1,2
<b>PR92B63</b>	100,2	98,7	101,7	100,2ab	1,5
<b>PR91M10</b>	83,7	88,7	78,7	83,7ef	5
<b>Sphera</b>	76,9	68,7	85	76,9f	8,1
<b>Shama</b>	97,1	97,5	96,7	97,1bc	0,4
<b>Atlantic</b>	94	98,7	89,2	94bcd	4,7
<b>Kondor</b>	110	111,2	108,7	110a	1,2
<b>PR92M22</b>	85,6	85	86,2	85,6de	0,6
<b>Mercury</b>	90	100	80	90cde	10
				* F=21,839 p=0,000	

Στην κύρια καλλιέργεια, υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές όσον αφορά το ύψος μεταξύ των δέκα ποικιλιών (F=21,839 και  $p=0,000<0,05$ ). Η ποικιλία που παρουσίασε το μεγαλύτερο ύψος, ήταν η Kondor (110εκ.), η οποία διαφέρει στατιστικά σημαντικά από όλες τις υπόλοιπες ποικιλίες. Ακολουθεί η PR92B63 με μέσο όρο ύψους 100,2εκ. και η χαμηλότερη ποικιλία ήταν η Fortuna (64,6εκ.).

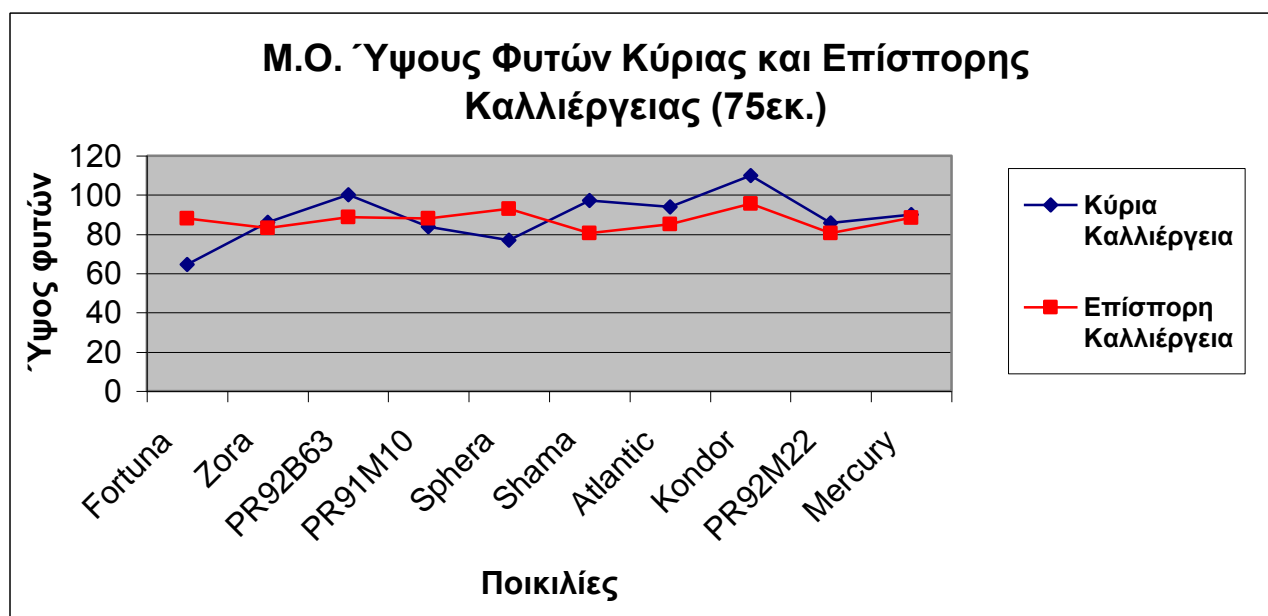
Στον Πίνακα 14, εμφανίζονται οι μέσοι όροι του ύψους των φυτών του κάθε πειραματικού τεμαχίου (τεμάχια 1-30, αποστάσεις σποράς 75εκ.) και των τριών επαναλήψεων, της επίσπορης καλλιέργειας.

Στην επίσπορη καλλιέργεια, δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές όσον αφορά το ύψος των φυτών μεταξύ των δέκα ποικιλιών (F=0,680 και  $p=0,718>0,05$ ). Η ψηλότερη ποικιλία, όπως και στην κύρια καλλιέργεια, ήταν η Kondor (95,4εκ.). Η δεύτερη ποικιλία η οποία έδωσε ψηλά φυτά ήταν η Sphera (92,9εκ.), με χαμηλότερη ποικιλία την PR92M22 (80,4εκ.).

**Πίνακας 14:** Μέσοι όροι ύψους φυτών των δέκα ποικιλιών για τις 3 επαναλήψεις της επίσπορης καλλιέργειας

Ποικιλίες	Επαν. 1 <sup>η</sup>	Επαν. 2 <sup>η</sup>	Επαν. 3 <sup>η</sup>	M.O.	STDEV
<b>Fortuna</b>	90	73,7	100	87,9a	13,3
<b>Zora</b>	76,4	92,5	80	83a	8,4
<b>PR92B63</b>	87,5	83,7	95	88,7a	5,7
<b>PR91M10</b>	81,4	85	97,5	88a	8,4
<b>Sphera</b>	110	86,2	82,5	92,9a	14,9
<b>Shama</b>	76,5	76,2	88,7	80,5a	7,1
<b>Atlantic</b>	77,6	92,5	85	85a	7,4
<b>Kondor</b>	91,2	112,5	82,5	95,4a	15,4
<b>PR92M22</b>	71,2	92,5	77,5	80,4a	10,9
<b>Mercury</b>	88,9	93,7	82,5	88,4a	5,6
				ns F=0,680 p=0,718	

Η σύγκριση των μέσων όρων του ύψους των φυτών της κύριας και της επίσπορης καλλιέργειας, εμφανίζονται στην Εικόνα 13.



**Εικόνα 13:** Σύγκριση Μ.Ο. Ύψους φυτών κύριας και επίσπορης καλλιέργειας, στην απόσταση σποράς μεταξύ των γραμμών 75εκ.

Η ανάπτυξη των ποικιλιών στην κύρια καλλιέργεια όσον αφορά το ύψος των φυτών, εμφανίζει μεγαλύτερη διακύμανση σε σύγκριση με την επίσπορη καλλιέργεια, η οποία όπως φαίνεται παρουσιάζει μεγαλύτερη σταθερότητα. Το ύψος των ποικιλιών Fortuna, PR92B63, Sphera, Shama και Kondor, επηρεάστηκε από το είδος της καλλιέργειας.

### 3.7 Ύψος 1<sup>ου</sup> λοβού, κύριας και επίσπορης καλλιέργειας

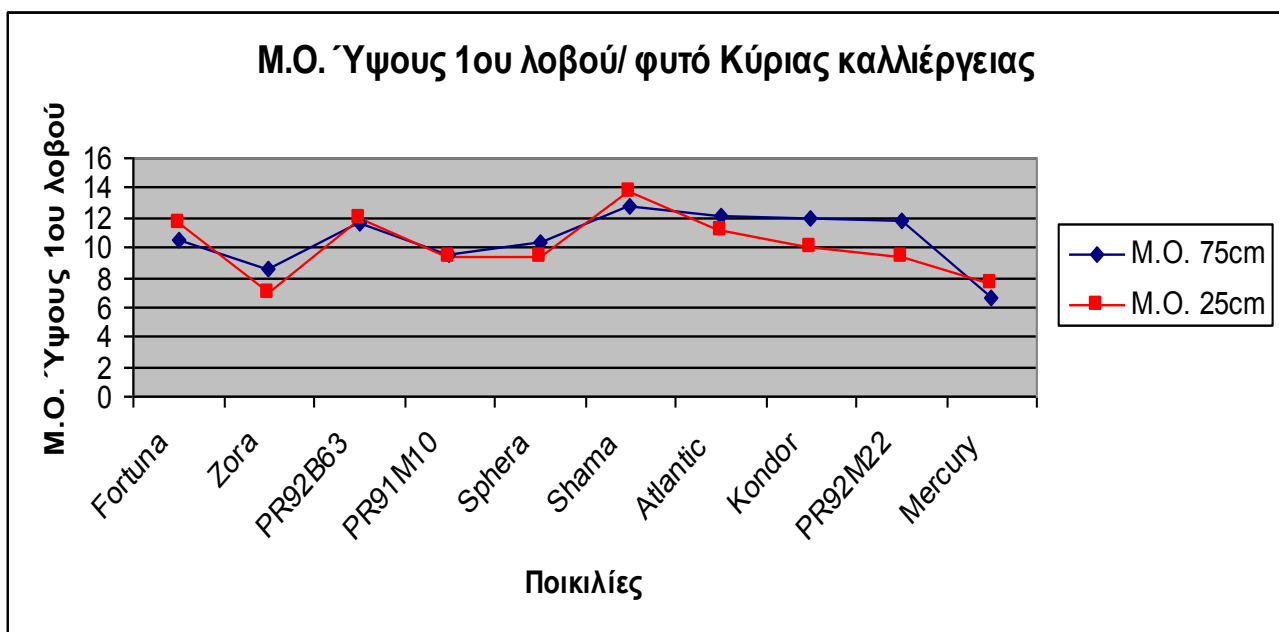
Μετρήθηκε το ύψος που βρισκόταν ο πρώτος λοβός ανά φυτό (σημαντικό χαρακτηριστικό για τη μηχανική συγκομιδή), της κύριας και της επίσπορης καλλιέργειας, μέσω της επιλογής δέκα φυτών από τις μεσαίες γραμμές κάθε πειραματικού τεμαχίου, όλων των επαναλήψεων και στις δυο αποστάσεις σποράς. Υπολογίστηκε ο γενικός μέσος όρος και των τριών επαναλήψεων και η τυπική απόκλιση της κάθε ποικιλίας, σχετικά με το χαρακτηριστικό του ύψους του 1<sup>ου</sup> λοβού ανά φυτό (Πίνακας 15) (Εικόνα 14), για την κύρια καλλιέργεια.

**Πίνακας 15:** Μ.Ο. και τυπικές αποκλίσεις του ύψους 1<sup>ου</sup> λοβού και στις δυο αποστάσεις σποράς, για την κύρια καλλιέργεια

Ύψος 1ου λοβού/ φυτό (75εκ.)						Ύψος 1ου λοβού/ φυτό (25εκ.)				
Ποικιλίες	Επαν. 1 <sup>η</sup>	Επαν. 2 <sup>η</sup>	Επαν. 3 <sup>η</sup>	M.O.	STDEV	Επαν. 1 <sup>η</sup>	Επαν. 2 <sup>η</sup>	Επαν. 3 <sup>η</sup>	M.O.	STDEV
<b>Fortuna</b>	12,05	10,25	9,25	10,5ab	1,4	10,75	11,2	13,2	11,7ab	1,3
<b>Zora</b>	7,15	8,8	9,7	8,5cd	1,3	7	7	7	7d	0
<b>PR92B63</b>	10,35	11,15	13,4	11,6ab	1,6	10,5	12,75	12,75	12ab	1,3
<b>PR91M10</b>	7,05	11,15	10,55	9,6bc	2,2	8,35	11,05	8,5	9,3cd	1,5
<b>Sphera</b>	9,85	9,85	11,65	10,4abc	1	8,7	9,85	9,3	9,3cd	0,6
<b>Shama</b>	11,45	15,3	11,55	12,8a	2,1	14,75	13,15	13,2	13,7a	0,9
<b>Atlantic</b>	12,075	12,45	11,7	12,1ab	0,4	10,4	11,4	11,9	11,2bc	0,8
<b>Kondor</b>	12,05	11,8	12,3	12ab	0,2	9,3	10,75	10,15	10,1bc	0,7
<b>PR92M22</b>	10,2	12,5	12,45	11,8ab	1,3	7	11,35	9,5	9,3cd	2,2
<b>Mercury</b>	8,8	7,4	3,7	6,6d	2,6	7,6	5,75	9,4	7,6d	1,8
				* F=4,162 p=0,004					* F=7,967 p=0,000	

Στην κύρια καλλιέργεια υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο ύψος του 1<sup>ου</sup> λοβού σε σύγκριση με τις ποικιλίες και στην απόσταση σποράς των 75εκ. ( $F=4,162$  και  $p=0,004<0,05$ ) και στην απόσταση σποράς των 25εκ. ( $F=7,967$  και  $p=0,000<0,05$ ). Το μεγαλύτερο ύψος 1<sup>ου</sup> λοβού, εμφάνισε η ποικιλία Shama και στις δύο αποστάσεις σποράς. Στην σπορά των 75εκ., μεγάλο ύψος 1<sup>ου</sup> λοβού είχαν επίσης οι ποικιλίες Atlantic (12,1εκ.) και Kondor (12εκ.), ενώ στη σπορά των 25εκ., μεγάλο ύψος 1<sup>ου</sup> λοβού είχαν οι ποικιλίες PR92B63 (12εκ.), Fortuna (11,7εκ.) και έπειτα η Atlantic (11,2εκ.) (Πίνακας 15).

Η απόσταση σποράς στην κύρια καλλιέργεια, δεν επηρέασε το ύψος του 1<sup>ου</sup> λοβού σε όλες τις ποικιλίες, με εξαίρεση την ποικιλία Kondor (12εκ.) και την PR92M22 (11,8εκ.), με μεγαλύτερες τιμές στην απόσταση σποράς των 75εκ. (Πίνακας 15) (Εικόνα 14).



**Εικόνα 14:** Διαγραμματική απεικόνιση του Μ.Ο. του ύψους 1<sup>ου</sup> λοβού της κύριας καλλιέργειας και στις δύο αποστάσεις σποράς.

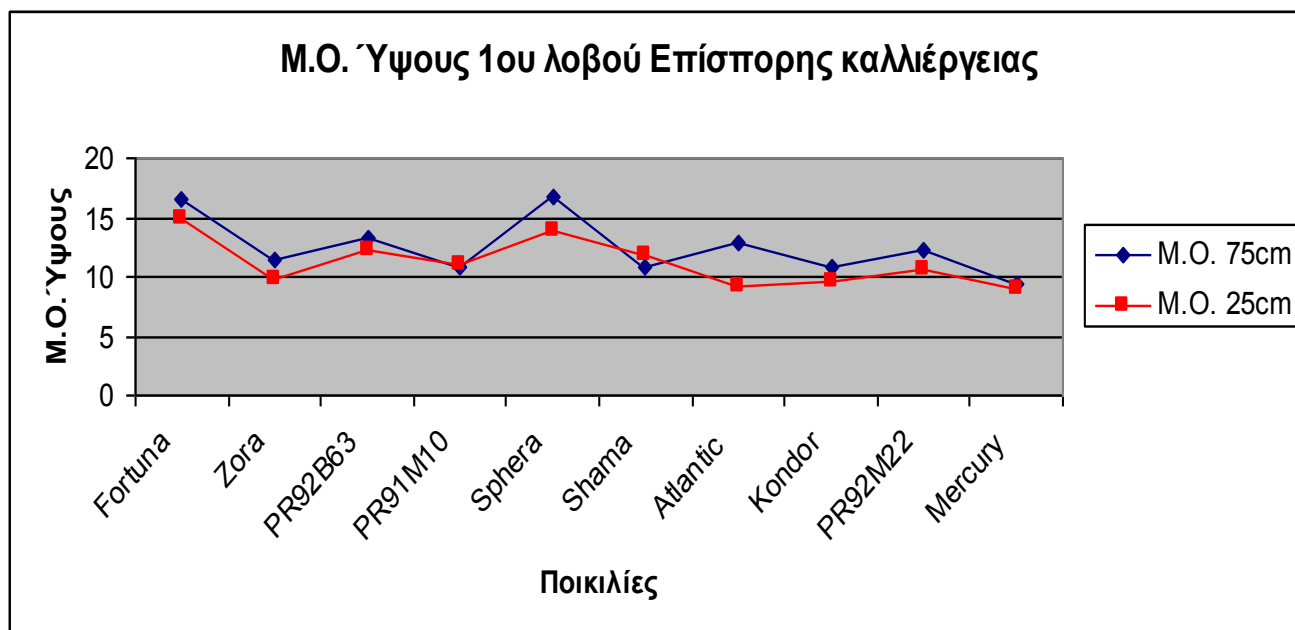
Επίσης οι ίδιοι υπολογισμοί έγιναν και για την επίσπορη καλλιέργεια, με το ύψος του 1<sup>ου</sup> λοβού να εμφανίζεται στον Πίνακα 16 (Εικόνα 15). Σε κάποια πειραματικά τεμάχια λόγω σημαντικής ανομοιομορφίας της ανάπτυξης των φυτών, δεν μπορέσαμε να πάρουμε αυτές τις παρατηρήσεις, γι' αυτό υπολογίστηκε ο μέσος όρος των άλλων δυο επαναλήψεων.

Όσον αφορά το ύψος του 1<sup>ου</sup> λοβού των δέκα ποικιλιών της επίσπορης καλλιέργειας στα 75εκ., υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών ( $F=4,833$  και  $p=0,002<0,05$ ). Η ποικιλία με το ψηλότερο ύψος 1<sup>ου</sup> λοβού, ήταν η Sphera (16,7εκ.) και ακολουθεί η ποικιλία Fortuna (16,6εκ.). Οι ποικιλίες στην απόσταση σποράς των 25εκ., επίσης είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $F=6,003$  και  $p=0,000<0,05$ ), με μεγαλύτερο ύψος 1<sup>ου</sup> λοβού να εμφανίσει η ποικιλία Fortuna (14,9εκ.) και ακολούθως η ποικιλία Sphera (13,9εκ.) (Πίνακας 16).

Επίσης, σύμφωνα με τους γενικούς μέσους όρους των δέκα ποικιλιών και των δυο αποστάσεων σποράς, η απόσταση σποράς επηρέασε το ύψος του 1<sup>ου</sup> λοβού στις ποικιλίες Sphera και Atlantic. Ενώ δεν υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ των υπόλοιπων ποικιλιών όσον αφορά την απόσταση σποράς ( $F=0,993$  και  $p=0,461>0,05$ ) (Εικόνα 15).

**Πίνακας 16:** Μ.Ο. και τυπικές αποκλίσεις του ύψους 1<sup>ου</sup> λοβού, για την επίσπορη καλλιέργεια.

Ύψος 1ου λοβού/ φυτό (75εκ.)						Ύψος 1ου λοβού/ φυτό (25εκ.)				
Ποικιλίες	Επαν. 1 <sup>η</sup>	Επαν. 2 <sup>η</sup>	Επαν. 3 <sup>η</sup>	M.O.	STDEV	Επαν. 1 <sup>η</sup>	Επαν. 2 <sup>η</sup>	Επαν. 3 <sup>η</sup>	M.O.	STDEV
<b>Fortuna</b>	19,4	16,2	14,25	16,6a	2,6	15,9	16,3	12,4	14,9a	2,1
<b>Zora</b>	13,4	11,1	9,85	11,45bc	1,8	11,1	9,6	8,5	9,7cde	1,3
<b>PR92B63</b>	8,8	15,6	15,3	13,2ab	3,8	11,5	13	12,2	12,2bc	0,7
<b>PR91M10</b>	9,15	9,75	13,9	10,9bc	2,6	10,9	10,8	11,6	11,1cde	0,4
<b>Sphera</b>	16,3	17,3	16,4	16,7a	0,5	14,7	12	14,9	13,9ab	1,6
<b>Shama</b>	11,25	9,75	11,4	10,8bc	0,9	10,4	13,6	11,8	11,9bcd	1,6
<b>Atlantic</b>	13,85	13,05	11,95	12,95bc	0,9	9,1	9,1	9,4	9,2e	0,2
<b>Kondor</b>	9,55	11,8	11,1	10,8bc	1,1	7,1	9,4	12	9,5de	2,4
<b>PR92M22</b>	11,3	12,4	13	12,2bc	0,9	9	11,4	11,5	10,6cde	1,4
<b>Mercury</b>	7,8	10,7	9,4	9,3c	1,4	8,95	9,1	8,8	8,9e	0,1
				<b>* F=4,833 p=0,002</b>					<b>* F=6,003 p=0,000</b>	



**Εικόνα 15:** Διαγραμματική απεικόνιση του Μ.Ο. του ύψους 1<sup>ου</sup> λοβού της επίσπορης καλλιέργειας και στις δύο αποστάσεις σποράς

### 3.8 Αριθμός λοβών ανά φυτό, κύριας και επίσπορης καλλιέργειας

Μετρήθηκε ο συνολικός αριθμός των λοβών ανά φυτό, της κύριας και της επίσπορης καλλιέργειας, μέσω της επιλογής δέκα φυτών από τις μεσαίες γραμμές κάθε πειραματικού τεμαχίου, όλων των επαναλήψεων και στις δυο αποστάσεις σποράς. Υπολογίστηκε ο γενικός μέσος όρος και των τριών επαναλήψεων και η τυπική απόκλιση της κάθε ποικιλίας, σχετικά με το χαρακτηριστικό του συνολικού αριθμού λοβών ανά φυτό, για την κύρια καλλιέργεια (Πίνακας 17) (Εικόνα 16).

