



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Σχολή Γεωπονικών Επιστημών

Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού Περιβάλλοντος

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΦΥΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«Αξιολόγηση του δυναμικού βλάστησης και ανάπτυξης γενετικού υλικού
σόγιας υπό συνθήκες αβιοτικής καταπόνησης»

ΓΕΩΡΓΙΑ ΚΑΡΑΣΤΕΡΓΙΟΥ



Επιβλέπουσα: Ουρανία Παυλή, Επικ. Καθηγήτρια, Π.Θ.

ΒΟΛΟΣ 2019

Αξιολόγηση του δυναμικού βλάστησης και ανάπτυξης γενετικού υλικού
σόγιας υπό συνθήκες αβιοτικής καταπόνησης

Γεωργία Καραστέργιου

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

- Παυλή Ουρανία, Επικ. Καθηγήτρια, Γενετική Βελτίωση Φυτών, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Ιμπραχίμ-Αβραάμ Χα, Καθηγητής, Γενετική Βελτίωση Φυτών, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

- Νικόλαος Δαναλάτος, Γεωργία-Οικολογία Φυτών Μεγάλης Καλλιέργειας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτρια κ. Παυλή Ουρανία, Επικ. Καθηγήτρια του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος για την πολύτιμη καθοδήγηση, τις συμβουλές, τη συνεχή υποστήριξη της κατά τη διάρκεια του πειράματος και κατά τη διάρκεια της συγγραφής της πτυχιακής μου διατριβής και την έμπρακτη βοήθεια της, που συντέλεσε στην εκπόνηση της εργασίας μου.

Τους καθηγητές, κ. Ιμπραχίμ Αβραάμ Χα, Καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος και κ. Νικόλαο Δαναλάτο, Καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος για τη συμμετοχή τους στην Τριμελή Συμβουλευτική Επιτροπή και για τις ωφέλιμες υποδείξεις τους, ώστε να ολοκληρωθεί η συγκεκριμένη εργασία.

Την κ. Μίνα Πανάγου, Μέλος ΕΔΠΠ της σχολής Γεωπονικών Επιστημών για την καθοδήγηση και τη συνεχή υποστήριξη της σε όλη την διάρκεια πραγμάτωσης του πειράματος.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τη μεταπτυχιακή φοιτήτρια Σκουφογιάννη Γεωργία για την άψογη συνεργασία, τη συνεισφορά της και το συντονισμό που υπήρχε μεταξύ μας για την υλοποίηση του πειράματος.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, Ιωάννη και Φρειδερίκη για τη συνεχή συμπαράσταση και αγάπη τους καθώς και τους θείους μου, Παύλο και Έλλη για τη διαρκή υποστήριξη και καθοδήγηση τους.

Τέλος, θα ήθελα να αφιερώσω την πτυχιακή μου διατριβή στην αδερφή μου, Μαρία για την πολύτιμη βοήθεια, για τις χρήσιμες συμβουλές και τη στήριξη της σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η σόγια αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές καλλιέργειες ψυχανθών σε παγκόσμιο επίπεδο. Τα προϊόντα της σόγιας χρησιμοποιούνται τόσο για ανθρώπινη χρήση όσο και τροφή για ζώα αλλά και για την παρασκευή διάφορων βιομηχανικών προϊόντων. Παρουσιάζει ευεργετικές ιδιότητες για την υγεία του ανθρώπου λόγω των ισοφλαβονών και των τοκοφερολών που περιέχει. Η ζήτηση της συνεχώς αυξάνεται τα τελευταία χρόνια. Όπως και σε άλλα σημαντικά καλλιεργούμενα είδη, οι αποδόσεις της σόγιας συχνά περιορίζονται δραστικά λόγω της επικράτησης δυσμενών αγροκλιματικών συνθηκών. Μεταξύ των αβιοτικών καταπονήσεων, η ανεπάρκεια εδαφικής υγρασίας και η υψηλή αλατότητα συνιστούν τους πλέον επιζήμιους περιοριστικούς παράγοντες για την ανάπτυξη και παραγωγικότητα της σόγιας. Οι επιπτώσεις που προκαλούν είναι ανάλογες της έντασης και της διάρκειας της κάθε καταπόνησης. Στόχο της παρούσας πτυχιακής εργασίας αποτέλεσε η μελέτη της απόκρισης εννέα εμπορικών ποικιλιών σόγιας (PR92B63, PR92M35, PR92M22, PR91M10, Zora, Neoplanta, P21T45, Celina, Adonai) ως προς την ανθεκτικότητά τους έναντι της καταπόνησης ξηρασίας και υψηλής αλατότητας στη φάση της βλάστησης. Οι καταπονήσεις που έλαβαν χώρα στο πείραμα σχηματίστηκαν χρησιμοποιώντας την πολυαιθυλενική γλυκόλη (PEG-6000) για να επιτευχθεί η υδατική καταπόνηση και το διάλυμα NaCl για να σχηματιστεί περιβάλλον με περίσσεια άλατος. Απολυμασμένοι σπόροι τοποθετήθηκαν σε διαλύματα διαφορετικής συγκέντρωσης για τον κάθε παράγοντα καταπόνησης: i) PEG 6000: 0, 5, 10, 20 % και ii) NaCl: 0, 50, 100, 200 mM. Τα φυτά σόγιας αναπτύχθηκαν σε θάλαμο ελεγχόμενων συνθηκών (25°C, 16 h φως/8 h σκοτάδι) για 18 ημέρες. Το πειραματικό σχέδιο που χρησιμοποιήθηκε ήταν αυτό των πλήρων τυχαιοποιημένων ομάδων με 4 επαναλήψεις των 30 σπόρων. Κάθε δοχείο αποτελούνταν από 4 σειρές. Ως παράμετροι αξιολόγησης της ανθεκτικότητας χρησιμοποιήθηκαν το ποσοστό βλαστικότητας, το ποσοστό απορρόφησης νερού των σπόρων, το ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας των σποροφύτων, το μήκος ρίζας και βλαστού των σποροφύτων, ο δείκτης ευρωστίας και το ποσοστό των σποροφύτων με μη φυσιολογικό φαινότυπο. Τα αποτελέσματα υπογραμμίζουν τη διαφορετική απόκριση των γονοτύπων στις υπό μελέτη αβιοτικές καταπονήσεις, υποδεικνύοντας την ύπαρξη σημαντικής γενετικής παραλλακτικότητας ως προς το γνώρισμα της ανθεκτικότητας.