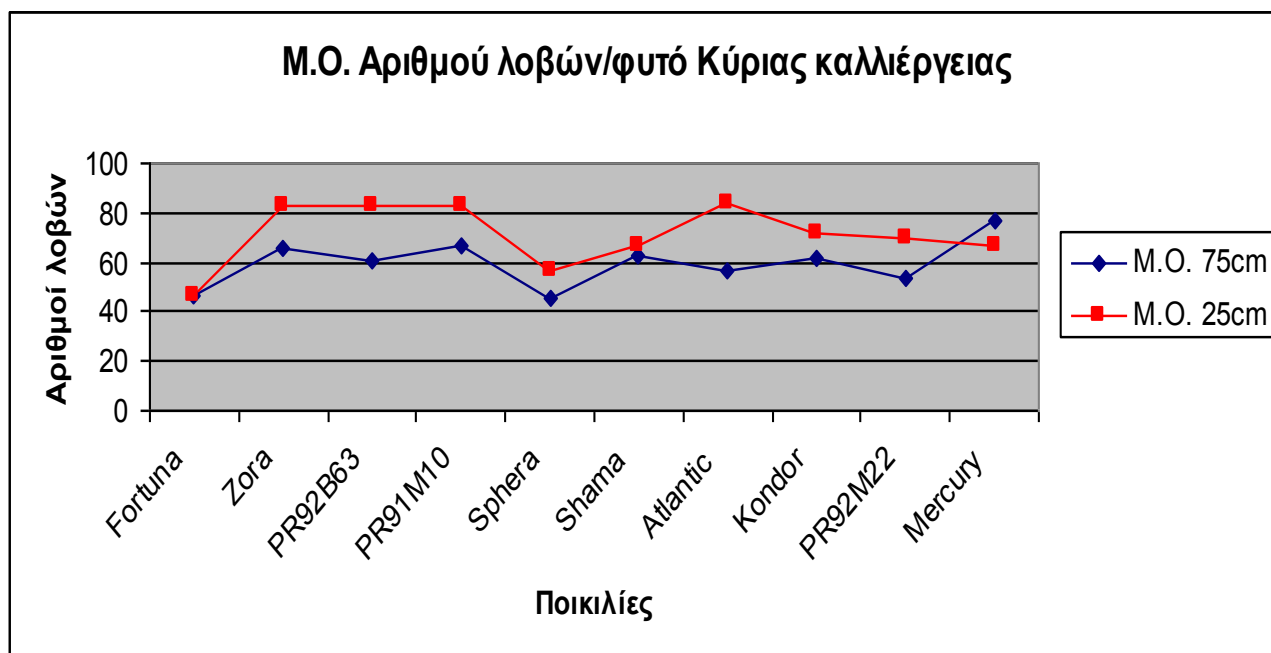
Για την κύρια καλλιέργεια και όσον αφορά τον αριθμό λοβών ανά φυτό στην απόσταση σποράς των 75εκ., δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών ( $F=1,441$  και  $p=0,236>0,05$ ). Περισσότερους λοβούς ανά φυτό εμφάνισε η ποικιλία Mercury και ακολούθως η ποικιλία PR91M10. Όμως, στην απόσταση σποράς των 25εκ., υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών ( $F=6,250$  και  $p=0,000<0,05$ ), με την ποικιλία Atlantic να εμφανίζει τους περισσότερους λοβούς ανά φυτό και να ακολουθεί η Zora (Πίνακας 17).



**Πίνακας 17:** Μ.Ο. και τυπικές αποκλίσεις του αριθμού λοβών ανά φυτό, για την κύρια καλλιέργεια.

Αριθμός λοβών/ φυτό (75εκ.)						Αριθμός λοβών/ φυτό (25εκ.)				
Ποικιλίες	Επαν. 1 <sup>η</sup>	Επαν. 2 <sup>η</sup>	Επαν. 3 <sup>η</sup>	M.O.	STDEV	Επαν. 1 <sup>η</sup>	Επαν. 2 <sup>η</sup>	Επαν. 3 <sup>η</sup>	M.O.	STDEV
<b>Fortuna</b>	41,4	45,3	52,3	46,3b	5,5	56,4	43,2	40,8	46,8c	8,4
<b>Zora</b>	87,4	57,2	52,1	65,6ab	19	83,2	83,2	83,2	83,2a	0
<b>PR92B63</b>	66,3	62,3	54	60,9ab	6,3	99,9	79	68,3	82,4a	16
<b>PR91M10</b>	92,4	52	56,9	67,1ab	22	78,5	80,1	89,4	82,7a	5,9
<b>Sphera</b>	52,6	40,8	44,2	45,9b	6	64,9	47,5	56,2	56,2bc	8,7
<b>Shama</b>	59,7	60,2	68,4	62,8ab	4,9	59,3	73,8	67,9	67ab	7,2
<b>Atlantic</b>	56,8	65	48,6	56,8ab	8,2	95,1	80,5	74,7	83,4a	10,5
<b>Kondor</b>	62,1	72	52,2	62,1ab	9,9	75	63,2	78,3	72,2ab	7,9
<b>PR92M22</b>	56,8	54,7	48,5	53,3ab	4,3	79,3	66,6	64,5	70,1ab	8
<b>Mercury</b>	50,7	75,2	104,3	76,7a	26,9	66,65	71,4	61,9	66,6ab	4,7
				<b>ns F=1,441</b> <b>p=0,236</b>					<b>* F=6,250</b> <b>p=0,000</b>	

Επίσης, δεν υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ των ποικιλιών και των αποστάσεων σποράς ( $F=1,334$  και  $p=0,251$ ), ενώ η απόσταση σποράς επηρέασε τον αριθμό των λοβών ανά φυτό. Όλες οι ποικιλίες έχουν περισσότερους λοβούς ανά φυτό στα 25εκ. σε σύγκριση με τα 75εκ., αλλά η διαφορά αυτή είναι στατιστικά σημαντική μόνο για τις ποικιλίες Zora, PR92B63, PR91M10, Atlantic και PR92M22 (Εικόνα 16).



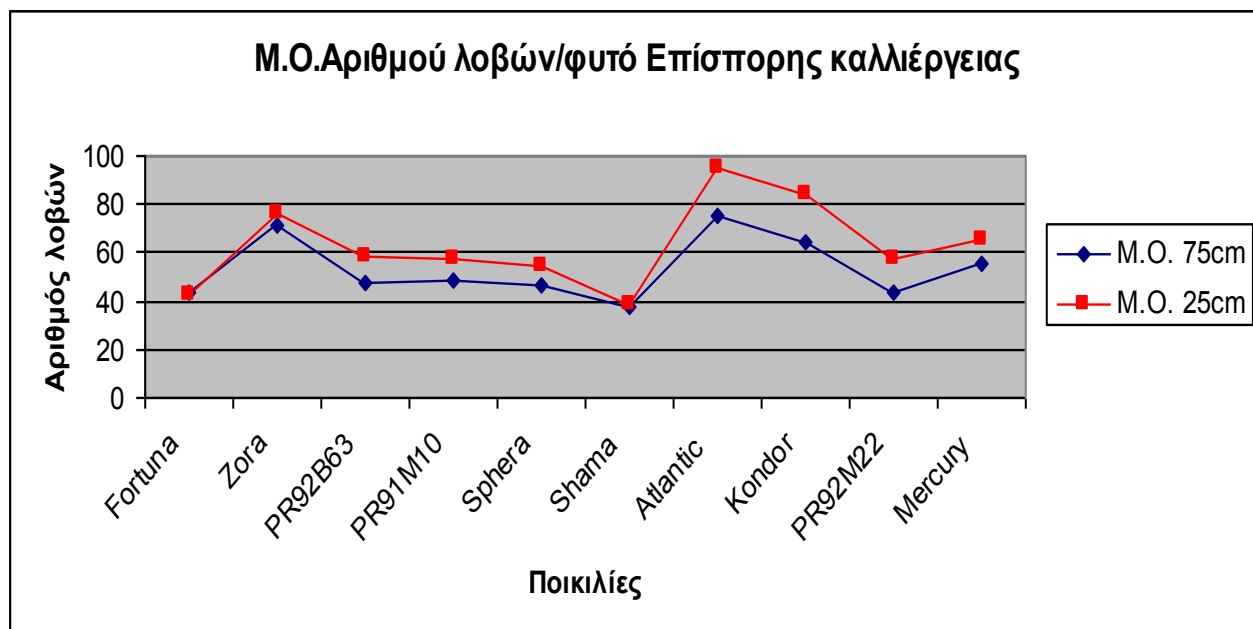
**Εικόνα 16:** Διαγραμματική απεικόνιση του Μ.Ο. του αριθμού λοβών ανά φυτό της κύριας καλλιέργειας και στις δύο αποστάσεις σποράς

Για την επίσπορη καλλιέργεια, όσον αφορά τον αριθμό λοβών ανά φυτό των δέκα ποικιλιών στην απόσταση σποράς των 75εκ., υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών ( $F=7,323$  και  $p=0,000<0,05$ ) (Πίνακας 18). Η ποικιλία που εμφάνισε τους περισσότερους λοβούς ανά φυτό στα 75εκ. ήταν η Atlantic (75,4) και ακολουθεί η ποικιλία Zora (71,5). Οι ποικιλίες στην απόσταση σποράς των 25εκ., είχαν επίσης στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $F=5,188$  και  $p=0,01<0,05$ ), με την ποικιλία Atlantic να εμφανίζει το μεγαλύτερο αριθμό λοβών ανά φυτό (95,2) και να ακολουθεί η ποικιλία Kondor (84) (Πίνακας 18).

Όσον αφορά τη σύγκριση μεταξύ των δύο αποστάσεων σποράς της επίσπορης καλλιέργειας, δεν υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ των ποικιλιών και των αποστάσεων σποράς ( $F=0,554$  και  $p=0,825>0,05$ ). Ο αριθμός λοβών διέφερε στατιστικά σημαντικά σε σχέση με την απόσταση σποράς στις ποικιλίες PR92M22, Kondor και Atlantic (Εικόνα 17).

**Πίνακας 18:** Μ.Ο. και τυπικές αποκλίσεις του αριθμού λοβών ανά φυτό, για την *επίσπορη* καλλιέργεια.

Αριθμός λοβών/ φυτό (75εκ.)						Αριθμός λοβών/ φυτό (25εκ.)				
Ποικιλίες	Επαν. 1 <sup>η</sup>	Επαν. 2 <sup>η</sup>	Επαν. 3 <sup>η</sup>	M.O.	STDEV	Επαν. 1 <sup>η</sup>	Επαν. 2 <sup>η</sup>	Επαν. 3 <sup>η</sup>	M.O.	STDEV
<b>Fortuna</b>	38,7	40,7	50	43,1bc	6	38,8	36,7	50,8	42,1de	7,6
<b>Zora</b>	77,9	71,6	64,9	71,5a	6,5	74,7	70,2	85,2	76,7abc	7,7
<b>PR92B63</b>	53,8	42,7	45,1	47,2bc	5,8	63,6	56,6	55,6	58,6cde	4,3
<b>PR91M10</b>	48,5	53	42,8	48,1bc	5,1	53,1	57	62,4	57,5cde	4,7
<b>Sphera</b>	50,6	54,5	34,8	46,6bc	10,4	55,5	57,3	49,4	54,1cde	4,1
<b>Shama</b>	33,9	39,9	38,9	37,6c	3,2	47,3	38,5	31,1	39e	8,1
<b>Atlantic</b>	65,3	93	68	75,4a	15,3	101,6	96,1	87,9	95,2a	6,9
<b>Kondor</b>	78	59,2	57,1	64,8ab	11,5	107,6	94	50,4	84ab	29,9
<b>PR92M22</b>	44,3	50,7	35,2	43,4b	7,8	86,4	43,8	40,8	57cde	25,5
<b>Mercury</b>	54	55	58,4	55,8bc	2,3	65,65	64,7	66,6	65,6bcd	0,95
				* F=7,323 p=0,000						* F=5,188 p=0,01



**Εικόνα 17:** Διαγραμματική απεικόνιση του Μ.Ο. του αριθμού λοβών ανά φυτό της *επίσπορης* καλλιέργειας και στις δύο αποστάσεις σποράς.

### **3.9 Έλεγχος βλαστικής ικανότητας του σπόρου της κύριας και επίσπορης καλλιέργειας, συγκομιδής 2013.**

Τα αποτελέσματα της ποιότητας των σπόρων των δέκα ποικιλιών (Εικόνα 18), συγκομιδής 2013, της κύριας καλλιέργειας, όλων των πειραματικών τεμαχίων και των δύο μεταχειρίσεων και των τριών επαναλήψεων, παρουσιάζονται στον Πίνακα 19.



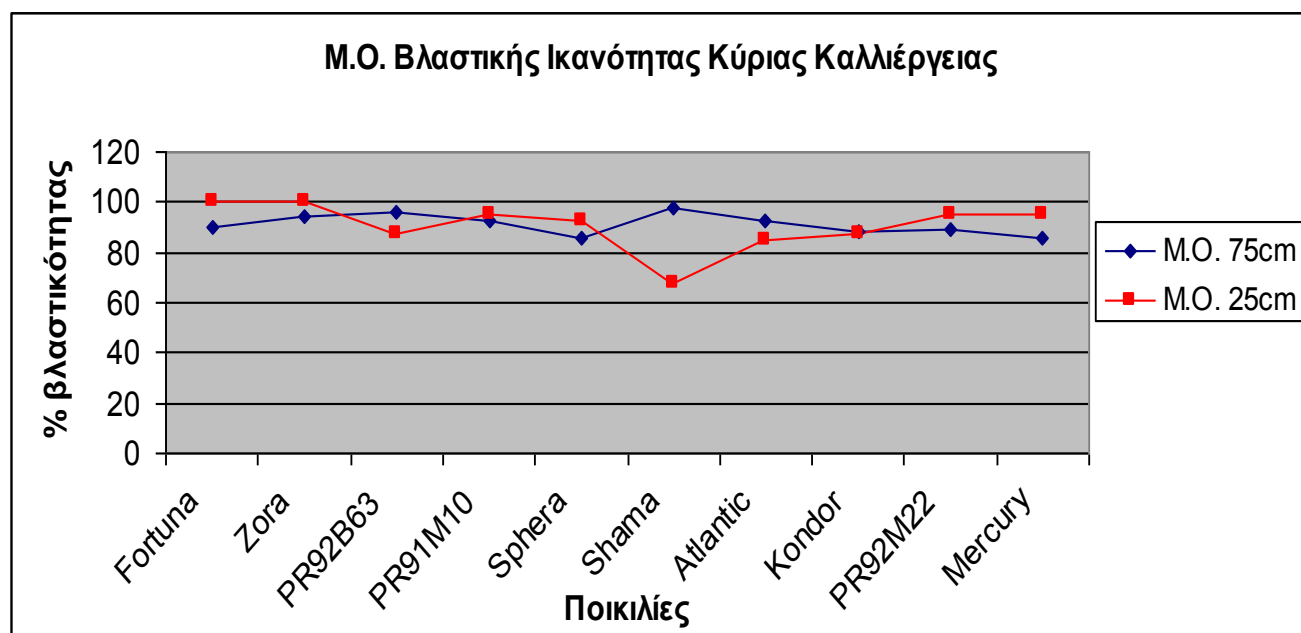
**Εικόνα 18:** Έλεγχος βλαστικής ικανότητας των τριών ποικιλιών σόγιας

Οι τιμές της βλαστικής ικανότητας (%) της κύριας καλλιέργειας για το έτος 2013, δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά στην απόσταση σποράς των 75εκ. ( $F=0,938$  και  $p=0,515>0,05$ ). Αντίθετα, στην απόσταση σποράς των 25εκ., οι τιμές διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ των ποικιλιών ( $F=11,989$  και  $p=0,000<0,05$ ). Τη μεγαλύτερη βλαστική ικανότητα παρουσίασαν οι ποικιλίες Fortuna (100%) και Zora (100%), ενώ τη μικρότερη παρουσίασε η ποικιλία Shama (68%), η οποία διαφέρει σημαντικά απ' όλες τις υπόλοιπες ποικιλίες (Πίνακας 19).

Η απόσταση σποράς, επηρέασε το ποσοστό της βλαστικής ικανότητας των ποικιλιών Fortuna, PR92B63, Sphera, Shama, Atlantic και Mercury (Εικόνα 19). Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ της ποικιλίας και της απόστασης σποράς ( $F=5,465$  και  $p=0,000<0,05$ ).