Όπως ήταν αναμενόμενο η βλάστηση και η ανάπτυξη των σποροφύτων αναστέλλονταν περισσότερο στα υψηλά επίπεδα καταπόνησης ξηρασίας και αλατότητας. Οι ποικιλίες Neoplanta, Adonai, PR92M22 και Celina, παρουσίασαν την καλύτερη επίδοση υπό συνθήκες καταπόνησης. παράλληλα, είναι σημαντικό να τονιστεί ότι η ποικιλία Neoplanta διατήρησε ικανοποιητικό ποσοστό βλάστησης και ανάπτυξης των σποροφύτων ακόμη και στα υψηλά επίπεδα στρες, υποδεικνύοντας το ενδεχόμενο αξιοποίησής της για καλλιέργεια σε περιβάλλοντα ακραίων καταπονήσεων. Παράλληλα, τα αποτελέσματα της μελέτης παρέχουν σημαντικές ενδείξεις ότι το ποσοστό βλαστικότητας, το μήκος ρίζας και το μήκος βλαστού είναι χαρακτηριστικά τα οποία δύνανται να αξιοποιηθούν ως κριτήρια για τη διάκριση της ανθεκτικότητας/ευαισθησίας, ενώ αντίθετα το ποσοστό απορρόφησης νερού των σπόρων και το ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας των σποροφύτων και ο δείκτης ευρωστίας κρίνεται ότι δε συνιστούν κατάλληλα κριτήρια για την ταξινόμηση των ποικιλιών βάσει της ανθεκτικότητάς τους στις υπό μελέτη καταπονήσεις. Στο σύνολό τους, τα αποτελέσματα της μελέτης υπογραμμίζουν ότι το δυναμικό βλάστησης των σπόρων και ανάπτυξης των σποροφύτων υπό συνθήκες καταπόνησης μπορεί να αξιοποιηθούν για την διάκριση και επιλογή των ανθεκτικών γονοτύπων.

Λέξεις-κλειδιά: σόγια, αβιοτικές καταπονήσεις, ξηρασία, υψηλή αλατότητα, δυναμικό βλάστησης των σπόρων και ανάπτυξης των σποροφύτων, πρώιμες επιλογές επιθυμητών γονοτύπων.

Table of Contents

1) ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.1. Καταγωγή – Νεότερες εξελίξεις - Προοπτικές.....	9
1.2 Ταξινόμηση.....	10
1.3 Σύσταση – Προϊόντα - Χρήσεις.....	11
1.4 Μορφολογία και Ανάπτυξη.....	13
1.4.1 Μορφολογία.....	13
1.4.2 Ανάπτυξη.....	17
1.5 Τεχνική καλλιέργειας.....	20
1.5.1 Κλίμα.....	20
1.5.2 Έδαφος.....	21
1.5.3 Προετοιμασία του εδάφους.....	21
1.5.4 Λίπανση.....	22
1.5.5 Σπορά.....	24
1.5.6 Μετά το φύτευμα - Φροντίδα.....	24
1.5.7 Άρδευση.....	25
1.5.8 Ωρίμανση –Συγκομιδή.....	25
1.5.9 Αποθήκευση.....	26
1.6 Ασθένειες.....	27
1.7 Αβιοτικές καταπονήσεις.....	28
1.7.1. Επιπτώσεις της ξηρασίας στη σόγια.....	28
1.7.2. Επιπτώσεις της αλατότητας στη σόγια.....	31
1.7.3 Απόκριση του φυτού στις αβιοτικές καταπονήσεις.....	32
1.7.4 Μηχανισμούς ανθεκτικότητας των φυτών έναντι στις αβιοτικές καταπονήσεις.....	33
1.8 Σκοπός μελέτης.....	37
2) ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	38
2.1 Ποικιλίες σόγιας.....	38
2.2 Καταπονήσεις σε εργαστηριακό επίπεδο - Πειραματικό σχέδιο.....	43
2.2.1 Υδατική καταπόνηση.....	44
2.2.2 Καταπόνηση αλατότητας.....	44
2.3 Μετρήσεις.....	44