**Πίνακας 19:** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις του ποσοστού βλαστικής ικανότητας του σπόρου δέκα ποικιλιών σόγιας και για τις δύο αποστάσεις σποράς και για τις τρεις επαναλήψεις και όλα τα πειραματικά τεμάχια, της κύριας καλλιέργειας

Βλαστική ικανότητα (%) στη σπορά των 75εκ.						Βλαστική ικανότητα (%) στη σπορά των 25εκ.				
Ποικιλίες	Επαν.1 <sup>η</sup>	Επαν.2 <sup>η</sup>	Επαν.3 <sup>η</sup>	M.O.	STDEV	Επαν.1 <sup>η</sup>	Επαν.2 <sup>η</sup>	Επαν.3 <sup>η</sup>	M.O.	STDEV
Fortuna	92	82	92	89,7a	5,8	100	100	100	100a	0
Zora	94	100	90	94,7a	5	100	100	100	100a	0
PR92B63	90	98	100	96a	5,3	82	88	92	87,3bc	5
PR91M10	90	100	88	93a	6,4	94	98	94	95,3ab	2,3
Sphera	80	94	82	85,3a	7,6	88	98	93	93abc	5
Shama	100	94	98	97,3a	3	78	58	68	68d	10
Atlantic	93	88	98	93a	5	84	90	80	85c	5
Kondor	88	92	84	88a	4	86	92	84	87,3bc	4,2
PR92M22	100	80	86	89a	10,3	90	98	96	95ab	4,2
Mercury	100	88	68	85,3a	16,2	95	98	92	95ab	3
				ns F=0,938 p=0,515						* F=11,989 p=0,000



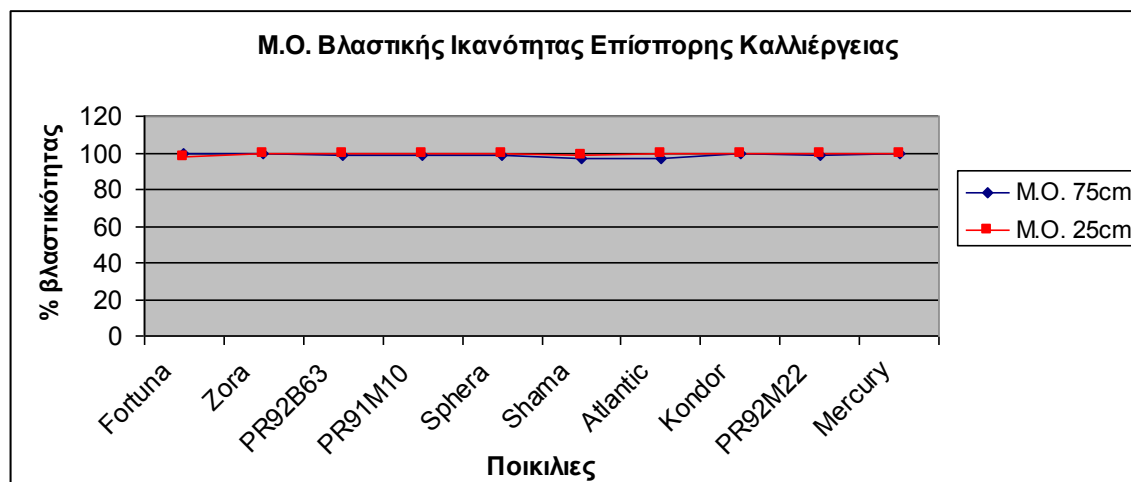
**Εικόνα 19:** Ποσοστά βλαστικής ικανότητας των σπόρων ποικιλιών σόγιας, της κύριας καλλιέργειας και στις δυο αποστάσεις σποράς

Η βλαστική ικανότητα των ποικιλιών στην επίσπορη καλλιέργεια, δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές, τόσο στην απόσταση σποράς των 75εκ. ( $F=0,837$  και  $p=0,592>0,05$ ) όσο και των 25εκ. ( $F=1,870$  και  $p=0,117>0,05$ ) (Πίνακας 20).

**Πίνακας 20:** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις του ποσοστού βλαστικής ικανότητας του σπόρου δέκα ποικιλιών σόγιας και για τις δύο αποστάσεις σποράς και για τις τρεις επαναλήψεις και όλα τα πειραματικά τεμάχια, της επίσπορης καλλιέργειας

Βλαστική ικανότητα (%) στη σπορά των 75εκ.						Βλαστική ικανότητα (%) στη σπορά των 25εκ.				
Ποικιλίες	Επαν.1 <sup>η</sup>	Επαν.2 <sup>η</sup>	Επαν.3 <sup>η</sup>	M.O.	STDEV	Επαν.1 <sup>η</sup>	Επαν.2 <sup>η</sup>	Επαν.3 <sup>η</sup>	M.O.	STDEV
Fortuna	100	100	100	100a	0	100	96	98	98b	2
Zora	100	100	100	100a	0	100	100	100	100a	0
PR92B63	96	100	100	99a	2,3	98	100	100	99,3ab	1,1
PR91M10	96	100	100	99a	2,3	100	100	100	100a	0
Sphera	96	100	100	99a	2,3	100	98	100	99,3ab	1,1
Shama	98	100	92	97a	4,1	98	98	100	99ab	1,1
Atlantic	96	100	96	97,3a	2,3	100	100	100	100a	0
Kondor	100	100	100	100a	0	100	100	100	100a	0
PR92M22	100	100	96	99a	2,3	100	100	100	100a	0
Mercury	100	98	100	99,3a	1,1	100	100	100	100a	0
					ns $F=0,837$ $p=0,592$					ns $F=1,870$ $p=0,117$

Η απόσταση σποράς επηρέασε την φυτρωτική ικανότητα των ποικιλιών Fortuna, Shama και Atlantic, ενώ δεν παρουσίασε αλληλεπίδραση μεταξύ των ποικιλιών και των αποστάσεων σποράς ( $F=0,914$  και  $p=0,523>0,05$ ) (Εικόνα 20).



**Εικόνα 20:** Ποσοστά βλαστικής ικανότητας των σπόρων ποικιλιών σόγιας, της επίσπορης καλλιέργειας και στις δυο αποστάσεις σποράς

### 3.10 Αποδόσεις κύριας και επίσπορης καλλιέργειας

Στην απόσταση σποράς των 75εκ. της κύριας καλλιέργειας, δεν προέκυψαν διαφορές στην απόδοση μεταξύ των ποικιλιών ( $F=1,344$  και  $p=0,277>0,05$ ) (Πίνακας 21). Η παραγωγή κυμάνθηκε από 431,5 kg/στρέμμα (ποικιλία Mercury) έως 561,6 kg/στρέμμα (ποικιλία PR92M22). Οι ποικιλίες PR92M22, Kondor, PR92B63 και η Zora, έδωσαν παραγωγή πάνω από 500kg/στρέμμα (Πίνακας 21).

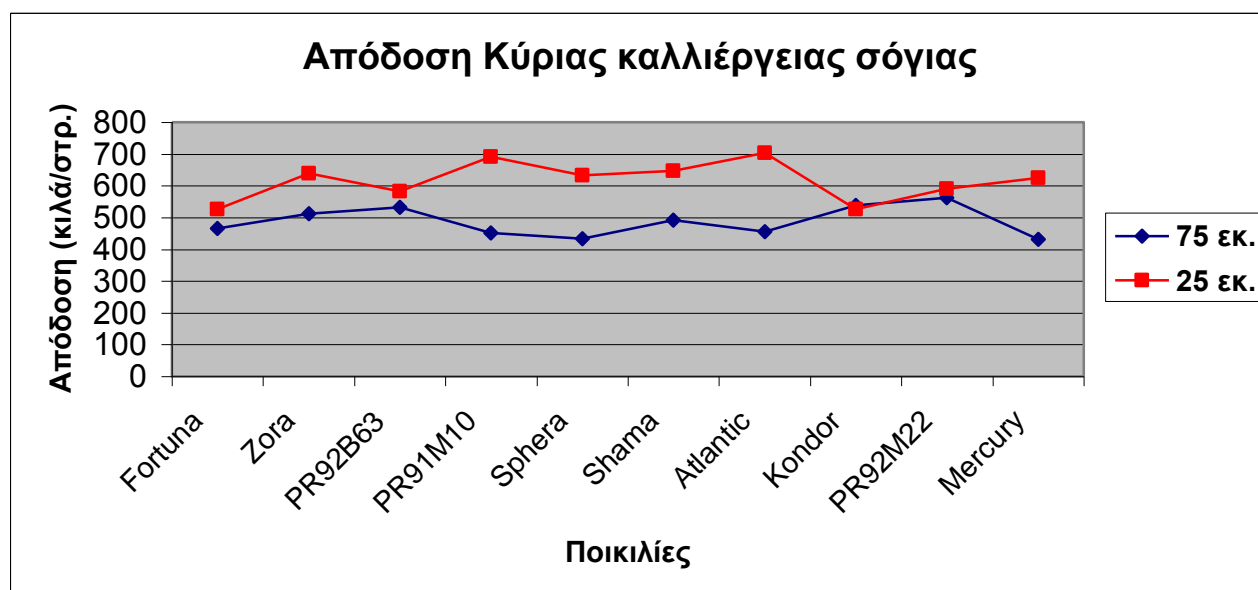
Επίσης, δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών, ούτε στην απόσταση σποράς των 25εκ., ως προς την απόδοση ( $F=0,977$  και  $p=0,473>0,05$ ). Η παραγωγή στην απόσταση σποράς των 25εκ. κυμάνθηκε από 526 kg/στρέμμα (ποικιλία Fortuna) έως 703,7 kg/στρέμμα (ποικιλία Atlantic) (Πίνακας 21). Οι ποικιλίες Zora, PR91M10, Sphera, Shama και Mercury, έδωσαν παραγωγή πάνω από 600 kg/στρέμμα. Η ποικιλία Atlantic, έδωσε τη μεγαλύτερη παραγωγή στην απόσταση σποράς των 25εκ. (703,7 kg/στρέμμα).

**Πίνακας 21:** Αποτελέσματα απόδοσης (κιλά/στρ) σε σπόρο της κύριας καλλιέργειας σόγιας 2013.

Αποστάσεις μεταξύ των γραμμών 75εκ.						Αποστάσεις μεταξύ των γραμμών 25εκ.				
Ποικιλίες	Επαν. 1η	Επαν. 2η	Επαν. 3η	M.O.	STDEV	Επαν. 1η	Επαν. 2η	Επαν. 3η	M.O.	STDEV
Fortuna	493	425,3	478,7	465,7a	35,7	617	522	439	526a	89
Zora	546,3	480,7	510,7	512,6a	32,8	600	620	695	638,3a	50
PR92B63	562	581	452	531,7a	69,6	376	708	663	582,3a	180,1
PR91M10	469	482,7	400,7	450,8a	43,9	741	746	587	691,3a	90,4
Sphera	444,3	378,7	478,7	433,9a	50,8	602	666	631	633a	32
Shama	510,3	404,7	560,3	491,8a	79,4	675	555	708	646a	80,5
Atlantic	454,6	506	403,3	454,6a	51,3	730	806	575	703,7a	117,7
Kondor	538,5	441,7	635,3	538,5a	96,8	687	421	472	526,7a	141,2
PR92M22	497,7	561	626	561,6a	64,1	503	744	522	589,7a	134
Mercury	503,7	498	292,7	431,5a	120,2	625	613	637	625a	12
M.O.	501,9	476	483,8	487,3b		615,6	640,1	592,9	616,2a	
					ns $F=1,344$ $p=0,277$				ns $F=0,977$ $p=0,473$	

Από τη σύγκριση των γενικών μέσων όρων των αποδόσεων, όλων των ποικιλιών και στις δυο αποστάσεις σποράς, φαίνεται ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $F=31,364$  και  $p=0,000<0,05$ ), με το μεγαλύτερο γενικό μέσο όρο απόδοσης να δίνει η απόσταση σποράς των 25εκ. (616,2 kg/στρέμμα) (Πίνακας 21).

Η απόσταση σποράς, επηρέασε την απόδοση των ποικιλιών Zora, PR91M10, Sphera, Shama, Atlantic και Mercury (Εικόνα 21).



**Εικόνα 21:** Διαγραμματική απεικόνιση αποδόσεων κύριας καλλιέργειας ποικιλιών σόγιας (κιλά/στρέμμα).

Οι αποδόσεις σε σπόρο της επίσπορης καλλιέργειας, διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ των ποικιλιών στην απόσταση σποράς των 75εκ. ( $F=3,040$  και  $p=0,018<0,05$ ). Η παραγωγή κυμάνθηκε από 213,1 kg/στρέμμα (ποικιλία Atlantic) έως 393,6 kg/στρέμμα (ποικιλία Sphera). Οι ποικιλίες Fortuna, Zora, PR92B63, PR91M10, Sphera, Kondor και PR92M22, έδωσαν παραγωγή πάνω από 300 kg/στρέμμα (Πίνακας 22).

Επίσης, δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών, ούτε στην απόσταση σποράς των 25εκ., ως προς την απόδοση ( $F=1,243$  και  $p=0,325>0,05$ ). Η παραγωγή στην απόσταση σποράς των 25εκ. κυμάνθηκε από 428 kg/στρέμμα (ποικιλία Mercury) έως 670,5 kg/στρέμμα (ποικιλία Sphera) (Πίνακας 22). Οι ποικιλίες Fortuna, PR92B63, PR91M10, Kondor και PR92M22, έδωσαν παραγωγή πάνω από 500 kg/στρέμμα. Η ποικιλία Sphera, έδωσε τη μεγαλύτερη παραγωγή στην απόσταση σποράς των 25εκ. (670,5 kg/στρέμμα) (Πίνακας 22).

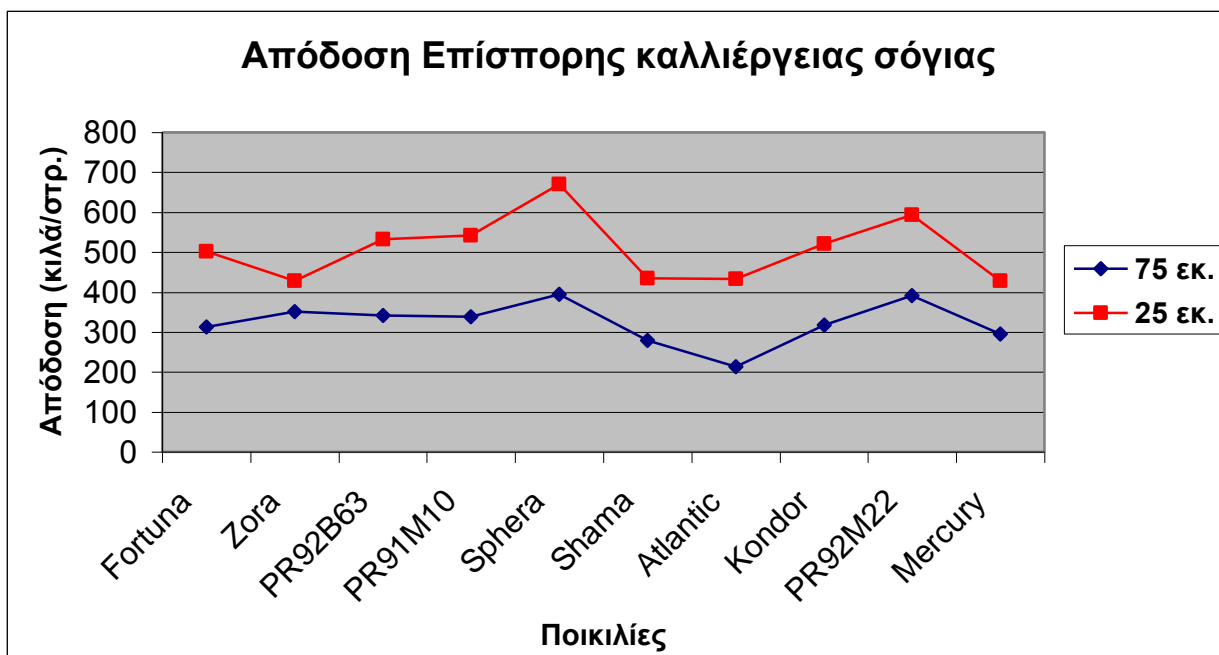


**Πίνακας 22:** Αποτελέσματα απόδοσης (κιλά/στρ) σε σπόρο της *επίσπορης* καλλιέργειας σόγιας 2013.

Αποστάσεις μεταξύ των γραμμών 75εκ.						Αποστάσεις μεταξύ των γραμμών 25εκ.				
Ποικιλίες	Επαν. 1η	Επαν. 2η	Επαν. 3η	M.O.	STDEV	Επαν. 1η	Επαν. 2η	Επαν. 3η	M.O.	STDEV
<b>Fortuna</b>	300,8	361,1	274,3	<b>312,1ab</b>	44,5	510,9	475,1	520,5	<b>502,2a</b>	23,9
<b>Zora</b>	345,1	351	358,5	<b>351,5ab</b>	6,7	442,9	655,9	187,5	<b>428,8a</b>	234,5
<b>PR92B63</b>	319,5	399,1	303,6	<b>340,7ab</b>	51,2	507,7	615,3	474,3	<b>532,4a</b>	73,7
<b>PR91M10</b>	288,7	378,7	346,7	<b>338ab</b>	45,6	631,1	615,5	380,4	<b>542,3a</b>	140,4
<b>Sphera</b>	445,3	477,5	258,1	<b>393,6a</b>	118,5	703,5	692,3	615,6	<b>670,5a</b>	47,8
<b>Shama</b>	288,3	293,6	254,3	<b>278,7bc</b>	21,3	618,5	346,8	335,9	<b>433,7a</b>	160,1
<b>Atlantic</b>	223,1	182,5	233,8	<b>213,1c</b>	27,1	394,5	607,7	295,2	<b>432,5a</b>	159,7
<b>Kondor</b>	315	348,7	286,6	<b>316,8ab</b>	31,1	482,9	552,7	529,7	<b>521,8a</b>	35,6
<b>PR92M22</b>	401,8	457,6	313	<b>390,8a</b>	72,9	505,6	736,5	536,8	<b>593a</b>	125,3
<b>Mercury</b>	294,9	309,2	278,6	<b>294,2abc</b>	15,3	428	520	335,9	<b>428a</b>	92
<b>M.O.</b>	322,3	355,9	290,8	<b>323b</b>		522,6	581,8	421,2	<b>508,5a</b>	
				<b>* F=3,040</b> <b>p=0,018</b>					<b>ns F=1,243</b> <b>p=0,325</b>	

Από τη σύγκριση των γενικών μέσων όρων των αποδόσεων, όλων των ποικιλιών και στις δυο αποστάσεις σποράς, φαίνεται ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $F=54,92$  και  $p=0,000<0,05$ ), με το μεγαλύτερο γενικό μέσο όρο απόδοσης να δίνει η απόσταση σποράς των 25εκ. (508,5 kg/στρέμμα) (Πίνακας 22).

Η απόσταση σποράς, επηρέασε την απόδοση όλων των ποικιλιών, με εξαίρεση την ποικιλία Zora (Εικόνα 22). Όπως στην κύρια καλλιέργεια έτσι και στην επίσπορη, η μεγαλύτερη απόδοση σε σπόρο προέκυψε στην απόσταση σποράς των 25εκ.



**Εικόνα 22:** Διαγραμματική απεικόνιση αποδόσεων επίσπορης καλλιέργειας ποικιλιών σόγιας (κιλά/στρ.)

### 3.11 Τεχνητή γήρανση και έλεγχος ποιότητας των σπόρων, συγκομιδής 2012

Η βλαστική ικανότητα των σπόρων τριών ποικιλιών σόγιας (Mercury, PR91M10 και PR92B63), συγκομιδής 2012 (επίσπορη καλλιέργεια) και έπειτα από αποθήκευσή τους στους 7° C και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, εμφανίζεται στον Πίνακα 23.

Έγινε σύγκριση των τριών ποικιλιών, ανάλογα με το περιβάλλον αποθήκευσής τους.

Το μεγαλύτερο ποσοστό βλαστικότητας παρουσιάζει η ποικιλία PR92B63, με αποθήκευση στους 7°C και με σταθερή υποβάθμιση της ποιότητάς της έως την 16<sup>η</sup> ημέρα εφαρμογής της τεχνητής γήρανσης. Το ίδιο ισχύει και για την αποθήκευσή της σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Στις μετρήσεις που ελήφθησαν μετά τη δέκατη ημέρα τεχνητής γήρανσης, η ποικιλία Mercury δεν διαφέρει στατιστικά σημαντικά από την PR92B63 εκτός από τη 18<sup>η</sup> ημέρα. Ενώ η ποικιλία PR91M10, έδωσε τις μικρότερες τιμές βλαστικότητας και υποβαθμίστηκε η ποιότητα των σπόρων σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα.

Όσον αφορά την αποθήκευση στους 7° C, η ποικιλία Mercury δεν διαφέρει από την PR92B63 στις περισσότερες μετρήσεις, εκτός από την 8<sup>η</sup> και 18<sup>η</sup> ημέρα εφαρμογής τεχνητής γήρανσης. Η ποικιλία PR91M10, έδωσε και σε αυτήν την περίπτωση τις μικρότερες τιμές βλαστικότητας.