2.4 Στατιστική ανάλυση.....	46
3) ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	47
3.1 Υδατική καταπόνηση.....	47
3.1.1 Ποσοστό βλάστησης των σπόρων.....	47
3.1.2 Ποσοστό απορρόφησης νερού των σπόρων.....	50
3.1.3 Ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας των σποροφύτων.....	51
3.1.4 Μήκος ριζιδίου σποροφύτων.....	53
3.1.5 Μήκος βλαστού σποροφύτων.....	55
3.1.6 Δείκτης ευρωστίας.....	58
3.1.7 Μη φυσιολογικός φαινότυπος.....	59
3.2. Καταπόνηση αλατότητας.....	59
3.2.1 Ποσοστό βλαστικότητας.....	60
3.2.2 Ποσοστό απορρόφησης νερού των σπόρων.....	63
3.2.3 Ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας των σποροφύτων.....	64
3.2.4 Μήκος ρίζας σποροφύτων.....	65
3.2.5 Μήκος βλαστού των σποροφύτων.....	68
3.2.6 Δείκτης ευρωστίας.....	71
3.2.7 Μη φυσιολογικός φαινότυπος.....	72
4) ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	73
4.1 Υδατική καταπόνηση.....	74
4.2 Καταπόνηση αλατότητας.....	76
5) ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	79

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Καταγωγή της σόγιας – Προοπτικές

Η σόγια (*Glycine max*) είναι μία σημαντική καλλιέργεια και αποτελεί μία από τις πιο ευρέως αναπτυγμένες καλλιέργειες οσπρίων στον κόσμο. Αναπτύσσεται σε ένα ευρύ φάσμα γεωγραφικών περιοχών που περιλαμβάνει τροπικά, υποτροπικά και εύκρατα κλίματα (Zhang et al., 2015). Κέντρο εξημέρωσης της καλλιεργούμενης σόγιας με βάση αξιόπιστων πηγών και στοιχείων πιθανόν αποτελεί η Κίνα. Ωστόσο, υπάρχουν ενδείξεις ότι υπάρχουν πολλαπλά κέντρα προέλευσης της σόγιας (Lü, 1978 and Dong et al., 2001). Αποτελεί ένα από τα αρχαιότερα καλλιεργούμενα φυτά αφού άρχισε να καλλιεργείται περίπου το 1700-1100 π.Χ., έπειτα καλλιεργήθηκε στην Ιαπωνία και αργότερα στην Κορέα. Στην Ευρώπη, η σόγια εισήχθη τον 17ο αιώνα από το Γερμανό Kampfer. Στις ΗΠΑ καλλιεργήθηκε για πρώτη φορά από τον Henry Yonge το 1765. Η εμφάνισή της στις Αφρικανικές χώρες πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του 20ου αιώνα και τέλος στη Ελλάδα άρχισε να καλλιεργείται κατά τη δεκαετία του 1930. Σήμερα η σόγια καλλιεργείται σε όλο τον κόσμο με σημαντικότερες χώρες παραγωγής τις Κίνα, ΗΠΑ, Βραζιλία (Φασούλα και Φωτιάδη, 1984). Επίσης, η Αργεντινή αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες χώρες παραγωγής σόγιας παγκοσμίως (Pérez Brandán et al., 2012).

Έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές έρευνες πάνω στη σόγια, στις οποίες διαπιστώθηκε προοδευτικό αποτέλεσμα σχετικά με την κατασκευή χαρτών γενετικής σύνδεσης (Lark et al., 1993, Cregan et al., 1999, Hyten et al., 2010), τη χαρτογράφηση γονιδίων (Atibalentja et al., 2005, Kang and Mian, 2010) και τη μελέτη ολόκληρης της γονιδιοματικής της αλληλουχίας (Libault et al., 2010, Schmutz et al., 2010, Chen et al., 2013).

Τον 20^ο αιώνα, ιδίως μετά το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο, σημειώθηκε αύξηση της ζήτησης της σόγιας λόγω των δύο κύριων προϊόντων της, της πρωτεΐνης και του λαδιού, τα οποία χρησιμεύουν στη διατροφή του ανθρώπου, των ζώων και σε ποικίλες εφαρμογές σε τομείς της βιομηχανίας. Η καλλιέργεια της σόγιας επεκτάθηκε

επίσης με τη δημιουργία και αξιοποίηση νέων ποικιλιών με γενετική ανθεκτικότητα έναντι ασθενειών και δυσμενών περιβαλλοντικών συνθηκών, καλή προσαρμοστικότητα σε ποικίλες εδαφοκλιματικές συνθήκες καθώς και συμβατότητα με τις σύγχρονες καλλιεργητικές πρακτικές. Επιπλέον, μελέτες έχουν δείξει ότι οι αποδόσεις της σόγιας παρουσιάζουν προοδευτική αύξηση σε όλη τη διάρκεια του προηγούμενου αιώνα που αποδίδονται στις προόδους που έγιναν στην αναπαραγωγή, στην εξέλιξη της γενετικής βελτίωσης, στις βελτιωμένες πρακτικές διαχείρισης και στην πρόοδο της γεωργικής τεχνολογίας και πρακτικής (Specht et al., 1999 , De Bruin and Pederson, 2008 , Rowntree et al., 2013). Το 2010, ήταν η πέμπτη σημαντικότερη καλλιέργεια σε παγκόσμιο επίπεδο και δεύτερη στην Αμερική (Hernandez-Viezcas et al., 2013). Το 2014 και το 2015, η παγκόσμια παραγωγή σόγιας έφθασε περίπου τα 315,1 εκατομμύρια τόνους (Fernandes et al., 2015) και το 2016 και 2017 παρατηρήθηκε μια μικρή αύξηση στην παραγωγή φτάνοντας τα 348 εκατομμύρια τόνους (Stuart et al., 2018). Η μέση παγκόσμια παραγωγή της φτάνει τα 200 kg το στρέμμα και όταν πρόκειται για εκτάσεις που αρδεύονται η απόδοση φτάνει μέχρι 550 kg το στρέμμα (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005).