**Πίνακας 23:** Σύγκριση της βλαστικής ικανότητας των σπόρων των τριών ποικιλιών σόγιας ανάλογα το περιβάλλον αποθήκευσης, της επίσπορης καλλιέργειας του 2012

Ημέρες στους 40o C	Βλαστική Ικανότητα (%)					
	Mercury (°C περιβάλλοντος)	PR91M10 (°C περιβάλλοντος)	PR92B63 (°C περιβάλλοντος)	Mercury (7°C)	PR91M10 (7°C)	PR92B63 (7°C)
0	84,5b	89,5ab	93,5a	93a	92,5a	98,5a
2	82a	57b	88a	89a	89,5a	93,5a
4	73b	56c	93a	90,5a	83,5a	85a
6	74b	40,5c	88a	89,5a	70b	97a
8	51,5b	49,5b	82a	73b	80ab	85a
10	80a	31b	78a	78,5a	62,5b	86a
12	66a	28b	60,5a	79,5a	25,5b	81a
14	71,5a	33,5b	68a	76,5a	41,5b	75,5a
16	45,5a	16b	48,5a	64,5b	15c	77a
18	56,5a	16,5c	39,5b	49a	32b	34b
20	14,5b	0,5c	29,5a	16a	0,5b	21a

Έγινε ανάλυση ANOVA, για την αξιολόγηση της ποιότητας του σπόρου τριών ποικιλιών σόγιας σε δύο διαφορετικές συνθήκες αποθήκευσης. Η κωδικοποίηση των δεδομένων στο στατιστικό πακέτο SPSS έγινε ως εξής: όσον αφορά τις ποικιλίες, ο αριθμός 1 αντιστοιχεί στην ποικιλία Mercury, ο αριθμός 2 αντιστοιχεί στην ποικιλία PR91M10, και ο αριθμός 3 στην ποικιλία PR92B63. Επίσης, όσον αφορά τη μεταχείριση, ο αριθμός 1 αντιστοιχεί στην αποθήκευση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και ο αριθμός 2 αντιστοιχεί στην αποθήκευση στο ψυγείο (7° C). Οι επαναλήψεις για κάθε μεταχείριση ήταν 4.

Σύμφωνα με τον Πίνακα 24, της ανάλυσης παραλλακτικότητας, υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε όλους τους εξεταζόμενους παράγοντες (ποικιλία, μεταχείριση, ημέρες παραμονής στους 40° C). Επίσης, υπάρχουν και αλληλεπιδράσεις μεταξύ των παραγόντων (ημέρες x ποικιλία, ημέρες x μεταχείριση, ποικιλία x μεταχείριση και ημέρες x ποικιλία x μεταχείριση).

**Πίνακας 24:** Πίνακας ανάλυσης παραλλακτικότητας (Tests of Between-Subjects Effects)

Πηγή	Τύπος III Αθροισμα τετραγώνων	df	Mean Square	F	Sig.
<b>Corrected Model</b>	170039,650 <sup>a</sup>	59	2882,028	36,742	,000
<b>Intercept</b>	844669,350	1	844669,350	10768,502	,000
<b>Διάρκεια τεχνητής γήρανσης (ΔΤΓ)</b>	103040,150	9	11448,906	145,960	,000
<b>Ποικιλία</b>	39241,300	2	19620,650	250,139	,000
<b>Μεταχείριση αποθήκευσης</b>	6933,750	1	6933,750	88,397	,000
<b>ΔΤΓ * Ποικιλία</b>	11302,700	18	627,928	8,005	,000
<b>ΔΤΓ * Μεταχείριση</b>	2636,417	9	292,935	3,735	,000
<b>Ποικιλία * Μεταχείριση</b>	1324,900	2	662,450	8,445	,000
<b>ΔΤΓ * Ποικιλία * Μεταχείριση</b>	5560,433	18	308,913	3,938	,000
<b>Σφάλμα</b>	14119,000	180	78,439		
<b>Σύνολο</b>	1028828,000	240			
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	184158,650	239			

a.  $R^2 = 0,923$  (Adjusted R Squared = ,898)

Η στατιστική ανάλυση όσον αφορά τις δύο μεταχειρίσεις αποθήκευσης έδειξε ότι η αποθήκευση στους 7° C (Mean=64,700) έδωσε καλύτερα αποτελέσματα σχετικά με την ποιότητα των σπόρων, σε σύγκριση με την αποθήκευση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (Mean=53,950) και αυτό φαίνεται στον Πίνακα 25.

**Πίνακας 25:** Σύγκριση των δύο μεταχειρίσεων αποθήκευσης για το σύνολο των εξεταζόμενων ποικιλιών

			95% Διάστ. εμπιστοσύνης	
Μεταχείριση αποθήκευσης	M.O.	Τυπικό σφάλμα	Κατώτατα όρια	Ανώτατα όρια
1 (° C Περιβάλλοντος)	53,950	0,808	52,355	55,545
<b>2 (Ψυγείο)</b>	<b>64,700</b>	0,808	63,105	66,295

Σχετικά με την αλληλεπίδραση των ποικιλιών ανάλογα τη μεταχείριση της αποθήκευσης (Πίνακας 26), η ποικιλία PR92B63 (κωδ.3), εμφάνισε τα καλύτερα αποτελέσματα βλαστικής ικανότητας των σπόρων κατά την αποθήκευση στους 7° C (Mean=73,500). Ακολουθεί η ποικιλία Mercury (κωδ.1) (Mean=70,600) και τέλος η ποικιλία PR91M10 (Mean=50,000).

**Πίνακας 26:** Αλληλεπίδραση των τριών ποικιλιών σόγιας, ανάλογα τις συνθήκες αποθήκευσης

				95% Διάστ. εμπιστοσύνης	
Ποικιλία	Μεταχείριση	M.O.	Τυπικό σφάλμα	Κατώτατα όρια	Ανώτατα όρια
1	1	61,500	1,400	58,737	64,263
	2	70,600	1,400	67,837	73,363
2	1	32,850	1,400	30,087	35,613
	2	50,000	1,400	47,237	52,763
3	1	67,500	1,400	64,737	70,263
	2	73,500	1,400	70,737	76,263

### 3.12 Έλεγχος ποιότητας σπόρου αποθηκευμένου στους 7° C, συγκομιδής 2012

Ένα τελευταίο test αναφοράς έγινε με τη συμπλήρωση 16 μηνών αποθήκευσης, που αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο διάστημα διάθεσης του σπόρου για καλλιέργεια μετά τη συγκομιδή (σπόρος διετίας) (Πίνακας 27). Τα αποτελέσματα του ελέγχου ποιότητας του σπόρου, των ποικιλιών Mercury, PR92B63 και PR91M10, μετά από αποθήκευσή τους για 6 μήνες και μετά από 16 μήνες σε θερμοκρασία 7° C, παρουσιάζονται στον Πίνακα 27.

**Πίνακας 27:** Ποσοστό βλαστικότητας μετά από 6 και 16 μήνες αποθήκευσης στους 7° C

Ποικιλίες	% Βλαστικότητας μετά από 6 μήνες στους 7° C	% Βλαστικότητας μετά από 16 μήνες στους 7° C
Mercury	93%	70%
PR91M10	92,5%	52%
PR92B63	98,5%	82%

Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης, βρέθηκαν διαφορές όσον αφορά τη διατηρησιμότητα της ποιότητας του σπόρου σε αναφορά ως προς τη βλαστική ικανότητα. Συγκεκριμένα, η ποικιλία PR92B63 διατήρησε υψηλά επίπεδα βλαστικότητας, ενώ αντίθετα η ποικιλία PR91M10 της ίδιας εταιρίας προέλευσης, μείωσε τα ποσοστά της σε απαγορευτικά επίπεδα. Ενδιάμεση συμπεριφορά είχε η ποικιλία Mercury, η οποία μείωσε το ποσοστό βλαστικότητας σε οριακά επίπεδα για τη διάθεση του σπόρου κατά περίπτωση.

### 3.13 Εκτίμηση της αποθηκευσιμότητας του σπόρου των 3 ποικιλιών της σόγιας

Σύμφωνα με το μοντέλο των Ellis and Roberts, 1980, υπολογίστηκε ο συντελεστής Ki και η αρχική βλαστικότητα των σπόρων τη στιγμή που συγκομίστηκαν της ποικιλίας Mercury, μετά από αποθήκευση στους 7° C και μετά από αποθήκευση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (Πίνακας 28). Επίσης, υπολογίστηκε ο χρόνος όπου το ποσοστό βλαστικότητας των σπόρων της ποικιλίας Mercury και στις δυο συνθήκες αποθήκευσης θα φτάσει στο μηδέν, κάτι το οποίο φαίνεται στην Εικόνα 23.

Σχετικά με το πείραμα που αφορούσε την αποθήκευση στους 7° C, υπολογίστηκε από το μοντέλο η αρχική βλαστικότητα των σπόρων της ποικιλίας Mercury τη στιγμή που συγκομίστηκαν και ήταν 94,99%. Έπειτα από αποθήκευση 6 μηνών στους 7° C, μετρήθηκε ξανά η βλαστική ικανότητα των σπόρων, η οποία βρέθηκε ότι ήταν 93%. Μετά την εφαρμογή τεχνητής γήρανσης (40° C) για χρονικό διάστημα 20 ημερών, η βλαστική ικανότητα των σπόρων έπεσε στο 16%. Η τιμή Ki βρέθηκε ότι είναι 1,6437 (Πίνακας 28).

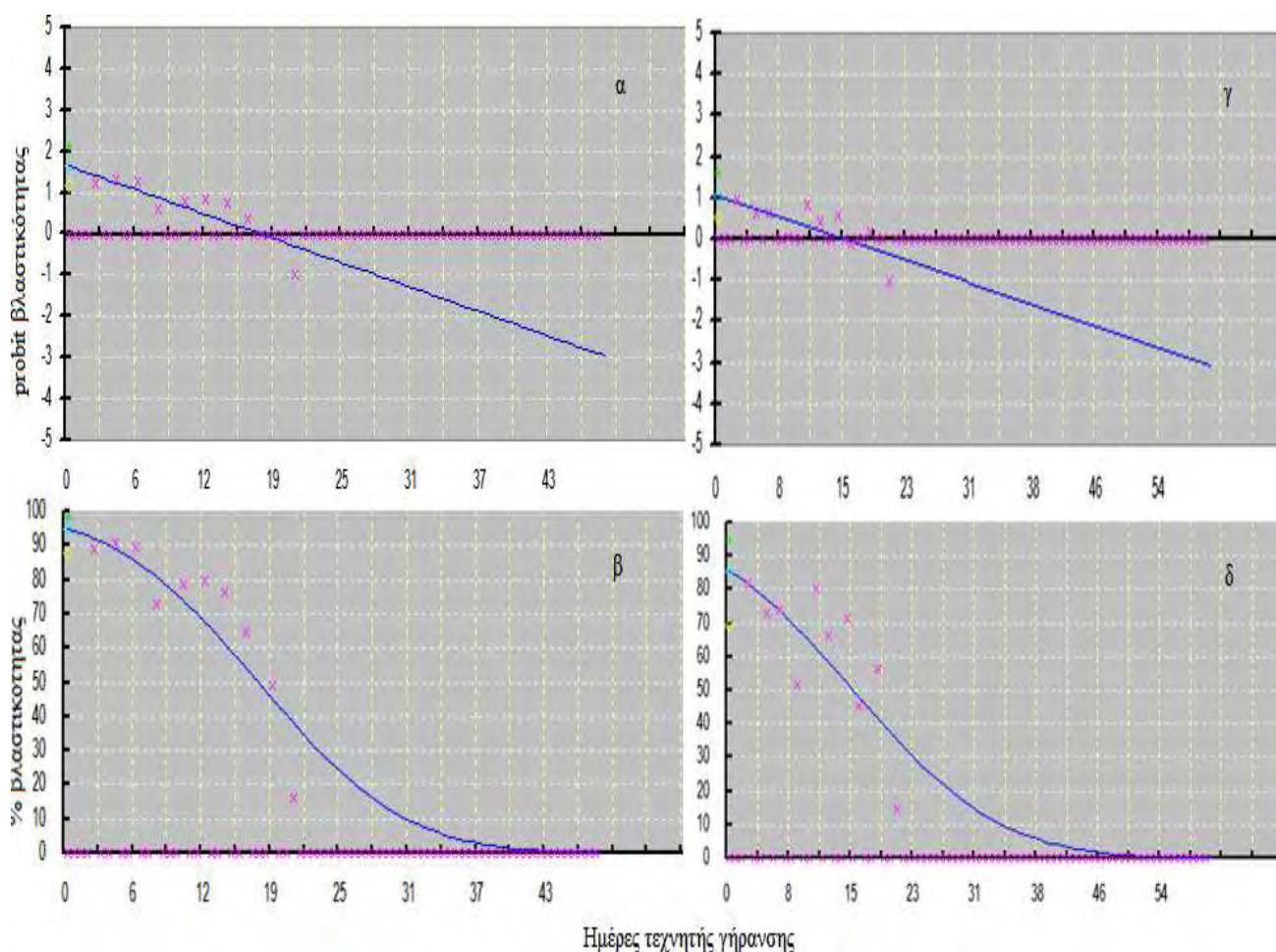
**Πίνακας 28:** Πρόβλεψη αρχικής βιωσιμότητας των σπόρων και της τιμής Ki της ποικιλίας Mercury, με αποθήκευση στους 7° C και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, μετά από τεχνητή γήρανση

<u>Ποικιλία Mercury (7° C)</u>				<u>Ποικιλία Mercury (° C περιβάλλοντος)</u>			
ANOVA		t ( . 025)= 2,262		ANOVA		t ( . 025)= 2,262	
SV	SS	DF	F=33,7	SV	SS	DF	F=13,72
SSReg	4,0202	1		SSReg	2,1354	1	
SSRes	1,0736	9		SSRes	1,4004	9	
SST	5,0938	10	MRes= 0,1193	SST	3,5359	10	MRes= 0,1556
Y=1,6437-0,0956 X				Y=1,0637 - 0,06967 X			
x <sup>2</sup> =	0,2049			x <sup>2</sup> =	0,2791		
Κλίση=	-0,0956	+/-	-0,042	Κλίση=	-0,0697	+/-	-0,048
Αρχ.βλαστ.(%)=	94,99			Αρχ.βλαστ.(%)=	85,63		
Ki (probit)=	1,6437	+/-	0,485	Ki (probit)=	1,0637	+/-	0,554

Σχετικά με το πείραμα που αφορούσε την αποθήκευση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, υπολογίστηκε από το μοντέλο η αρχική βλαστικότητα των σπόρων της ποικιλίας Mercury τη στιγμή που συγκομίστηκαν και ήταν 85,63%. Έπειτα από αποθήκευση 6 μηνών σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, μετρήθηκε ξανά η βλαστική ικανότητα των σπόρων, η οποία βρέθηκε ότι ήταν 84,5%. Μετά την εφαρμογή τεχνητής γήρανσης (40° C) για χρονικό διάστημα 20 ημερών, η βλαστική ικανότητα των σπόρων έπεσε στο 14,5%. Η τιμή Ki βρέθηκε ότι είναι 1,0637 (Πίνακας 28).

Επίσης, από τα παρακάτω γραφήματα (Εικόνα 23) που παρουσιάζονται μέσω του μοντέλου πρόβλεψης της βλαστικότητας των σπόρων, η βλαστικότητα των σπόρων

της ποικιλίας Mercury, με αποθήκευση στους 7° C, θα μειωθεί κατά 50% στις 18 ημέρες εφαρμογής της τεχνητής γήρανσης. Επίσης θα μηδενιστεί η βλαστική ικανότητα των σπόρων περίπου στις 43 ημέρες εφαρμογής τεχνητής γήρανσης. Ενώ η ίδια ποικιλία κατά την αποθήκευσή της σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, εμφανίζει την τιμή P<sub>50</sub> στις 16 ημέρες και θα μηδενιστεί η βλαστική της ικανότητα περίπου στις 54 ημέρες εφαρμογής τεχνητής γήρανσης.



**Εικόνα 23:** Πρόβλεψη βλαστικότητας (Ki) της ποικιλίας Mercury, μετά από αποθήκευση στους 7° C (α) και (β) και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (γ) και (δ) και μετά από εφαρμογή τεχνητής γήρανσης (40° C) για διάρκεια 20 ημερών

Υπολογίστηκε ο συντελεστής Ki και η αρχική βλαστικότητα των σπόρων τη στιγμή που συγκομίστηκαν της ποικιλίας PR91M10, μετά από αποθήκευση στους 7° C και μετά από αποθήκευση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (Πίνακας 29). Ο χρόνος όπου το ποσοστό βλαστικότητας των σπόρων της ποικιλίας PR91M10 και στις δυο συνθήκες αποθήκευσης θα φτάσει στο μηδέν, φαίνεται στην Εικόνα 24.



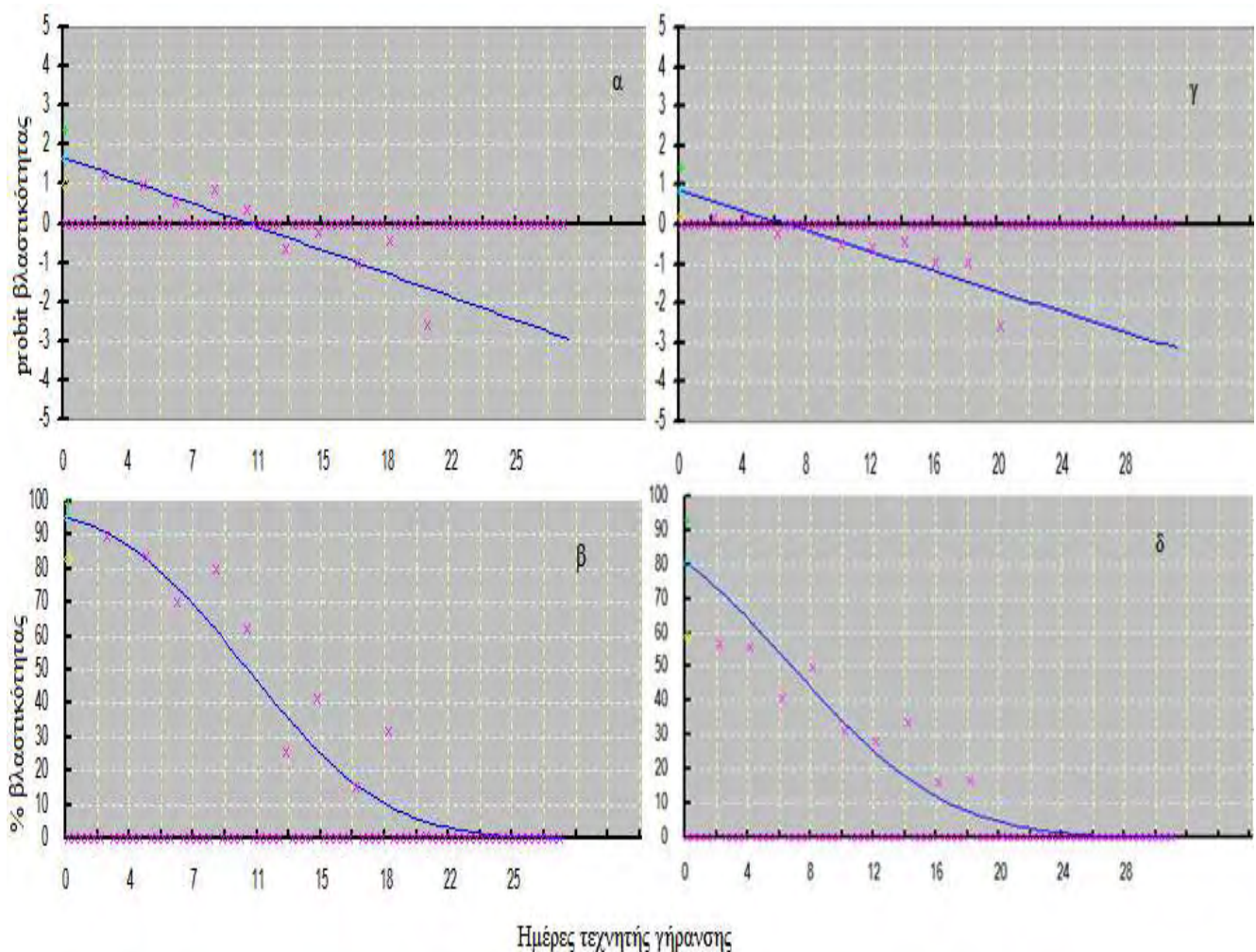
Όσον αφορά το πείραμα όπου οι σπόροι αποθηκεύτηκαν στους 7° C, υπολογίστηκε από το μοντέλο η αρχική βλαστικότητα των σπόρων της ποικιλίας PR91M10 τη στιγμή που συγκομίστηκαν και ήταν 95,26%. Έπειτα από αποθήκευση 6 μηνών στους 7° C, μετρήθηκε ξανά η βλαστική ικανότητα των σπόρων, η οποία βρέθηκε ότι ήταν 92,5%. Μετά την εφαρμογή τεχνητής γήρανσης (40° C) για χρονικό διάστημα 20 ημερών, η βλαστική ικανότητα των σπόρων έπεσε στο 0,5%. Η τιμή Ki βρέθηκε ότι είναι 1,6713 (Πίνακας 29).