Στα επόμενα χρόνια, η παγκόσμια παραγωγή σόγιας αναμένεται να αυξηθεί ως αποτέλεσμα της αύξησης της ζήτησης των προϊόντων της. Αυτό συμβαίνει λόγω του μεγάλου ενδιαφέροντος ως λειτουργική τροφή καθώς και λόγω του γεγονότος ότι τα διάφορα συστατικά και υποπροϊόντα της σόγιας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρασκευή διάφορων βιομηχανικών προϊόντων (Kumawat et al., 2016). Στο πλαίσιο αυτό, αναμένεται ότι οι Ευρωπαϊκές χώρες, συμπεριλαμβανομένου της Ελλάδας, προκειμένου να περιορίσουν τις εισαγωγές θα αυξήσουν την παραγωγή σόγιας. Εφόσον διαμορφώνονται ολοένα και καλύτερες συνθήκες για την καλλιέργεια, αναμένεται ότι η σόγια θα αποτελέσει στο μέλλον μια εναλλακτική καλλιέργεια στο πρόγραμμα της αμειψισποράς πολλών περιοχών της χώρας με υψηλά κέρδη για τους παραγωγούς.

1.2 Ταξινόμηση

Η καλλιεργούμενη σόγια αποτελείται από 40 χρωμοσώματα ($2n = 40$) και διαφέρει από μερικούς παλαιοπολυπλοειδείς οργανισμούς στο ότι έχει διπλοειδοθεί και

Shoemaker et al., 1996, Gale and Devos, 1998). Το επιστημονικό της όνομα είναι *Glycine max*, ανήκει στην οικογένεια Leguminosae, υποοικογένεια Papilioideae, ομάδα Phaseoleae, υποομάδα Glycininae, γένος *Glycine* και υπογένος Soya. Τα είδη του γένους *Glycine* είναι:

- το *Glycine clandestina*, εντοπίζεται στην Αυστραλία
- το *Glycine falcate*, απαντάται στην Αυστραλία
- το *Glycine latifolia*, περιορίζεται στην Αυστραλία
- το *Glycine latrobeana*, εμφανίζεται στην Αυστραλία
- το *Glycine canescens*, εντοπίζεται στην Αυστραλία
- το *Glycine tabacina*, βρέθηκε στην Αυστραλία, Κίνα, νησιά Ταιβάν, Μαριάνας, Νέα Καληδονία, Βανουάτου, Φίτζι, Τόνγκα, Ρουόκου, Νίουε
- το *Glycine tomentella*, απαντάται στην Αυστραλία, Κίνα, Ταιβάν, Φιλιππίνες, Παπούα Νέα Γουϊνέα
- το *Glycine soja*, εντοπίζεται σε Κίνα, Ρωσία, Κορέα, Ιαπωνία, Ταιβάν
- το *Glycine max*, είναι καλλιεργούμενο και δεν έχει βρεθεί ποτέ σε αυτοφυή μορφή

(Πάνος, 1989).

Όσον αφορά τις ποικιλίες της σόγιας, η κάθε μία προσαρμόζεται σε περιορισμένη γεωγραφική περιοχή λόγω της ευαισθησίας στην φωτοπερίοδο, μιας και η σόγια χαρακτηρίζεται ως φυτό βραχείας φωτοπεριόδου (Zhang et al., 2015).

1.3 Σύσταση – Προϊόντα - Χρήσεις

Ο σπόρος είναι πλούσιος σε πρωτεΐνες και λιπαρές ουσίες. Αυτά τα δύο συστατικά υπάρχουν κατά το πλείστον στις κοτυλιδόνες και καταλαμβάνουν περίπου το 60% του συνολικού βάρους του σπόρου. Το ποσοστό των υδατανθράκων που περιέχεται στο σπόρο ανέρχεται στο 30%, καταλαμβάνοντας το 1/3 του βάρους του σπόρου. Επίσης, σημαντική είναι η παρουσία διαιτητικών ινών, βιταμινών και μετάλλων μέσα στο σπόρο. Όσον αφορά τα σάκχαρα περιέχει κυρίως ζαχαρόζη σε ποσοστό 5 %,

ραφινόζη σε ποσοστό 1,1 %, σταχυόζη σε ποσοστό 3,8 % αλλά και γλυκόζη, φρουκτόζη, γαλακτόζη, αραβινόζη αλλά με μικρότερη περιεκτικότητα. Γενικά, η σύσταση διαφέρει ανάλογα με την ποικιλία και τις κλιματικές συνθήκες στις οποίες αναπτύσσεται το φυτό (Γκιζίνος, 1989).

Πίνακας 1: Σύσταση σπόρων σόγιας % (επί ξηράς ουσίας).

Ιστός	%	Πρωτεΐνες	Λιπαρές ουσίες	Υδατάνθρακες	Τέφρα
Ολόκληροι σπόροι	100	40	21	34	5,0
Κοτυληδόνες	88-91	43	23	29	5,0
Φλοιός	8-10	9	1	86	4,3
Άξονας εμβρύου	2	41	11	43	4,4

(Πηγή: Γκιζίνος, 1989)

Η σόγια περιέχει πολυάριθμα βιοδραστικά φυτοχημικά προϊόντα, όπως φαινολικά οξέα, φλαβονοειδή, σαπωνίνες, φυτοστερόλες και σφιγγολιπίδια. Παρουσιάζει οφέλη για την υγεία λόγω της παρουσίας ισοφλαβονών και τοκοφερόλης (Kumawat et al., 2016). Ο σπόρος της περιέχει υψηλό ποσοστό ενώσεων ισοφλαβονών, όπως είναι η γενιστεΐνη (genistin), η οποία είναι άφθονη στη σόγια και επειδή η δράση της είναι όμοια με αυτήν των οιστρογόνων μπορεί να προσδένεται στους υποδοχείς οιστρογόνων, η νταϊτζεΐνη (daidzin), η glycitein 7-0-P-D-glucoside (glycitin), η 6"-O-acetylgenistin και η 6"-O-acetyldaidzin. Οι ισοφλαβόνες ανήκουν σε μια ομάδα δευτερογενών μεταβολιτών, παράγονται κυρίως σε όσπρια και στη δομή μοιάζουν με την 17-β-οιστραδιόλη. Αυτές οι ενώσεις λειτουργούν σε διάφορες βιολογικές διεργασίες και προσφέρουν άνοσα αποτελέσματα στον ανθρώπινο οργανισμό καθώς παρουσιάζουν αντιδιαβητικές, αντιυπερχοληστερολαιμικές, αντιυπερλιπιδαιμικές, αντι-παχυσαρκιακές, αντιυπερτασικές, αντικαρκινικές, αντιμεταλλαξιογόνες, ηπατοπροστατευτικές, αντι-οστεοπορωτικές, αντιϊκές, αντιφλεγμονώδεις, ανοσορρυθμιστικές, νευροπροστατευτικές, αντιμικροβιακές, αντιγηραντικές, οιστρογονικές δραστηριότητες, καθώς και αντι-αιμολυτικό, αντιοξειδωτικό και αντιμυκητιακό ρόλο. Η γεύση της χαρακτηρίζεται ως πικρή και στυπτική (Kudou et al., 2014, Li et al., 2014, Πριμηκώρη, 2013, Khalil, 2013, Yuk et al., 2016, Lim, 2012). Οι τοκοφερόλες (tocopherols) είναι μια ομάδα λιποδιαλυτών χημικών ενώσεων, οι οποίες είναι ομόλογες ενώσεις δηλαδή έχουν παρόμοια χημική δομή και

χαρακτηρίζονται από αντιοξειδωτικές ιδιότητες. Είναι χρήσιμη η πρόσληψη τους από τον ανθρώπινο οργανισμό σε μικρές ποσότητες μέσω της τροφής. Οι τοκοφερόλες είναι γνωστές ως βιταμίνη E (http://195.134.76.37/chemicals/chem_tocopherol.htm).

Οι σπόροι σόγιας είναι οι μεγαλύτεροι παραγωγοί βρώσιμου ελαίου, αφού περιέχουν 20 % λάδι, παράγοντας το γνωστό σογιέλαιο. Το λάδι μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη διατροφή του ανθρώπου αλλά έχει και ποικίλες χρήσεις σε εφαρμογές της βιομηχανίας για την παρασκευή φαρμακευτικών προϊόντων, πλαστικών, χαρτιών, μελανιών, χρωμάτων, βερνικιών, φυτοφαρμάκων, καλλυντικών, κεριών, απολυμαντικών, γλυκερίνης και σαπουνιών (Gupta, 2012). Από το λάδι της σόγιας παράγονται, τα τελευταία χρόνια, και βιοκαύσιμα, ύστερα από κατάλληλη επεξεργασία του ελαίου με μέση απόδοση βιοκαυσίμων 27-41 kg/στρέμμα (Gupta, 2012). Το βιοντίζελ είναι ένα είδος καυσίμου που παράγεται από τη σόγια και μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντί του πετρελαίου σε πετρελαιοκινητήρες. Η σόγια καλλιεργείται επίσης και για την παραγωγή σογιάλευρου. Σήμερα, η σόγια καλλιεργείται κατά κύριο λόγο για την παραγωγή σογιάλευρου παρά για σογιέλαιο. Το σογιάλευρο χρησιμοποιείται ως τροφή για τα παμφάγα ζώα (Alghamdi et al., 2017), καθώς είναι πλούσιο σε πρωτεΐνες (43-50 %). Μπορεί επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την παρασκευή κόλλας, πλαστικών, υδροχρωμάτων και άλλων βιομηχανικών ειδών (Παπακώστα- Τασοπούλου, 2005) αλλά μαζί με αλεύρι σιταριού χρησιμοποιείται και για την παρασκευή ψωμιού, γλυκισμάτων και μπισκότων (Φασούλας. και Φωτιάδης, 1984). Τα φυτά της σόγιας, όταν είναι πράσινα, χρησιμεύουν για χλωρή λίπανση, για σανό και για ενσίρωση σε μίγμα με το καλαμπόκι (Φασούλας. και Φωτιάδης, 1984). Επομένως, η σόγια αποτελεί φυτικό είδος πολλαπλών χρήσεων καθώς χρησιμοποιείται ως τρόφιμο, ως ζωοτροφή και ως βιοκαύσιμο σε όλο τον πλανήτη (Kumawat et al., 2016).