**Πίνακας 29:** Πρόβλεψη αρχικής βιωσιμότητας των σπόρων και της τιμής Ki της ποικιλίας PR91M10, με αποθήκευση στους 7° C και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, μετά από τεχνητή γήρανση

<u>Ποικιλία PR91M10 (7° C)</u>				Ποικιλία PR91M10 (° C περιβάλλοντος)			
ANOVA				ANOVA			
t ( . 025)= 2,262				t ( . 025)= 2,262			
SV	SS	DF	F=45,86	SV	SS	DF	F=35,84
SSReg	11,7637	1		SSReg	7,1919	1	
SSRes	2,3085	9		SSRes	1,8063	9	
SST	14,0722	10	MRes=0,2565	SST	8,9982	10	MRes=0,2007
Y=1,6713 - 0,16351 X				Y=0,8494 - 0,12785 X			
x²=	0,5873			x²=	0,4365		
Κλίση=	-0,1635	+/-	-0,062	Κλίση=	-0,1278	+/-	-0,055
Αρχ.βλαστ.(%)=	95,26			Αρχ.βλαστ.(%)=	80,22		
Ki (probit)=	1,6713	+/-	0,711	Ki (probit)=	0,8494	+/-	0,629

Σχετικά με το πείραμα που αφορούσε την αποθήκευση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, υπολογίστηκε από το μοντέλο η αρχική βλαστικότητα των σπόρων της ποικιλίας PR91M10 τη στιγμή που συγκομίστηκαν και ήταν 80,22%. Έπειτα από αποθήκευση 6 μηνών σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, μετρήθηκε ξανά η βλαστική ικανότητα των σπόρων, η οποία βρέθηκε ότι ήταν 89,5%. Μετά την εφαρμογή τεχνητής γήρανσης (40° C) για χρονικό διάστημα 20 ημερών, η βλαστική ικανότητα των σπόρων έπεσε στο 0,5%. Η τιμή Ki βρέθηκε ότι είναι 0,8494 (Πίνακας 29).

Σε αυτήν την περίπτωση πρέπει να σημειωθεί ότι στις 2 ημέρες εφαρμογής τεχνητής γήρανσης, όπου ελέγχθηκε η ποιότητα των σπόρων, το ποσοστό ήταν 57% και στις επόμενες ημέρες τεχνητής γήρανσης έπεφτε σταδιακά. Άρα το υψηλό ποσοστό (89,5%) που εμφανίστηκε κατά την αρχική μέτρηση πριν από την εφαρμογή της τεχνητής γήρανσης, πιθανόν να ήταν λόγω λάθος δειγματοληψίας, ή λόγω του ότι οι σπόροι να βρίσκονταν σε λήθαργο.



**Εικόνα 24:** Πρόβλεψη βλαστικότητας (Ki) της ποικιλίας PR91M10, μετά από αποθήκευση στους 7° C (α) και (β) και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (γ) και (δ) και μετά από εφαρμογή της τεχνητής γήρανσης (40° C) για διάρκεια 20 ημερών

Επίσης, από τα παραπάνω γραφήματα (Εικόνα 24) που παρουσιάζονται μέσω του μοντέλου πρόβλεψης της βλαστικότητας των σπόρων, η βλαστικότητα των σπόρων της ποικιλίας PR91M10, με αποθήκευση στους 7° C, θα μειωθεί κατά 50% στις 10-12 ημέρες εφαρμογής της τεχνητής γήρανσης. Επίσης, θα μηδενιστεί η βλαστική

ικανότητα των σπόρων περίπου στις 25 ημέρες εφαρμογής τεχνητής γήρανσης. Ενώ η ίδια ποικιλία κατά την αποθήκευσή της σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, εμφανίζει την τιμή  $P_{50}$  στις 8 ημέρες και θα μηδενιστεί η βλαστική της ικανότητα περίπου στις 28 ημέρες εφαρμογής τεχνητής γήρανσης.

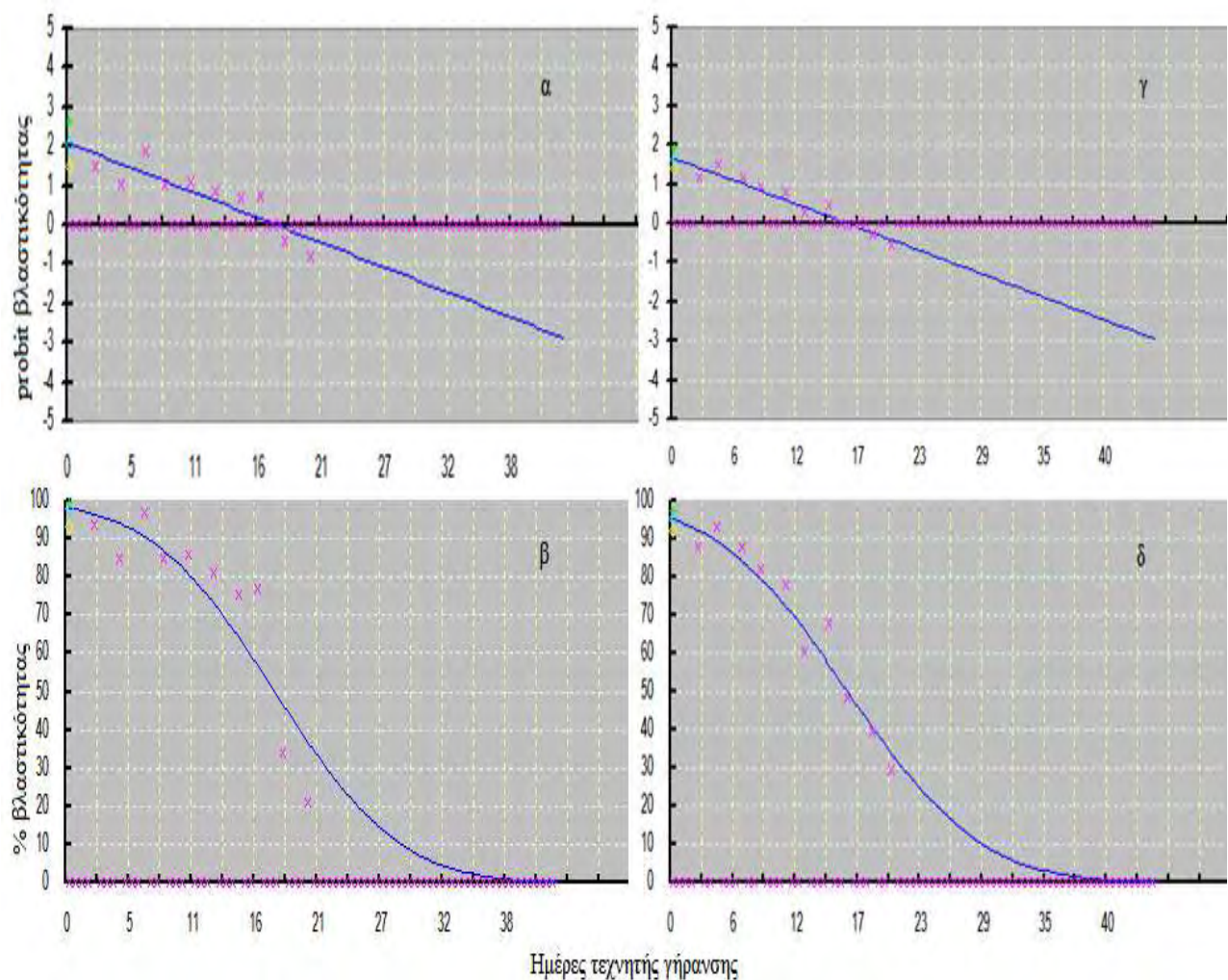
Υπολογίστηκε ο συντελεστής  $K_i$  και η αρχική βλαστικότητα των σπόρων τη στιγμή που συγκομίστηκαν της ποικιλίας PR92B63, μετά από αποθήκευση στους  $7^{\circ}\text{C}$  και μετά από αποθήκευση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (Πίνακας 30). Ο χρόνος όπου το ποσοστό βλαστικότητας των σπόρων της ποικιλίας PR92B63 και στις δυο συνθήκες αποθήκευσης θα φτάσει στο μηδέν, φαίνεται στην Εικόνα 25.

Όσον αφορά το πείραμα όπου οι σπόροι αποθηκεύτηκαν στους  $7^{\circ}\text{C}$ , υπολογίστηκε από το μοντέλο η αρχική βλαστικότητα των σπόρων της ποικιλίας PR92B63 τη στιγμή που συγκομίστηκαν και ήταν 98,09%. Έπειτα από αποθήκευση 6 μηνών στους  $7^{\circ}\text{C}$ , μετρήθηκε ξανά η βλαστική ικανότητα των σπόρων, η οποία βρέθηκε ότι ήταν 98,5%. Μετά την εφαρμογή τεχνητής γήρανσης ( $40^{\circ}\text{C}$ ) για χρονικό διάστημα 20 ημερών, η βλαστική ικανότητα των σπόρων έπεσε στο 21%. Η τιμή  $K_i$  βρέθηκε ότι είναι 2,0745 (Πίνακας 30).

**Πίνακας 30:** Πρόβλεψη αρχικής βιωσιμότητας των σπόρων και της τιμής  $K_i$  της ποικιλίας PR92B63, με αποθήκευση στους  $7^{\circ}\text{C}$  και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, μετά από τεχνητή γήρανση

<u>Ποικιλία PR92B63 (<math>7^{\circ}\text{C}</math>)</u>				<u>Ποικιλία PR92B63 (<math>^{\circ}\text{C}</math> περιβάλλοντος)</u>			
ANOVA		$t (.025) = 2,262$		ANOVA		$t (.025) = 2,262$	
SV	SS	DF	F=35,30	SV	SS	DF	F=135,62
SSReg	6,1568	1		SSReg	4,6572	1	
SSRes	1,5699	9		SSRes	0,3091	9	
SST	7,7268	10	MRes=0,1744	SST	4,9663	10	MRes=0,0343
Y=2,0745 - 0,11829 X				Y=1,6578 - 0,10288 X			
x <sup>2</sup> =	0,2773			x <sup>2</sup> =	0,0503		
Κλίση=	0,1183	+/-	-0,051	Κλίση=	0,1029	+/-	-0,023
Αρχ.βλαστ.(%)=	98,09			Αρχ.βλαστ.(%)=	95,13		
Ki (probit)=	2,0745	+/-	0,586	Ki (probit)=	1,6578	+/-	0,26

Σχετικά με το πείραμα που αφορούσε την αποθήκευση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, υπολογίστηκε από το μοντέλο η αρχική βλαστικότητα των σπόρων της ποικιλίας PR92B63 τη στιγμή που συγκομίστηκαν και ήταν 95,13%. Έπειτα από αποθήκευση 6 μηνών σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, μετρήθηκε ξανά η βλαστική ικανότητα των σπόρων, η οποία βρέθηκε ότι ήταν 93,5%. Μετά την εφαρμογή τεχνητής γήρανσης (40° C) για χρονικό διάστημα 20 ημερών, η βλαστική ικανότητα των σπόρων έπεσε στο 29,5%. Η τιμή  $K_i$  βρέθηκε ότι είναι 1,6578 (Πίνακας 30).



**Εικόνα 25:** Πρόβλεψη βλαστικότητας ( $K_i$ ) της ποικιλίας PR92B63, μετά από αποθήκευση στους 7° C (α) και (β) και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (γ) και (δ) και μετά από εφαρμογή της τεχνητής γήρανσης (40° C) για διάρκεια 20 ημερών.

Από τα παραπάνω γραφήματα (Εικόνα 25) που παρουσιάζονται μέσω του μοντέλου πρόβλεψης της βλαστικότητας των σπόρων, φαίνεται ότι η ποικιλία PR92B63, κατά την αποθήκευσή της στους 7° C, εμφανίζει P<sub>50</sub> την 16-18 ημέρα εφαρμογής της τεχνητής γήρανσης. Επίσης, θα μηδενιστεί η βλαστική ικανότητα των σπόρων περίπου στις 38 ημέρες εφαρμογής τεχνητής γήρανσης. Ενώ η ίδια ποικιλία κατά την αποθήκευσή της σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, εμφανίζει την τιμή P<sub>50</sub> στις 16 ημέρες και θα μηδενιστεί η βλαστική της ικανότητα περίπου στις 40 ημέρες εφαρμογής τεχνητής γήρανσης.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Παρατηρήθηκε σημαντική παραλλακτικότητα στα μορφολογικά και αγρονομικά χαρακτηριστικά των ποικιλιών σόγιας.
- Η υποβάθμιση της ποιότητας του σπόρου είναι ιδιαίτερα σημαντική στη σόγια και επηρεάζεται από το γενότυπο όπως εκφράζεται από το δείκτη (Ki) αλλά και τις συνθήκες διατήρησής του.
- Η μεταχείριση της αποθήκευσης των ποικιλιών στους 7° C, δίνει καλύτερα αποτελέσματα σε σύγκριση με την αποθήκευση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, όσον αφορά τη διατήρηση της βλαστικής ικανότητας των εξεταζόμενων ποικιλιών.
- Η αναλογία πρωτεΐνης διαφοροποιείται μεταξύ των ποικιλιών, ενώ η μείωση της σε σχέση με το χρόνο είναι καθαρά γενοτυπική.
- Η καλλιέργεια των κατάλληλων ποικιλιών σόγιας σε συνεχή σπορά (απόσταση μεταξύ των γραμμών 25εκ.), δίνει υψηλές αποδόσεις και θα μπορούσε να αποτελέσει μια αξιόλογη εναλλακτική επιλογή αρδευόμενης καλλιέργειας, συμβάλλοντας στην παραγωγή πρωτεϊνούχων ζωοτροφών στη χώρα μας.
- Η επίσπορη καλλιέργεια της σόγιας μπορεί να αποτελέσει μια σημαντική παρέμβαση σε προτεινόμενο σχήμα καλλιέργειας και αμειψισποράς προσδίδοντας στο γεωργό, ένα αξιόλογο συμπληρωματικό εισόδημα.
- Η επίσπορη καλλιέργεια της σόγιας γενικά έδωσε μικρότερες αποδόσεις. Όμως ο μέσος όρος απόδοσης της επίσπορης καλλιέργειας στην πυκνή σπορά (25εκ.), έδωσε καλύτερα αποτελέσματα από την κύρια καλλιέργεια στα 75εκ. Επίσης, οι μεγαλύτερες αποδόσεις στην κύρια καλλιέργεια ήταν στην πυκνή σπορά των 25εκ., όπως και στην επίσπορη καλύτερα αποτελέσματα έδωσε η πυκνή σπορά.
- Η ποικιλία PR92B63 παρουσιάζει τα μεγαλύτερα ποσοστά βλαστικής ικανότητας.
- Η εφαρμογή της τεχνητής γήρανσης και ο έλεγχος της βλαστικής ικανότητας των σπόρων, έδειξε ότι η ποικιλία PR92B63 με αποθήκευση στους 7° C, έχει μεγαλύτερο ρυθμό βιωσιμότητας από τις υπόλοιπες ποικιλίες.

- Η ποικιλία PR92B63 έχει το μικρότερο ποσοστό πρωτεΐνης από τις άλλες δυο εξεταζόμενες ποικιλίες, όμως το διατηρεί σταθερό κατά την αποθήκευσή της σε διαφορετικές συνθήκες και σε συνδυασμό με τα υψηλά ποσοστά βλαστικής ικανότητας που παρουσιάζει, την καθιστούν μια αξιόλογη ποικιλία για καλλιέργεια.
- Η ποικιλία Mercury έχει το μεγαλύτερο ποσοστό πρωτεΐνης από τις άλλες δυο εξεταζόμενες ποικιλίες και το διατηρεί σταθερό κατά την αποθήκευσή της σε διαφορετικές συνθήκες.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Acquaah, G. 2007. Principles of Plant Genetics and Breeding. Blackwell Publishing, pp 519-528.

Ahmad, Q.N., Britten, E.J. and Byth, D.E. 1977. Inversion bridges and meiotic behaviour in species hybrids of soybeans. J. Hered. 68: 360-364.

Aragão, F.J.L., Sarokin, L., Vianna, G.R., Rech, E.L. 2000. Selection of transgenic meristematic cells utilizing a herbicidal molecule results in the recovery of fertile transgenic soybean [*Glycine max* (L.)Merril] plants at a high frequency. Theor. Appl. Genet. 101: 1–6.

Arumuganathan, K. and Earle, E.D. 1991. Nuclear DNA content of some important plant species. Plant Molecular Biology Reporter, Vol. 9 (3): 208-218.

Azhari, K.H. 1987. Effects of water stress and inoculation on soybean (*Glycine max* L. Merrill) at two seasons' winter & summer. Thesis submitted to University of Khartoum in partial fulfillment of requirement for the degree of M.Sc (agriculture). University of Khartoum, Sudan.

Barton, L.V. 1943. Effect of moisture fluctuations on the viability of seeds in storage. Boyce Thompson Institute. Plant Res. 13: 35–45.

Batista, R. and Oliveira, M.M. 2009. Facts and fiction of genetically engineered food. Trends in Biotechnology 27 (5): 277-286.

Bass, L.N. 1973. Controlled atmosphere and seed storage. Seed Sci. Technol. 1: 463–492.

Bernard, R.L. and Weiss, M.G. 1973. Qualitative Genetics. Soybeans, Production and Uses. In: B.E. Caldwell (Ed.), Agronomy Series, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, pp 117-154.



Beversdorf, D.W. 1993. Traditional Crop Breeding Practices: An Historical Review to Serve as a Baseline for assessing the role of modern biotechnology. OECD, Paris, pp 16-25.

Bewley, J.D. and Black, M. 1994. Seeds: Physiology of development and germination. 2nd ed. Plenum Press, New York.

Bhardwaj, H.L., Hankins, A., Mebrahtu, T., Mullins, J., Rangappa, M., Abaye, O. and Welbaum, G.E. 1996. Alternative Crops Research in Virginia. In: J. Janick (Ed.), Progress in new crops. ASHS Press, Alexandria, VA, pp 87-96.