1.4 Μορφολογία και Ανάπτυξη

1.4.1 Μορφολογία

Η σόγια είναι ένα ετήσιο, δικότυλο, ποώδες φυτό που φτάνει σε ύψος τα 90-120 cm. Είναι αυτογόνιμο και αυτεπικονιαζόμενο. Όπως και τα άλλα φυτικά είδη που

ανήκουν στην κατηγορία των ψυχανθών έχει την ικανότητα δέσμευσης και αξιοποίησης του ατμοσφαιρικού αζώτου (Πάνος, 1989).

Σπόρος:

Ο σπόρος αποτελείται από το φλοιό και το έμβρυο και ενδέχεται να αποτελείται από ελάχιστους ιστούς ενδοσπερμίου. Το σχήμα του σπόρου μπορεί να είναι σφαιρικό, σε άλλες περιπτώσεις πεπλατυσμένο και επίμηκες και σε άλλες ωοειδές. Το χρώμα του μπορεί να εμφανιστεί είτε σαν μονόχρωμο (κίτρινο, πράσινο, καστανό, μαύρο) είτε σαν δίχρωμο, είτε σαν ποικιλόχρωμο (Πάνος, 1989).



Εικόνα 1.1: Σπόροι σόγιας (Πηγή: www.nuevatumjer.com)

Ριζικό σύστημα:

Το ριζικό της σύστημα απαρτίζεται από μία πασσαλώδη ρίζα δηλαδή υπάρχει μία κύρια ρίζα και πολλές διακλαδιζόμενες, μικρότερες, λεπτότερες ρίζες. Φτάνει σε βάθος 150 cm αλλά ο κύριος όγκος της καταλαμβάνει τα πρώτα 60 cm του εδάφους. Οι πλευρικές ρίζες εκφύονται στο ανώτερο τμήμα της κεντρικής ρίζας περίπου στα 10-15 cm αυτής και μπορεί να φτάσουν σε μήκος έως και 250 cm. Οι πλευρικές ρίζες διακρίνονται σε δευτερογενείς, τριτογενείς και ανώτερης τάξης ρίζες. Στην κύρια ρίζα, αλλά και στις διακλαδιζόμενες, υπάρχουν τα ριζικά τριχίδια και έπειτα από αυτά σχηματίζονται τα ριζικά φυμάτια. Τα ριζικά φυμάτια είναι σφαιροειδή εξογκώματα πάνω στο φλοιό της ρίζας, εμφανίζονται περίπου 10 μέρες μετά τη σπορά και ο ρόλος τους εντοπίζεται στο ότι βοηθούν στη δέσμευση αζώτου που είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη του φυτού (Πάνος, 1989).

Βλαστός:

Ο βλαστός της σόγιας μπορεί να φτάσει στα 120 cm. Είναι χνουδωτός και σε κάθε ποικιλία έχει ένα χαρακτηριστικό χρώμα. Οι βλαστοί διακρίνονται σε περιορισμένης, ημι-περιορισμένης και συνεχούς ανάπτυξης. Ο κύριος βλαστός διακλαδίζεται από τους κατώτερους κόμβους. Συνήθως η διακλάδωση είναι πρώτης τάξης, σπάνια δεύτερης. Αυτοί οι πλάγιοι βλαστοί είναι πιθανόν να πλαγιάσουν και να καταλήξουν σε σπασίμο από το υπερβολικό βάρος των λοβών (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005).

Φύλλα:

Στο φυτό της σόγιας μπορούν να διακριθούν τέσσερις τύποι φύλλων: οι κοτυληδόνες, τα απλά φύλλα, τα πρόφυλλα και τα σύνθετα φύλλα.

Οι κοτυληδόνες αποτελούν τα πρώτα σαρκώδη φύλλα μετά το φύτεμα, το χρώμα των οποίων μπορεί να είναι πράσινο, κίτρινο ή αχνό κίτρινο και ονομάζονται διαφορετικά ως φύλλα του σπόρου ή εμβρυακά φύλλα εξαιτίας του γεγονότος ότι βρίσκονται στο σπόρο και περιβάλλουν τον εμβρυικό άξονα. Οι κοτυληδόνες χωρίζουν τον κύριο βλαστό στο υποκοτύλιο και στο επικοτύλιο.

Τα απλά φύλλα μπορούν να χαρακτηριστούν ως τα πρώτα πραγματικά φύλλα του φυτού, τα οποία εκφύονται στο γόνατο που βρίσκεται ακριβώς πάνω από τις κοτυληδόνες, βρίσκονται αντίθετα το ένα από το άλλο και σε ορθή γωνία με τις κοτυληδόνες. Στη σόγια υπάρχει μόνο ένα ζεύγος απλών φύλλων.

Τα πρόφυλλα είναι απλά φύλλα με μήκος περίπου 1 mm, τα οποία εμφανίζονται στη βάση κάθε πλευρικού κλάδου και στο κάτω μέρος του ποδίσκου του άνθους. Ο μίσχος απουσιάζει ενώ χαρακτηριστικό αποτελεί η υφή τους

Τα σύνθετα φύλλα είναι αυτά που σχηματίζονται μετά το ζεύγος των απλών φύλλων και κατατάσσονται κατά μήκος του στελέχους εναλλάξ. Απαρτίζονται από τρία φυλλάρια, τα οποία μπορεί να έχουν διάφορα σχήματα με στρογγυλή βάση και μυτερή άκρη (Πάνος, 1989).

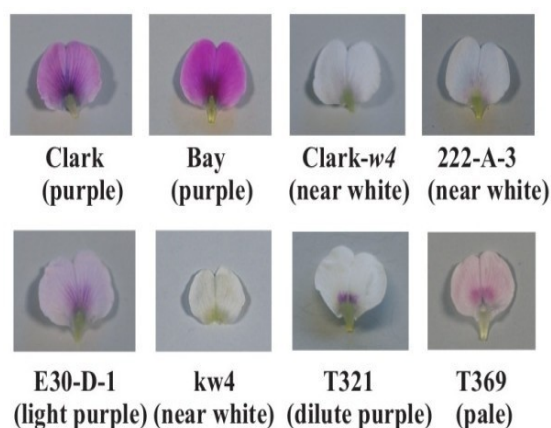
Άνθος:

Τα άνθη εκφύονται από τη μασχάλη των φύλλων, βρίσκονται σε ξεχωριστούς ποδίσκους, είναι οργανωμένα σε ταξιανθίες και έχουν μήκος περίπου 6-7 mm. Η κάθε ταξιανθία περιλαμβάνει έως και 20 λευκά ή κοκκινωπά άνθη. Το ποσοστό των

ανθέων που δίνει λοβούς κυμαίνεται στο 20-40 %. Οι στήμονες είναι δέκα, ενώ οι ανθήρες χαρακτηρίζονται ως σφαιροειδείς. Ο ύπερος αποτελείται από 1-4 καμπυλότροπες ωθήκες (Πάνος, 1989, Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005).



Εικόνα 1.2: Άνθος σόγιας (Πηγή: www.imgur.com)



Εικόνα 1.3: Πέταλα άνθους ποικιλιών σόγιας (Πηγή: www.researchgate.net)

Λοβοί:

Ο καρπός χαρακτηρίζεται λοβός και το μήκος του περίπου κυμαίνεται στα 2-7 cm. Έχει σχήμα επίμηκες ή δρεπανοειδές και χρώμα καφέ, μαύρο, πράσινο, κίτρινο ή κοκκινωπό κατά την περίοδο ωρίμανσης. Χαρακτηρίζεται ως τριχωτός και αποτελείται από δύο καρπόφυλλα. Μία απλή ανθοταξία είναι ικανή να φέρει περίπου 2-20 λοβούς, ενώ ολόκληρο το φυτό συνολικά μπορεί να αποτελείται από 400 λοβούς (Πάνος, 1989). Το τοίχωμα του λοβού (ο καρπός της σόγιας) διαιρείται σε

λειτουργικά κυτταρικά στρώματα, το εξωκάρπιο, το μεσοκάρπιο και το ενδοκάρπιο (Bennett et al., 2011).

Το εξωκάρπιο περιλαμβάνει ένα μονοκύτταρο επιδερμικό στρώμα με στομάτια ώστε να επιτρέπεται η ανταλλαγή αερίων. Το μεσοκάρπιο συγκροτείται από στρώματα που αποτελούνται από χλωροεγχυματικά κύτταρα που είναι πλούσια σε χλωροπλάστες (Sessions and Zambryski., 1995). Το ενδοκάρπιο αποτελείται από δύο ξεχωριστά στρώματα κυττάρων. Ένα είναι το επιφανειακό στρώμα αποτελούμενο από μεγάλα κύτταρα λεπτού τοιχώματος και το άλλο είναι το εσωτερικό στρώμα που σχηματίζεται από μικρά σφιχτά συσσωματωμένα κύτταρα (Spence et al., 1996).



Εικόνα 1.4: Φύλλα, λοβοί και άνθος σόγιας (Πηγή: <https://www.pt.depositphotos.com>)

1.4.2 Ανάπτυξη

Η ανάπτυξη της σόγιας διακρίνεται σε πέντε φάσεις:

- I. βλάστηση του σπόρου
- II. σπορόφυτο
- III. αύξηση
- IV. αναπαραγωγή
- V. ωρίμανση

Για να είναι επιτυχής η βλάστηση του σπόρου, πρέπει να υφίστανται ορισμένες προϋποθέσεις:

1. το ποσοστό υγρασίας του σπόρου να είναι 50 %
2. οι συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας να είναι ευνοϊκές.