Birk, Y. and Gertheler, A. 1961. Effects of mild chemical and enzymatic treatments of soybean meal and soybean trypsin inhibitors on their nutritive and biochemical properties. *Journal of Nutrition* 75: 379-387.

Birk, Y. 1961. Purification and some properties of a highly active inhibitor of trypsin and  $\alpha$ -chymotrypsin from soybeans. *Biochim. Biophys. Acta.* 54: 378–381.

Birk, Y, 1985. The Bowman-Birk inhibitor. Trypsin-and chymotrypsin-inhibitor from soybeans. *Int J Pept Protein Res.* 25 (2): 113-131.

Birt, D.F., Hendrick, S. and Alekel, D.L. 2004. Soybean and the prevention of chronic human disease. In: Boerma, H.R. and Specht, J.E. (Ed.) *Soybeans: Improvement, Production and Uses.* ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA, pp 1047-1117.

Bliss, C. I. 1934. The method of probits. *Science* 79 (2037): 38-39.

Board, J.E. and Tan, Q. 1995. Assimilatory capacity effects on soybean yield components and pod formation. *Crop Science* 35: 846–851.

Boerma, H.R. and Specht, J.E. 2004. *Soybeans: improvement, production and uses.* Madison, WI: American Society of Agronomy.

Boerma, R., Wilson, R., Ready, E., 2010. Soybeans Genomics Research Program Strategic Plan: Implementing Research to Meet 2012-2016 Strategic Milestones. pp 1-22.

Bowman, Y. 1944. Fractions derived from soybean and navy beans which retard tryptic digestion of casein. *Experimental Biology and Medicine* 57: 139-140.

Brandon, D.L., Bates, A.H., Friedman, M. 1993. Antigenicity of soybean proteases inhibitor. In: Troll, W. and Kennedy, A.R. (Eds.), *Protease inhibitors as cancer chemopreventive agents*. Plenum Press, New York, pp 107-129.

Broich, S.L. 1978. The systematic relationships within the genus *Glycine* Willd. subgenus *Soja* (Moench) F.J. Hermann. M.S. thesis, Iowa State University, Ames.

Brookes, G. and Barfoot, P. 2014. Economic impact of GM crops: The global income and production effects 1996–2012. *GM crops & Food: Biotechnology in agriculture and the Food chain* 5 (1): 1–11. Landes Bioscience.

Broué, P., Douglass, J., Grace J.P. and Marshall, D.R. 1982. Interspecific hybridisation of soybeans and perennial *Glycine* species indigenous to Australia via embryo culture. *Euphytica* 31: 715-724.

Brun, W.A. 1978. Assimilation. In: A.G. Norman (Ed.), *Soybean physiology, agronomy and utilization*. Academic Press Inc. New York, pp 45-76.

Brune, M., Pinto, M., Peluzio, M., Moreira, M., Barros, E. 2010. Biochemical and nutritional evaluation of a soybean line lacking the Kunitz trypsin inhibitor and lectins. *Food Science and Technology* 30 (3): 657-663.

Canadian Food Inspection Agency, 1994. Assessment Criteria for Determining Environmental Safety of Plants with Novel Traits. Biology Document BIO1996-10: A companion document to Directive 94-08 (Dir94-08).

- Carlson, J.B. 1973. Morphology. In: B.E. Caldwell (Ed.) Soybeans: Improvement, Production and Uses. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy, pp 17-96.
- Carlson, J.B. and Lersten, N.R. 1987. Reproductive Morphology. In: J.R. Wilcox (Ed.) Soybeans: Improvement, Production, and Uses. Agronomy 16: 95-134.
- Carpenter, J. and Gianessi, L. 1999. Herbicide tolerant soybeans: Why growers are adopting Roundup Ready varieties. AgBioForum 2 (2): 65-72.
- Cartter, J.L. and Hartwig, E.E. 1963. The management of Soybeans. In: A.G. Norman (Ed.) The Soybean: Genetic, Breeding, Physiology, Nutrition Management, pp 161-226.
- Carter, T.E., DeSouza, P.I. and Purcell, L.C. 1999. Recent advances in breeding for drought and aluminum resistance in soybean. In Proceedings at the World Soybean Research Conference VI Chicago, IL, pp 106 – 125 .
- Caviness, C.E. 1966. Estimates of natural cross-pollination in Jackson soybeans in Arkansas. Crop Science 6: 211.
- Cheftel, J.C., Cuq, J.L. and Lorient D. 1985. "Proteines Alimentaires". Technique et Documentation Lavoisier, Paris, pp 309.
- Cheng, J.P, Chen, B., Xu, Y.M., Zhou, X.A., Lu, C.M., Wei, W.H. 2007. Construction of suppression subtractive cDNA library and analysis of differentially expressed genes during maturing period seed of high and low oil content soybean variety. Chin J Oil Crop Sci 29: 365-371.
- Christou, P., McCabe, D.E., and Swain, W.F. 1988. Stable Transformation of Soybean Callus by DNA-Coated Gold Particles. Plant Physiology 87 (3): 671-674.
- Chung, G. and Singh R.J. 2008. Broadening the genetic base of soybean: a multidisciplinary approach. Crit. Rev. Plant Sci. 27: 295–341.

Chung, J., Babka, H.L., Graef, G.L., Staswick, P.E., Lee, D.J., Cregan, P.B., Shoemaker, R.C. and Specht, J.E. 2003. The Seed Protein, Oil, and Yield QTL on Soybean Linkage Group I. *Crop Sci.* 43: 1053–1067.

Clemente, E.T. and Cahoon, B.E., 2009. Soybean Oil: Genetic Approaches for Modification of Functionality and Total Content. *Plant Physiology*, Vol. 151 (3): 1030-1040.

Clive James, 2012. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2012. ISAAA Briefs No. 44. ISAAA: Ithaca, NY.

Clive James, 2013. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2013. ISAAA Brief No. 46. ISAAA: Ithaca, NY.

Conner, T., Paschal, E.H., Barbero, A., and Johnson, E. 2004. The challenges and potential for future agronomic traits in soybeans. *AgBioForum* 7 (1&2): 47-50.

Cunha, W.G., Tinoco, M.L.P., Pancoti, H.L., Ribeiro, R.E., Aragão, F.J.L. 2010. High resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* in transgenic soybean plants transformed to express an oxalate decarboxylase gene. *Plant Pathology*. 59 (4): 654-660

Hill, C.B., Li Y. and Hartman, G.L. 2004. Resistance to the Soybean Aphid in Soybean Germplasm. *Crop Science* 44 (1): 98-106.

Damude, H.G., Kinney, A.J. 2008. Engineering oilseeds to produce nutritional fatty acids. *Physiol Plant* 132: 1–10.

De Bruin, L.J. and Pedersen, P. 2008. Yield Improvement and Stability for Soybean Cultivars with Resistance to *Heterodera Glycines Ichinohe*. *Agronomy Journal* 100 (5): 1354–1359.

De Cleene, M. and DeLey J., 1976. The host range of crown gall. *The Botanical Review* 42 (4): 389-466.

Delouche, J.C. 1968. Precepts of seed storage. Proceedings of the Mississippi State Seed Processors Shortcourse. 1973: 93-122.

Delouche, J. C. 1974. Soybean: Production, Marketing and Use. In: Tennessee Valley Authority, pp 46-62.

Devine, M.D. 2005. Why are there not more herbicide-tolerant crops?. Pest Management Science 61 (3): 312-317.

Di, R., Purcell, V., Collins, G.B., Ghabrial, S.A. 1996. Production of transgenic soybean lines expressing the bean pod mottle virus coat protein precursor gene. Plant Cell Reports 15: 746-750.

Dow AgroSciences, 2013. Advancing Novel Insect-Resistant Soybean Trait. [<http://newsroom.dowagro.com/press-release/dow-agrosciences-advancing-novel-insect-resistant-soybean-trait#sthash.G6uTdlJn.dpuf>]

Doyle, J.J., Doyle, J.L., Rauscher J.T. and Brown, A.D.H. 2004. Evolution of the perennial soybean polyploidy complex (*Glycine* subgenus *Glycine*): a study of contrasts. Biological Journal of the Linnean Society 82: 583-597.

Egli, D.B. and Leggett, J.E., 1973. Dry matter accumulation patterns in determinate and indeterminate soybeans. Crop Science 13: 220-222.

Egli, D.B. and Crafts-Brandner, S.J. 1996. Soybean. In: E. Zamski and A.A. Schaffer (Eds.) Photoassimilate distribution in plant and crops: Source-sink relationship. Marcel Dekker, Inc., New York, pp 595-623.

Ellis, R.H. and Roberts, E.H. 1980. Improved equations for the prediction of seed longevity. Annals of Botany, 45: 13-30.

Ellis, R.H., Roberts, E.H. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. Seed Science and Technology 9: 373-409.

Endres, G.J. 2001. Soy Protein Products: Characteristics, Nutritional Aspects, and Utilization. A Publication of AOCS Press. Champaign, Illinois.

Erickson, E.H. 1976. "Bee pollination of soybeans". In Proceedings of the Sixth Soybean Seed Research Conference, American Seed Trade Association Publication, No 6, pp 46-49.

Fehr, W.R., Caviness, C.E., Burmood, D.T., Pennington, J.S. 1971. Stage development description for soybean *Glycine max* (L.) Merrill. Crop Science 11: 929-931.

Fehr, W.R., Caviness, C.E. 1977. Stages of soybean development. Iowa State Univ. Agric. Exp. Stn. Spec. Rep. pp 80.

Fehr, W.R. 1980. "Soybean". In W.R. Fehr and H.H. Hadley (Eds.) Hybridization of Crop Plants. American Society of Agronomy, Inc. and Crop Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, pp 589-600.

Fehr, W.R. 1989. Soybean. In G. Robbelen, R.K. Downey and A. Ashri (Eds.) Oil crops of the world. McGraw-Hill Publishing Co. New York, NY, USA, pp 283-300.

Fekuda, Y. 1933. Cytological studies on the wild and cultivated Manchurian soybeans (*Glycine* L.). Jap. J. Bot. 6: 489-506.

Finer, J.J., McMullen, M.D. 1991. Transformation of soybean via particle bombardment of embryogenic suspension culture tissue. In Vitro Cell. Dev. Biol. 27P: 175-182.

Friedman, M., Brandon, L.D., Bates, H.A., Hymowitz, T. 1991. Comparison of a commercial soybean cultivar and an isolate lacking the Kunitz trypsin inhibitor: composition, nutritional value, and effects of heating. J. Agric. Food Chem. 39 (2): 327-335.

Fujita, R., Ohara, M., Okazaki, K. and Shimamoto, Y. 1997. The extent of natural cross-pollination in wild soybean (*Glycine soja*). J. Hered. 88: 124–128.

Garner, W.W. and Allard, H.A. 1920. Effect of the relative length of day and night and other factors of the environment on growth and reproduction of plants. J. Agric. Res. 18: 553-606.

Gelvin, S.B. 2003. Agrobacterium and plant transformation: The biology behind the “gene-jockeying” tool. Microbiol Mol Biol Rev 67: 16-37.

Gibson, L. and Benson, G. 2005. Origin, History and Uses of Soybean (*Glycine max*). Iowa State University, Department of Agronomy. Iowa State University of Science and Technology.

Godfray, H.C., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M. and Toulmin, C. 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. Science 327: 812-818.

Goldblatt, P. 1981. Cytology and the phylogeny of Leguminosae. In: Polhill R.M. and Raven P.H. (Eds) Advances in Legume Systematics, Part 2. Royal Botanic Gardens, Kew, UK, pp 427-463.

Grant, J.E. 1984. Interspecific hybridization in *Glycine* Willd. Subgenus *Glycine* (*Leguminosae*). Aust. J.Bot. 32: 655-663.

Grant, D., Nelson, T.R., Cannon, B.S. and Shoemaker, C.R., 2010. SoyBase, the USDA-ARS soybean genetics and genomics database. Nucleic Acids Research, pp. 1–4.

Guo, J., Wang, Y., Song, C., Zhou, J., Qiu, L., Huang, H., and Wang, Y., 2010. A single origin and moderate bottleneck during domestication of soybean (*Glycine max*): implications from microsatellites and nucleotide sequences. Annals of Botany 106 (3): 505–514.

Guo, Y., Wang, X., He, W., Zhou, G., Guo, B., Zhang, L., Liu, Z., Luo, Z., Wang, L., Qiu, L., 2011. Soybean Omics and Biotechnology in China. *Plant Omics Journal* 4 (6): 318-328.

Hadi, M.Z., McMullen, M.D. and Finer, J.J. 1996. Transformation of 12 different plasmids into soybean via particle bombardment. *Plant Cell Rep* 15: 500-505.

Hadley, H.H. and Hymowitz, T. 1973. "Speciation and cytogenetics". In B.E. Caldwell (Ed.), *Soybeans: Improvement, Production and Uses*. American Society of Agronomy 16: 97-116.

Hansen, G. and Wright, M.S. 1999. Recent advances in the transformation of plants. *Trends in Plant Science*, 4 (6): 226-231.

Harrington, J.F. 1959. The value of moisture resistant containers in vegetable seed packaging. *Cal. Agric. Exp. Stat. Bull.* 792: 1-23.

Harrington, J.F. 1973. Biochemical basis of seed longevity. *Seed Sci. Technol.* 1: 453-461.

Helzlsouer, K.J., Huang, H.Y., Alberg, A.J., Hoffman, S., Burke, A., Norkus, E.P., Morris, J.S., Comstock, G.W. 2000. Association between  $\alpha$ -tocopherol,  $\gamma$ -tocopherol, selenium and subsequent prostate cancer. *J Natl Cancer Inst* 92: 2018-2023.

Henderson, P. 1881. *Henderson's Handbook of Plants*. Henderson and Co., New York.

Hermann, F.J. 1962. A revision of the genus *Glycine* and its immediate allies. *USDA Tech. Bull.* 1268: 1-79.

Hicks, D.R. 1978. Growth and development. In: A.G. Norman (Ed.) *Soybean Physiology, Agronomy and Utilization*. New York Academic Press, pp 17-44.



Hinchee, M.A., Connor-Ward, D.V., Newell, C.A., McDonell, R.E., Sato, S.J., Gasser, C.S., Fishhoff, D.A., Re, D.B., Fraley, R.T. and Horsch, R.B. 1988. Production of transgenic soybean plants using *Agrobacterium*-mediated DNA transfer. *Bio/Technol* 6: 915-922.

Hinson, K. and Hartwig, E.E. 1977. Soybean production in the tropics. *Plant Production and Protection*. Paper No. 4. AGPS MISC/35. FAO, Rome, Italy. pp 91.

Hinson, K. 1989. Use of a long juvenile trait in cultivar development. In: *Proceedings of the World Soybean Research Conference*, 4, Buenos Aires. s.n., pp 983-987.

Homrich, S.M., Wiebke-Strohm, B., Weber, R. and Bodanese-Zanettini, M.H. 2012. Soybean genetic transformation: A valuable tool for the functional study of genes and the production of agronomically improved plants. *Genetics and Molecular Biology*, 35 (4) (suppl): 998-1010.

Hongyu, Z., Ziniu, Y. and Wangxi, D. 2000. Composition and ecological distribution of Cry protein and their genotypes of *Bacillus thuringiensis* isolates from warehouses in China. *J Invertebr Pathol* 76: 191-197.

Hood, M.J. and Allen, F.L. 1980. Interspecific hybridization studies between cultivated soybean, *Glycine max* and a perennial wild relative, *G. falcata*. *Agron. Abst. American Society of Agronomy*, Madison, WI. pp 58.

Horsch, R.B., Fry, J.E., Hoffmann, N.L., Eichholtz, D., Rogers, S.G., Fraley, R.T. 1985. A simple and general method for transferring genes into plants. *Science* 227: 1229–1231.

Hou, A., Chen, P., Alloatti, J., Mozzoni, L., Zhang, B., Shi, A. 2009. Genetic variability of seed sugar content in worldwide soybean germplasm collections. *Crop Sci* 49: 903–912.

Howell, R.W., and Cartter, J.L. 1958. Physiological factors affecting composition of soybeans. II. Response of oil and other constituents of soybeans to temperature under controlled conditions. *Agron. J.* 50: 664–667.

Hruz, T., Laule, O., Szabo, G., Wessendorp F., Bleuler, S., Oertle, L., Widmayer, P., Gruissem, W. and Zimmermann, P. 2008. Genevestigator V3: a reference expression database for the meta-analysis of transcriptomes. *Advances in Bioinformatics*: 420-747.

Hudson, C.L., Lambirth, C.K., Bost, L.K. and Piller, J.K. 2013. Advancements in Transgenic Soy: From Field to Bedside. *Agricultural and Biological Sciences: "A Comprehensive Survey of international Soybean Research - Genetics, Physiology, Agronomy and Nitrogen Relationships"*, book edited by James E. Board, ISBN 978-953-51-0876-4

Hurburgh, C.R., Brumm, T.J., Guinn, J.M. and Hartwig, R.A. 1990. Protein and oil patterns in U.S. and world soybean markets. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 67: 966–973.

Hymowitz, T. 1970. On the Domestication of the Soybean. Made in the United States of America. Reprinted from *Economic Botany* 24 (4): 408-421.

Hymowitz, T. and Newell, C.A. 1980. Taxonomy, speciation, domestication, dissemination, germplasm resources, and variation in the genus *Glycine*. In: R.J. Summerfield and A.H. Bunting (Ed.) *Advances in legume science*. Royal Botanic Garden, England. pp 251-264.

Hymowitz, T. and Newell, A.C. 1981. Taxonomy of the genus *Glycine*, domestication and uses of soybeans. *Economic Botany* 35 (3): 272-288.

Hymowitz, T. and Harlan, J.R. 1983. Introduction of soybeans to North America by Samuel Bowen in 1765. *Econ. Bot.* 37: 371-379.

Hymowitz, T. 1984. Dorsett-Morse soybean collection trip to East Asia: 50 retrospective. *Economic Botany* 38: 378-388.

Hymowitz, T. 1984. Anti-nutritional factors in soybeans: Genetics and breeding. World Soybean Research Conference III.

Hymowitz, T. 1990. Soybeans: the success story. In: J. Janick and J.E. Simon (Ed.) Advances in new crops. Timber Press, Portland, OR, USA pp 159-163.

Hymowitz, T. 1995. "Evaluation of Wild Perennial *Glycine* Species and Crosses For Resistance to Phakopsora". In: Sinclair J.B. and Hartman G.L. (Ed.) Proceedings of the Soybean Rust Workshop. Urbana, IL: National Soybean Research Laboratory. pp 33–37.

Hymowitz, T. 2004. Speciation and Cytogenetics. In: H.R. Boerma and J.E. Specht (Ed.) Soybeans: Improvement, production, and uses. 3rd edition. ASA, CSSA, and SSSA. Madison, WI, USA pp 97-136.

Hymowitz, T. 2004. Diversity within the perennial *Glycine* spp. In: Proceedings of World Soybean Research Conference VII, pp 518-521.

Janick, J., Blasé, M.G., Johnson, D.L., Jolliff, G.D. and Myers, R.L. 1996. Diversifying U.S. crop production. In: J. Janick (Ed.), Progress in new crops. ASHS Press, Alexandria, VA, pp 98-109.

Jiao, J.A., Yee, B.C., Kobrehel, K., Buchanan, B.B. 1992. Effect of thioredoxin-linked reduction on the activity and stability of the Kunitz and Bowman-Birk soybean trypsin inhibitor proteins. J. Agric. Food Chem. 40 (12): 2333–2336.

Jofuku, K.D. and Goldberg, R.B. 1989. Kunitz trypsin inhibitor genes are differentially expressed during the soybean life cycle and in transformed tobacco plants. The Plant Cell 1 (11): 1079-1093.

Johnson, R.R. 1987. Crop Management. In Soybeans: Improvement, Production and Uses. Agronomy Monograph No16. 2<sup>nd</sup> ed. pp 355-389.

Jordan, D.C. 1982. Transfer of *Rhizobium japonicum* Buchanan 1980 to *Bradyrhizobium* gen. nov., a Genus of Slow-Growing, Root Nodule Bacteria from Leguminous Plants. IJSEB 32 (1): 136-139.

Joshi, T., Patil, K., Fitzpatrick, M.R., Franklin, L.D., Yao, Q., Cook, J.R, Wang, Z., Libault, M., Brechenmacher, L., Valliyodan, B., Wu, X., Cheng, J., Stacey, G., Nguyen, H.T., Xu, D. 2012. Soybean Knowledge Base (SoyKB): a web resource for soybean translational genomics. BMC Genomics, 13 (Suppl 1): S15.

Joshi, T., Fitzpatrick, M.R., Chen, S., Liu, Y., Zhang, H., Endacott, R.Z., Gaudiello, E.C., Stacey, G., Nguyen, H.T. and Xu, D. 2014. Soybean knowledge base (SoyKB): a web resource for integration of soybean translational genomics and molecular breeding. Nucleic Acids Research Vol. 42, Database issue D1245–D1252.

Justice, O.L., and Bass, L.N. 1978. Principles and practices of seed storage. Agricultural handbook no. 506. U.S. Government Printing Office, Washington, DC.

Κατράνης Στ. Νικόλαος, 1989. Η Τεχνική της Καλλιέργειας. Εκδ. Ι.Δ. Τόλης: Η Σόγια. Σελ 83-109.

Kantolic, A.G. and Slafer, G.A. 2007. Development and Seed Number in Indeterminate Soybean as Affected by Timing and Duration of Exposure to Long Photoperiods after Flowering. Ann Bot. 99 (5): 925–933.

Kaprechenko, G.D. 1925. On the chromosomes of Phaseolinae. Bull. Appl. Bot. Plant Breed. 14: 143–148.

Karasawa, K. 1952. Crossing Experiments with *Glycine soja* and *G. gracilis*. Genetica 26: 357-358.

Keim, P., Diers, B.W., Olson, T.C., Shoemaker, R.C. 1990. RFLP mapping in soybean: association between marker loci and variation in quantitative traits. Genetics 126: 735–742.

Kohli, A., Twyman, R.M., Abranches, R., Weget, E., Stoger, E. and Christou, P. 2003. Transgene integration, organization and interaction in plants. *Plant Mol Biol* 52: 247-258.

Krishnan, P., Nagarajan, S., Dadlani, M., Moharir, A.V. 2003. Characterization of wheat (*Triticum aestivum* L.) and soybean (*Glycine max* L.) seed under accelerated aging condition by proton nuclear magnetic spectroscopy. *J Seed Sci Technol* 31: 541-550.

Krittigamas, N., Vearasilp, S., Thanapornpoonpong, S., Suriyong, S., Pa-oblek, S. and Pawelzik, E. 2001. Investigation of post-harvest soybean seed storability after passing the different steps of processing. In: M. Becker (Ed.) *Deutscher Tropentag. Conference on International Agricultural Research for Development*, Bonn, Germany. Margraf Publishers – Scientific Books, Weikersheim, Germany. [[ftp://ftp.gwdg.de/pub/tropentag/proceedings/2001/full%20papers/17-post%20harvest/17\\_2\\_Krittigamas1.pdf](ftp://ftp.gwdg.de/pub/tropentag/proceedings/2001/full%20papers/17-post%20harvest/17_2_Krittigamas1.pdf) (verified 19 Feb. 2013)]

Kummerow, F.A., 2013. The Effects of Hydrogenation on Soybean Oil. *Agricultural and Biological Sciences: "Soybean - Bio-Active Compounds"*, book edited by Hany A. El-Shemy, ISBN 978-953-51-0977-8.

Kunitz, M. 1945. Crystallization of a trypsin inhibitor from soybean. *Science* 101 (2635): 668-669.

Ladizinsky, G., Newell, C.A., Hymowitz, T. 1979. Wild crosses in soybean: Prospects and Limitations. *Euphytica* 28: 421-423.

Lark, K.G., Weisemann, J.M., Matthews, B.F., Palmer, R., Chase, K., Macalma, T. 1993. A genetic map of soybean (*Glycine max* L.) using an intraspecific cross of two cultivars: ‘Minsoy’ and ‘Noir 1’. *Theor Appl Genet* 86: 901–906.

Lawn, R.J. and James, A.T. 2013. Broadening environmental adaptation of soybean in Australia. *Grain Legumes* 1: 40-42.

Lee, H., Park, S.Y. and Zhang, Z.J. 2013. An Overview of Genetic Transformation of Soybean. *Agricultural and Biological Sciences: "A Comprehensive Survey of International Soybean Research - Genetics, Physiology, Agronomy and Nitrogen Relationships"*. James E. Board (ed.). ISBN 978-953-51-0876-4. Chapter 23: 489-506.

Lee, G.J., Wu, X., Shannon, J.G., Sleper, D.A. and Nguyen, H.T. 2007. Soybean. In C. Kole (Ed.) *Oilseeds*. Volume 2. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Lee, J.D., Bilyeu, K.D., Shannon, J.G. 2010. Genetics and Breeding for Modified Fatty Acid Profile in Soybean Seed Oil. *J. Crop Sci. Biotech.* 10 (4) : 201-210.

Levy-Booth, D.J., Gulden, R.H., Campbell, R.G., Powell, J.R., Klironomos, J.N., Pauls, K.P., Swanton, C.J., Trevors, J.T. and Dunfield, K.E. 2009. Roundup Ready soybean gene concentrations in field soil aggregate size classes. *FEMS Microbiol Lett* 291: 175-179.

Li, H.Y., Zhu, Y.M., Chen, Q., Conner, R.L., Ding, X.D., Li, J., Zhang, B.B. 2004. Production of transgenic soybean plants with two anti-fungal protein genes via *Agrobacterium* and particle Bombardment. *Biologia Plantarum* 48 (3): 367-374.

Libault, M., Farmer, A., Joshi, T., Takahashi, K., Langley, R.J., Franklin, L.D., He, J., Xu, D., May G. and Stacey, G. 2010. An integrated transcriptome atlas of the crop model *Glycine max*, and its use in comparative analyses in plants. *The Plant Journal* 63: 86–99.

Liener, I.E. 1981. Factors affecting the nutritional quality of soya products. *J Am Oil Chem Soc* 58: 406–415.

Liener, I.E. 1994. Implications of antinutritional components in soybean foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 34 (1): 31-67.

Liener, I.E. 2000. Non-nutritive factors and bioactive compounds in soy. In: J.K. Drackley (Ed.) *Soy in Animal Nutrition*. Fed. Anim. Sci. Soc., Savoy, IL, pp 13-45.

Lilley, C.J., Bakhietia, M., Charlton, W.L., Urwin, P.E. 2007. Recent progress in the development of RNA interference for plant parasitic nematodes. *Molecular Plant Pathology* 8: 701–711.

Linnaeus, C. 1737. *Genera Plantarum*. Ed. 1. Lugduni Batavorum [Linnaeus, C. 1737a. *Corollarium genera plantarum, exhibens genera plantarum sexaginta, addenda prioribus characteribus, expositis in generis plantarum. Accedit Methodus Sexualis*. Conrad Wishoff, Leiden]

Liu, F., Jensen, C.R., Andersen, M.N. 2004. Drought stress effect on carbohydrate concentration in soybean leaves and pods during early reproductive development: its implication in altering pod set. *Field Crops Research* 86: 1–13.

Liu, K.S. 1997. Chemistry and Nutritional Value of Soybean Components. In: *Soybean: Chemistry, Technology, and Utilization*. New York: Chapman & Hall, pp 25-113.

Lundry, D.R., Ridley, W.P., Meyer, J.J., Riordan, S.G., Nemeth, M.A., Trujillo, W.A., Breeze, M.L. and Sorbet, R. 2008. Composition of grain, forage, and processed fractions from second-gene-ration Glyphosate-tolerant soybean, MON 89788, is equivalent to that of conventional soybean (*Glycine max* L.). *J Agric Food Chem* 56: 4611-4622.

Lusas, E.W. 2004. Soybean processing and utilization. In: Boerma, H.R. and J.E. Specht (Eds.) *Soybeans: Improvement, production, and uses*. 3rd edition, American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin, pp 949-1036.

Ma, J., Zhang, J., Qu, J., Wang, Y.P., Wei, Y.F., Wang, P.W. 2009. Development of novel soybean germplasms with low activity of lipoxygenases by RNAi method. *Scientia Agri Sin* 42: 3804-3811.

Magness, J.R., Markle, G.M., Compton, C.C. 1971. Food and feed crops of the United States. Interregional Research Project IR-4. IR Bul 1, (Bul.828 New Jersey Agricultural Experiment Station).

Malik, M.F.A., Qureshi, A.S., Ashraf, M., Ghafoor, A. 2006. Genetic variability of the main yield related characters in soybean. *International Journal of Agriculture & Biology* 8 (6): 815-819.

Manavalan, L.P., Guttikonda, S.K., Tran, L.P. and Nguyen, H.T. 2009. Physiological and Molecular Approaches to Improve Drought Resistance in Soybean. *Plant Cell Physiology* 50 (7): 1260–1276.

Mansur, L.M., Lark, K.G., Kross, H. and Oliveira, A. 1993. Interval mapping of quantitative trait loci for reproductive, morphological, and seed traits of soybean (*Glycine max* L.). *Theoretical and Applied Genetics* 86 (8): 907-913.

Marshal, A.H., Levis, D.N. 2004. Influence of seed storage conditions on seedling emergence, seedling growth and dry matter production of temperate forage grasses. *J Seed Sci Technol* 32: 493-501.

Mayaki, W.C., Teare, I.D. and Stone, L.R. 1976. Top and Root Growth of Irrigated and Nonirrigated Soybeans. *Crop Science* 16 (1): 92-94.

McCabe, D.E., Swain, W.F., Martinell, B.J., Christou, P. 1988. Stable transformation of soybean (*Glycine max*) by particle acceleration. *Nat. Biotechnol.* 6: 923–926.

Mc Donald, M.B. 1999. Seed deterioration: Physiology, repair and assessment. *J Seed Sci Technol* 27: 177-273.

Meckel, L., Egli, D.B., Phillips, R.E., Radcliffe, D. and Leggett, J.E. 1984. Effect of moisture stress on seed growth in soybeans. *Agron. J.* 75 : 1027-1031.

Mengel, D.B, Segars, W., Rehm, G.W. 1987. Soil Fertility and Liming. In *Soybeans: Improvement, Production and Uses*. Agronomy Monograph No16. 2<sup>nd</sup> ed. pp 461-495.

Mensah, C., DiFonzo, C., Nelson, R.L. and Wang, D. 2005. Resistance to Soybean Aphid in Early Maturing Soybean Germplasm. *Crop Science* 45: 2228–2233.



Merrill, E.D. 1917. An Interpretation of Rumphius's Herbarium Amboinense. Department of Agriculture and Natural Resources Bureau of Science Publication 9. Manila.

Meyer, J.D.F., Silva, D.C.G., Yang, C., Pedley, K.F., Zhang, C., Mortel, M., Hill, J.H., Shoemaker, R.C., Abdelnoor, R.V., Whitham, S.A. and Graham, M.A. 2009. Identification and analysis of candidate genes for Rpp4-mediated resistance to Asian soybean rust in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). Plant Physiology 150: 295–307.

Nelson, C.J., Larson, K.L. 1984. Seedling growth. In: Tesar, M.B. (Ed.) Physiological basis of crop growth and development. Am. Soc. Agron., Madison, Wisconsin pp 93–129.

Newell, C.A. and Hymowitz, T. 1978. A reappraisal of the subgenus *Glycine*. Am. J. Bot. 65: 168-179.

Newell, C.A., Hymowitz, T. 1983. "Hybridization in the Genus *Glycine* Subgenus *Glycine* Willd. (*Leguminosae*, *Papilionoideae*)". American Journal of Botany (Botanical Society of America) 70 (3): 334–348.

Ngalamu, T., Ashraf, M. and Meseka, S. 2013. Soybean (*Glycine max* L.) Genotype and Environment Interaction Effect on Yield and Other Related Traits American Journal of Experimental Agriculture 3 (4): 977-987,

Nichols, M.D., Lianzheng, W., Pei, Y., Glover, D.K. and Diers, W.B. 2007. Variability among Chinese *Glycine soja* and Chinese and North American Soybean Genotypes. Crop Science 47 (3): 1289-1298.

Nielsen, N.C. 1990. Modification of protein content in soybean to improve seed quality. In: J. Janick and J.E. Simon (Eds.) Advances in new crops. Timber Press, Portland, OR, pp 106-113.

Norton, G.1991. Proteinase inhibitors. In: D'Mello F.J.P., Duffus C.M., Duffus J.H. (Eds.) Toxic substances in crop plants. The Royal Society of Chemistry, Cambridge UK, pp 68-106.

OECD, 2006. "Section2-Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.)" in Safety Assessment of Transgenic Organisms. Vol.1: OECD Consensus Documents, OECD Publishing.

Ohyama, T., Minagawa, R., Ishikawa, S., Yamamoto, M., Hung, N.V.P., Ohtake, N., Sueyoshi, K., Sato, T., Nagumo, Y. and Takahashi, Y. 2013. Soybean Seed Production and Nitrogen Nutrition. Agricultural and Biological Sciences: "A Comprehensive Survey of International Soybean Research - Genetics, Physiology, Agronomy and Nitrogen Relationships". In: James E. Board (Ed.). ISBN 978-953-51-0876-4. Chapter 6: 115-157.

Orf, J.H., Hymowitz, T. 1979. Genetics of the Kunitz trypsin inhibitor: An antinutritional factor in soybeans. JAOCS 56: 722-726.

Orf, J.H. 1989. "Breeding soybeans lacking antinutritional factors". In: A.J. Pascale (Ed.). World Soybean Research Conference IV, Buenos Aires, pp 1091-1100.

Orf, J.H., Diers, B.W., Boerma, H.R. 2004. Genetic Improvement: conventional and molecular-based strategies. In: Boerma H.R. and J.E. Specht (Eds) Soybeans: Improvement, Production and Uses. 3<sup>rd</sup> ed. Agron. Monog. 16. SSA, CSSA and SSSA, Madison, WI.

Orthoefer, F.T. 1978. "Processing and utilization". In A.G. Norman (Ed.) Soybean Physiology, Agronomy and Utilization. Academic Press, Inc., New York, pp 219-246.

Παπακώστα-Τασοπούλου Δ. 2005. Ψυχανθή: Καρποδοτικά – Χορτοδοτικά. Ειδική Γεωργία Ι (Τεύχος Β'). Εκδ. Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη, pp 211-238.

Padgett, R.S., Re, B.D., Barry, F.G., Eichholtz, E.D., Delannay, X., Fuchs, L.R., Kishore, M.G., Fraley, T.R. 1996. New weed control opportunities: Development of soybeans with Roundup Ready gene. In Duke, S.O. (Ed.) *Herbicide Resistant Crops: Agricultural, Environmental, Economic, Regulatory and Technical Aspects*. CRC Press, Boca Raton, FL, pp 53-84.

Palmer, R.G. 1965. Interspecific hybridization in the genus *Glycine*. M.S. thesis. University of Illinois, Urbana, pp 178.

Palmer, R.G. and Hymowitz, T. 2004. Soybean: Germplasm, breeding, and genetics. In: Wrigley, C., Corke, H. and Walker, C. (Eds.) *Encyclopedia of Grain Science*. Elsevier Science Ltd. London, UK, pp 136-146.

Panthee, D.R., Pantalone, V.R., Saxton, A.M., West, D.R. and Sams, C.E. 2007. Quantitative trait loci for agronomic traits in soybean. *Plant Breeding* 126: 51-57.

Parrish, D.J. and Leopold, A.C. 1977. On the mechanism of aging in soybean seeds. *Plant Physiology* 61: 365-368.

Paterson, A.H., Bowers, J.E., Bruggmann, R., Dubchak, I., Grimwood, J., Gundlach, H., Haberer, G., Hellsten, U., Mitros, T., Poliakov, A., Schmutz, J., Spannagl, M., Tang, H., Wang, X., Wicker, T., Bharti, A.K., Chapman, J., Feltus, F.A., Gowik, U., Grigoriev, I.V., Lyons, E., Maher, C.A., Martis, M., Narechania, A., Otiillar, R.P., Penning, B.W., Salamov, A.A., Wang, Y., Zhang, L., Carpita, N.C., Freeling, M., Gingle, A.R., Hash, C.T., Keller, B., Klein, P., Kresovich, S., McCann, M.C., Ming, R., Peterson, D.G., Mehboob-ur-Rahman, Ware, D., Westhoff, P., Mayer, K.F.X., Messing, J. and Rokhsar, D.S. 2009. The *Sorghum bicolor* genome and the diversification of grasses. *Nature* 457: 551–556.

Pathan, M.S., Lee, J.D., Shannon, J.G. and Nguyen, H.T. 2007. Recent advances in breeding for drought and salt stress tolerance in soybean. In: Jenks, M.A., Hasegawa, P.M. and Jain, S.M. (Eds.) *Advances in Molecular Breeding Toward Drought and Salt Tolerant Crops*. Springer, New York, pp 739 – 773.

Pendleton, J.W. and Hartwig, E.E. 1973. Management. In: Caldwell (Ed.) Soybeans: Improvement, Production and Uses. Agronomy No16: 211-237.

Petrovic, K. and Vidic, M. 2013. Disease resistance in soybean. Grain Legumes. 1: 19-22.

Pham, A.T. 2011. Modification of fatty acid composition in soybean seeds to improve soybean oil quality and functionality. Dissertation Presented to The Faculty of the Graduate School At the University of Missouri.

Pioneer Agronomy Sciences, 2011. Factors Affecting Soybean Nodulation. Trademarks and service marks of Pioneer Hi-Bred. <https://www.pioneer.com/home/site/mobile/grow/soybeans/nodulation-factors/>

Preuss, S.B., Meister, R., Xu, Q., Urwin, C.P., Tripodi, F.A., Screen, S.E., Anil, V.S., Zhu, S., Morrell, J.A., Liu, G., Ratcliffe, O.J., Reuber, T.L., Khanna, R., Goldman, B.S., Bell, E., Ziegler, T.E., McClerren, A.L., Ruff, T.G. and Petracek, M.E. 2012. Expression of the *Arabidopsis thaliana* BBX32 gene in soybean increases grain yield. PLoS ONE 7 (2): e30717.

Ratnaparkhe, M.B., Singh, R.J., Doyle, J.J. 2011. *Glycine*. In: Kole Chittaranjam (Ed.) Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources, Legume Crops and Forages. Springer. pp 83-116.

Rech, E.L., Vianna, G.R. and Aragão, F.J.L. 2008. High-efficiency transformation by biolistics of soybean, common bean and cotton transgenic plants. Nat Protoc 3: 410-418.

Rennie, B.D. and Tanner, J.W. 1989. Mapping a Second Fatty Acid Locus to Soybean Linkage Group 17. Crop Science 29 (4): 1081-1083.

Roberts, E.H. 1960. The viability of cereal seed in relation to temperature and moisture. Annals of Botany 24: 12-31.

Roberts, E.H. 1983. Loss of seed viability during storage. *Advances in Research and Technology of Seeds* 8: 9-34.

Roy, K.W., Baird, R.E., Abney, T.S. 2001. A Review of Soybean (*Glycine max*) Seed, Pod, and Flower Mycofloras in North America, with Methods and a Key for Identification of Selected Fungi. *Mycopathologia* 150 (1): 15-27.

Rudelsheim, P.L.J. and Smets, G. 2012. Baseline information on agricultural practices in the EU Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) Study performed for EuropaBio. PERSEUS BVBA. pp 42.

Ryan, C.A. 1973. Proteolytic enzymes and their inhibitors in plants. *Annual Review of Plant Physiology* 24: 173.

Saghai-Marooof, M.A., Glover, N.M., Biyashev, R.M., Buss, G.R. and Grabau, E.A. 2009. Genetic basis of the low-phytate trait in the soybean line CX1834. *Crop Science* 49: 69–76.

Sanford, J.C. 1988. The biolistic process. *Trends Biotechnology* 6: 299-302.

Sanford, J.C. 1990. Biolistic plant transformation. *Plant Physiology* 79: 206-209.

Sato, T., Onoma, N., Fujikake, H., Ohtake, N., Sueyoshi, K., Ohyama, T. 2001. Changes in four leghemoglobin components in nodules of hypernodulating soybean (*Glycine max* [L] Merr.) mutant and its parent in the early nodule developmental stage. *Plant and Soil* 237: 129-135.

Schmutz, J., Cannon, S.B., Schlueter, J., Ma, J., Mitros, T., Nelson, W., Hyten, D.L., Song, Q., Thelen, J.J., Cheng, J., Xu, D., Hellsten, U., May, G.D., Yu, Y., Sakurai, T., Umezawa, T., Bhattacharyya, M.K., Sandhu, D., Valliyodan, B., Lindquist, E., Peto, M., Grant, D., Shu, S., Goodstein, D., Barry, K., Futrell-Griggs, M., Abernathy, B., Du, J., Tian, Z., Zhu, L., Gill, N., Joshi, T., Libault, M., Sethuraman, A., Zhang, X., Shinozaki, K., Nguyen, H.T., Wing, R.A., Cregan, P., Specht, J., Grimwood, J.,

Rokhsar, D., Stacey, G., Shoemaker, R.C. and Jackson, S.A. 2010. Genome sequence of the palaeopolyploid soybean. *Nature* 463: 178-183.

Schnebly, S.R., Fehr, W.R. 1993. Effect of years and planting dates on fatty acid composition of soybean genotypes. *Crop Science* 33: 716-719.

Schwender, J., Ohlrogge, J.B., Hill Y.S. 2003. A flux model of glycolysis and the oxidative pentosephosphate pathway in developing *Brassica napus* embryos. *J Biol Chem* 278: 29442–29453.

Scott, W.O. and Aldrich, S.R. 1970. Modern soybean production. S&A Publications, Chicago.

Sen, N.K., Vidyabhusan, R.V. 1960. Tetraploid soybeans. *Euphytica* 9: 317-322.

Shewry, P.R. and Casey, R. 1999. Seed Proteins. Kluwer Academic Publishers, pp 1-10.

Shibles, R.M., Anderson, I.C. and Gibson, A.H. 1975. Soybean. In Evans, L.T. (Ed.) *Crop physiology*. Cambridge University Press, London, pp 151-189.

Shoemaker, R.C., Specht, J.E. 1995. Integration of the soybean molecular and classical genetic linkage groups. *Crop Science* 35: 436–446.

Shoemaker, R.C., Polzin, K., Labate, J., Specht, J., Brummer, E.C., Olson, T., Young, N., Concibido, V., Wilcox, J., Tamulonis, J.P., Kochert, G. and Boerma, H.R. 1996. Genome duplication in soybean (*Glycine* subgenus *soja*). *Genetics* 144: 329-338.

Shoemaker, R.C., Severin, A., Woody, J.L., Cannon, S.B., Graham, M.A. 2013. The future of soybean genomics is here. *Grain Legumes* 1: 16-18.

Shultz, J.L., Kurunam, D., Shopinski, K., Iqbal, M.J., Kazi, S., Zobrist, K., Bashir, R., Yaegashi, S., Lavu, N., Afzal, A.J., Yesudas, C.R., Kassem, M.A., Wu, C., Zhang, H.B., Town, C.D., Meksem, K. and Lightfoot, D.A. 2006. The Soybean Genome Database (SoyGD): a browser for display of duplicated, polyploid, regions and sequence tagged sites on the integrated physical and genetic maps of *Glycine max*. Nucleic Acids Research, Vol. 34, Database issue D758–D765.

Shurtleff, W. and Aoyagi, A. 2008. Friedrich Haberlandt - History of His Work with Soybeans and Soyfoods (1876-2008): Bibliography and Sourcebook. Soyinfo Center.

Singh, L.C., Wilson, M., Hadley, H.H. 1969. Genetic differences in soybean trypsin inhibitors separated by disc electrophoresis. Crop Science 9: 489.

Singh, R.J. and Hymowitz, T. 1985. An intersubgeneric hybrid between *Glycine tomentella* Hayata and the soybean, *G. max* (L.) Merr. Euphytica 34: 187- 192.

Singh, R.J., Kollipara, K.P. and Hymowitz, T. 1987. Intersubgeneric hybridization of soybeans with a wild perennial species, *Glycine clandestine*. Wendl. Theor. Appl. Genet. 74: 391-396.

Singh, R.J., Hymowitz, T. 1988. The genomic relationship between *Glycine max* (L.) Merr. and *G. soja* Sieb and Zucc as revealed by pachytene chromosome analysis. Theor Appl Genet. 76: 705-711.

Singh, R.J., Kollipara, K.P. and Hymowitz, T. 1998. Monosomic alien addition lines derived from *Glycine max* (L.) Merr., and *G. tomentella* Hayata: production, characterization and breeding behavior. Crop Science 38: 1483-1489.

Singh, R.J., Hymowitz, T. 1999. Soybean genetic resources and crop improvement. Genome 42: 605–616.

Singh, R.J., Kim, H.H. and Hymowitz, T. 2001. Distribution of rDNA loci in the genus *Glycine* Willd. Theoretical and Applied Genetics 103 (2-3): 212-218.

Singh, R.J., Nelson, R.L., Chung G. 2006. Genetic Resources, Chromosome Engineering, and Crop Improvement: Oilseed Crops, Vol. 4. London: Taylor & Francis, pp 15.

Singh, R.J. 2007. Methods for producing fertile crosses between wild and domestic soybean species. US Patent. Application number 11/417,369. Publication number US 2007/0261139.

Singh, G. 2010. The Soybean: Botany, Production and Uses. CAB International.

Skoneczka, J., Saghai Maroof, M. A., Shang, C. and Buss, G.R. 2009. Identification of candidate gene mutation associated with low stachyose phenotype in soybean line PI 200508. *Crop Science* 49: 247–255.

Skvortzow, B.V. 1927. The soybean - wild and cultivated in Eastern Asia. *Proc. Manchurian Res. Soc. Publ. Ser. A. Natural History. History Sect. No. 22*: 1-8.

Smith, K.J. 1989. “Importance of Soybean Meal in World Feed Markets”. In A.J. Pascale (Ed.) *World Soybean Research Conference IV*, Buenos Aires.

Soltis, P., Doyle, J. and Soltis, D. 1993. Molecular data and polyploid evolution in plants. In: Soltis, P., Soltis, D. and Doyle, J. (Ed.) *Molecular systematics of plants*. Routledge, Chapman and Hall. New York, NY, USA, pp 177-201.

Somers, D.A., Samac, D.A. and Olhoft, P.M. 2003. Recent advances in legume transformation. *Plant Physiol* 131: 892-899.

Song, Q.J., Marek, L.F., Shoemaker, R.C., Lark, K.G., Concibido, V.C., Delannay, X., Specht, J.E., Cregan, P.B. 2004. A new integrated genetic linkage map of the soybean. *Theor Appl Genet.* 109: 122–128.

SoyStats, 2013. A Reference Guide to Important Soybean Facts & Figures. A publication of the American Soybean Association.

( [http://soystats.com/wp-content/uploads/ASA\\_SoyStats\\_fnl.pdf](http://soystats.com/wp-content/uploads/ASA_SoyStats_fnl.pdf))



Specht, J.E., Hume, D.J. and Kumudini, S.V. 1999. Soybean yield potential - a genetic and physiological perspective. *Crop Science* 39: 1560 – 1570.

Specht, J.E., Chase, K., Macrander, M., Graef, G.L., Chung, J., Markwell, J.P., Germann, M., Orf, H.H. and Lark, K.G. 2001. Soybean response to water: A QTL analysis of drought tolerance. *Crop Science* 41: 493–509.

Staton Mike, 2011. Evaluating soybean nodulation. Michigan State University Extension ([http://msue.anr.msu.edu/news/evaluating\\_soybean\\_nodulation](http://msue.anr.msu.edu/news/evaluating_soybean_nodulation))

Sun, Q., Wang, J. and Sun, B. 2007. Advances on seed vigor physiology and genetic mechanisms. *Agric. Sci. China* 6: 1060–1066.

Τόλης Δ. Ιωάννης και Πάνος Ν. Ευθύμιος, 1989. Ιστορικό και Σημερινή Παγκόσμια Κατάσταση. Από Τόλης Ι. Η Σόγια. pp 1-8.

Tanner, J.W. and Hume, D.J. 1978. Management and Production. In: Norman (Ed.) *Soybean: Physiology, Agronomy and Utilization*. pp 157-188.

Tindale, M.D. 1984 Two eastern Australian species of *Glycine* Willd. (*Fabaceae*). *Brunonia* 7: 207-213.

Tindale, M.D. 1986 Taxonomic notes in three Australian and Norfolk island species of *Glycine* Willd. (*Fabacea: Phaseolae*) including the choice of a neotype of *G. clandestine* Wendl. *Brunonia* 9: 179-191.

Töpfer, R. and Martini, N. 1994. Molecular cloning of cDNAs or genes encoding proteins involved in de novo fatty acid biosynthesis in plants. *J. Plant Physiol.* 143: 416-425.

Tougou, M., Furutani, N., Yamagishi, N., Shizukawa, Y., Takahata, Y., Hidaka, S. 2006. Development of resistant transgenic soybeans with inverted repeat-coat protein genes of soybean dwarf virus. *Plant Cell Rep.* 25 (11): 1213-1218.

Valente, M.A., Faria, J.A., Soares-Ramos, J.R., Reis, P.A., Pinheiro, G.L., Piovesan, N.D., Morais, A.T., Menezes, C.C., Cano, M.A., Fietto, L.G., Loureiro M.E., Aragao, F.J. and Fontes, E.P. 2009. The ER luminal binding protein (BiP) mediates an increase in drought tolerance in soybean and delays drought-induced leaf senescence in soybean and tobacco Journal of Experimental Botany 60 (2): 533-546.

Vasconcelos, I.M., Siebra, E.A., Maia, A.A.B., Moreira, R.A., Neto, A.F., Campelo, G.J.A. and Oliveira, J.T.A. 1999. Composition, toxic and antinutritional factors of newly developed cultivars of Brazilian soybean (*Glycine max*). Journal of the Science of Food and Agriculture 75 (4): 419-426.

Vertucci, C.W. and Roos, E.E. 1990. Theoretical basis of protocols for seed storage. Plant Physiology 94: 1019–1023.

Vertucci, C.W. and Roos E.E., 1993. Theoretical basis of protocols for seed storage II. The influence of temperature on optimal moisture levels. Seed Science Research 3 (3): 201–213.

Vollmann, J., Fritz, C.N., Wagentristl, H. and Ruckebauer, P. 2000. Environmental and genetic variation of soybean seed protein content under Central European growing conditions. J Sci Food Agric 80: 1300-1306.

Vollmann, J., Grausgruber, H., Wagentristl, H., Wohleser, H., Michele, P. 2003. Trypsin inhibitor activity of soybean as affected by genotype and fertilisation. J Sci Food Agric. 83: 1581-1586.

Wahnon, R., Mokady, S. and Cogan, U. 1988. Proc. 19th. World Congress I.S.F. International Society for Fat Research, Tokyo.

Walters, V. 1998. Understanding the mechanisms and kinetics of seed aging. Seed Sci. Res. 8: 223–244.

Wang, X., Eggenberger, A.L., Nutter, F.W. Jr., Hill, J.H. 2001. Pathogen-derived transgenic resistance to soybean mosaic virus in soybean. *Molecular Breeding* 8 (2): 119-127.

Wang, H., Waller, L.C., Tripathy, S., St. Martin, S.K., Zhou, L., Krampis, K., Tucker, D.M., Mao, Y., Hoeschele, I., Saghai Maroof, M.A., Tyler, B.M., Dorrance, A.E. 2010. Analysis of genes underlying soybean quantitative trait loci conferring partial resistance to *Phytophthora sojae*. *Plant Genome* 3: 23-40.

Whigham, D.K. and Minor, H.C. 1978. Agronomic characteristics and environmental stress. In: A.G. Norman (Ed.) *Soybean physiology, agronomy and utilization*. Academic Press Inc. New York, pp 77-118.

Whigham, D.K. 1983. Soybean. In: International Rice Research Institute (Ed.) *Potential productivity of field crops under different environments*. IRR, Los Banos, Philippines. pp 205-225.

Wilcox, J.R., Cavins, J.F. 1992. Normal and low linolenic acid soybean strains: response to planting date. *Crop Science* 32: 1248-1251.

Wilson, J.C. 1989. "The commercial utilization of soybeans, soymilk and soymilk derivatives". In: A.J. Pascale (Ed.) *World Soybean Research Conference IV*, Buenos Aires, pp 1750-1761.

Wilson, R.F. 2004. Seed composition. In: H.R. Boerma, J.E. Specht (Eds.) *Soybeans: Improvement, Production, and Uses*, Vol 3. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and Soil Science Society of America, Madison, WI, pp 621-677.

Wolf, R.B., Cavins, J.F., Kleiman, R. and Black, L.T. 1982. Effect of temperature on soybean seed constituents: Oil, protein, moisture, fatty acids, amino acids and sugars. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 59 (5): 230-232.

Wu, C., Sun, S., Nimmakayala, P., Santos, F.A., Meksem, K., Springman, R., Ding, K., Lightfoot, D.A. and Zhang, H.B. 2004. A BAC- and BIBAC-based physical map of the soybean genome. *Genome Res.* 14: 319–326.

Xu, S.J., Singh, R.J., Kollipara, K.P., Hymowitz, T. 2000. Primary trisomics in soybean: origin, identification, breeding behavior, and uses in gene mapping. *Crop Science* 40: 1543-1551.

Yadava, D.K., Vasudev, S., Singh, N., Mohapatra, T., Prabhu, K.V. 2012. Technological Innovations in Major World Oil Crops, Breeding Major Oil Crops: Present Status and Future Research Needs. Vol. 1, pp 17-51.

Young, N.D. and Bharti, A.K. 2012. Genome-enabled insights into legume biology. *Annu. Rev. Plant Biol.* 63: 283-305.

Yu, J., Zhang, Z., Wei, J., Ling, Y., Xu, W. and Su, Z. 2014. SFGD: a comprehensive platform for mining functional information from soybean transcriptome data and its use in identifying acyl-lipid metabolism pathways. *BMC Genomics* 15 (1): 271.

Li, Z. and Nelson, R.L. 2002. RAPD Marker Diversity among Cultivated and Wild Soybean Accessions from Four Chinese Provinces. *Crop Science* 42 (5): 1737–1744.

USDA, United States Department of Agriculture 2014a. “World Agricultural Production”. Foreign Agricultural Service-Office of Global Analysis. Circular Series WAP 6-14 [<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>] June 2014.

USDA, United States Department of Agriculture 2014b. “Oilseeds: World Markets and Trade”. Foreign Agricultural Service-Office of Global Analysis. [<http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/current/oilseed-trade/oilseed-trade-06-11-2014.pdf>] June 2014.

USDA, ARS, National Genetic Resources Program, 2014. *Germplasm Resources Information Network - (GRIN)*. Distribution of Values for: Oleic in SOYBEAN. [Online Database] National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, Maryland. [http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/obvalue.pl?51068 (04 November 2014)]

USDA-ARS GRIN database, 2014. Species in *Glycine*. Summary statistics of holdings as of 02 Nov 2014. Available : <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/stats/genus.pl?Glycine> (04 November 2014)

USDA, ARS, National Genetic Resources Program, 2014. *Germplasm Resources Information Network - (GRIN)*. Distribution of Values for: Protein in SOYBEAN. [Online Database] National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, Maryland. Available: Available: <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/obvalue.pl?51016> (04 November 2014)

USDA, ARS, National Genetic Resources Program. *Germplasm Resources Information Network - (GRIN)*. Distribution of Values for: Oil in SOYBEAN. [Online Database] National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, Maryland. Available: <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/obvalue.pl?51019> (04 November 2014)

USDA, ARS, National Genetic Resources Program. *Germplasm Resources Information Network - (GRIN)*. Descriptors for SOYBEAN. [Online Database] National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, Maryland. Available: <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/desclist.pl?51> (04 November 2014)

## **ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ**

<http://www.iasoybeans.com>

<http://soysim.unl.edu>

<http://www.gmo-compass.org>

<http://www.isaaa.org>

<http://www.fao.org> ([www.fao.org/ag/agp/AGPC/doc/gbase/data/pf000543.htm](http://www.fao.org/ag/agp/AGPC/doc/gbase/data/pf000543.htm))

<http://faostat.fao.org>

[www.usda.gov](http://www.usda.gov)

<http://ussec.org/>

<http://soystats.com>

<http://www.ncgr.org> (National Center for Genome Resources 2013)

<http://jgi.doe.gov> (joint genome institute US department of energy)

<http://www.phytozome.net>

<http://seedgenenetwork.net/project>

<http://www.soybiotechcenter.org>

## ABSTRACT

A major problem of the crop production also affecting the development of the livestock is the lack of plant protein production and the country's dependence on importation. In this project it has been examined the prospect of reintroduction and cultivation of soybean focusing on the optimization of the growing technique and on the evaluation of the available non-genetically modified genetic material. In 2013, field experiments were established in the region of Larisa, Greece, where ten (10) soybean varieties were evaluated in terms of seed yield under different seeding densities and seasons. The varieties were examined under two sowing distance between rows (25 cm and 75 cm). The genotypes which were evaluated were the major non-genetically modified commercial varieties of our country. Observations were taken about: flower color, earliness, plant height, number of pods per plant, height of the first pod, which were later used for the parental selection and crosses between the varieties. The experiment was carried out and analyzed statistically, according to the Randomized Complete Block Design for each sowing season, in which the sowing densities constituted the main plots and the varieties were the sub-plots.

The seed viability is characterized by their seed germination ability, which is usually determined under different germination laboratory tests. The more the storage time is increased the less the germination ability is decreased at a speed rate which depends on the genotype (species, variety, seed lot) and on the storage conditions (temperature, relative humidity, air formulation and concentration). More specifically, over the years the reduction of the germination ability in soybean oilseeds is significant, resulting in the degradation of the seed value as propagating material. The germination ability of three soybean varieties was evaluated, using the method of probit analysis to determine the constant  $K_i$ , which is the most reliable prediction model of the initial seed quality that has been developed over the past decades. In 2012, after the intermediate crop harvest, three soybean varieties were segregated and stored for six months at 7° C and at room temperature and it was evaluated the storage environment and the seed quality degradation rate of each variety, by applying accelerated aging (40°C). Accelerated aging experiments show that the best temperature for soybean storage, without degrading their quality, is 7° C, with the highest rates of germination ability and viability of seeds being displaying at the PR92B63 variety. In particular, the undershown cultivation of soybean may form an

important intervention in a proposed scheme cultivation and crop rotation, providing the farmer with a significant additional income.

Also, the cultivation of suitable soybean varieties in 25cm distance between rows gives high yields and it could constitute a remarkable alternative choice for irrigated cultivation, contributing to the production of forage in our country.