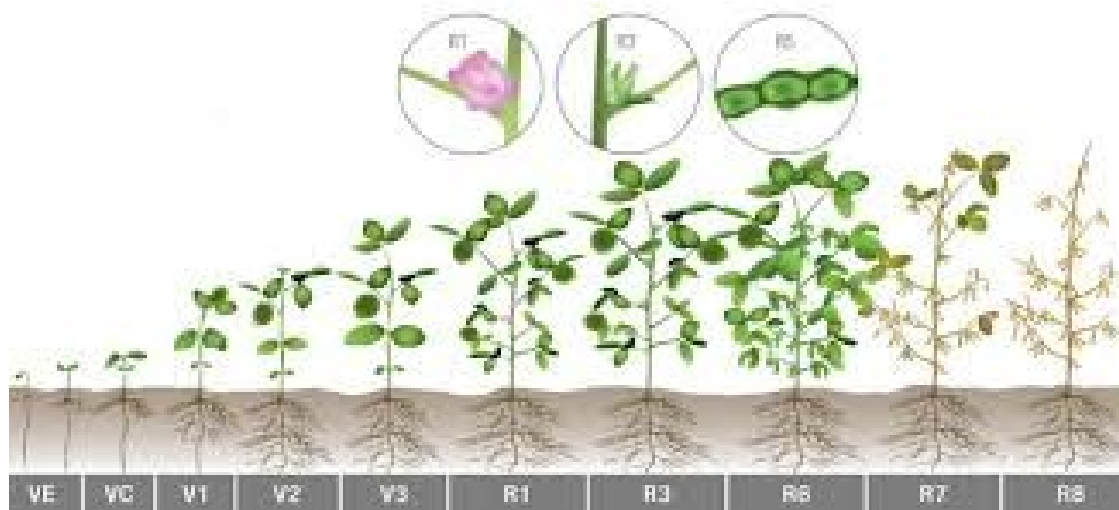
Αφού πραγματοποιηθεί η σπορά, μία ή δύο ημέρες μετά λαμβάνει χώρα η εμφάνιση του ριζιδίου. Έπειτα αρχίζει να επιμηκύνεται ενώ ταυτόχρονα αρχίζουν να δημιουργούνται οι πλευρικές ρίζες την τέταρτη ή πέμπτη ημέρα. Το ριζικό σύστημα συνεχίζει να αναπτύσσεται καθώς σχηματίζονται ριζικά τριχίδια τόσο στην πρωτογενή όσο και στις δευτερογενείς ρίζες. Στη συνέχεια, σχηματίζεται το υποκοτύλιο και οι κοτυληδόνες. Το επικοτύλιο αρχίζει να αναπτύσσεται μόλις σταματήσει η ανάπτυξη του υποκοτυλίου. Λίγες μέρες αργότερα, κάνουν την εμφάνισή τους και τα απλά φύλλα από τον ακραίο οφθαλμό και στη συνέχεια τα σύνθετα φύλλα (Πάνος, 1989).

Ανάλογα με την ποικιλία, υπάρχουν δύο τύποι ανάπτυξης του φυτού. Διακρίνονται οι ποικιλίες περιορισμένης ανάπτυξης και οι ποικιλίες συνεχούς ανάπτυξης. Κατά τον πρώτο τύπο ανάπτυξης, η βλαστική ανάπτυξη τερματίζεται στην έναρξη της άνθισης ή λίγο αργότερα, ενώ κατά το δεύτερο τύπο η βλαστική ανάπτυξη εξακολουθεί να υφίσταται και μετά την άνθιση, με αποτέλεσμα να λαμβάνει χώρα ταυτόχρονα η βλαστική και η αναπαραγωγική ανάπτυξη (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005).

Ο αριθμός των γονάτων πάνω στον κεντρικό άξονα αντικατοπτρίζει τα στάδια βλάστησης ενώ η άνθιση, ο σχηματισμός των σπόρων και η ωρίμανση υποδηλώνει τα στάδια αναπαραγωγής (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005). Τα βλαστικά στάδια του φυτού συμβολίζονται με V. Το στάδιο VE αντιπροσωπεύει την εμφάνιση και ανάπτυξη των κοτυληδόνων, ενώ το VC είναι το στάδιο εμφάνισης των πρώτων πραγματικών φύλλων. Κάθε τριάδα φύλλων που σχηματίζονται πάνω στο μίσχο εκπροσωπούν τα V1-Vn στάδια. Ο αριθμός των τριάδων φύλλων που προστίθενται εξαρτάται από την κάθε ποικιλία και από το περιβάλλον. Τα αναπαραγωγικά στάδια στη σόγια αποτελούνται από οκτώ στάδια σε τέσσερις φάσεις ανάπτυξης:

1. ανθοφορία που περιλαμβάνει το R1 και R2 στάδια και συγκεκριμένα την έναρξη και πλήρη ανθοφορία αντίστοιχα
2. ανάπτυξη λοβού που αποτελεί το R3 και R4 στάδιο. Στο R3, πραγματοποιείται η έναρξη του σχηματισμού του λοβού, ενώ στο R4 η πλήρης ανάπτυξη των λοβών
3. ανάπτυξη σπόρων που περιλαμβάνει το R5 και R6 με την έναρξη σχηματισμού των σπόρων να συμβαίνει στο R5 στάδιο και το πλήρες γέμισμα των σπόρων να υφίσταται στο R6 στάδιο

4. ωρίμανση των φυτών, που περιλαμβάνει το R7 και R8 στάδια, με την έναρξη της ωρίμανσης να πραγματοποιείται στο R7 και την πλήρη ωρίμαση στο R8. Η περίοδος που αντιπροσωπεύει το R9 αντιστοιχεί στην συγκομιδή σόγιας (Sediyama, 2009).



Εικόνα 1.5: Απεικόνιση των σταδίων ανάπτυξης της σόγιας. Ως V-στάδια ορίζονται τα βλαστικά στάδια και ως R τα αναπαραγωγικά.

(Πηγή: Πανεπιστήμιο του Ιλινόις 1999).

Η άνθιση αποτελεί το επόμενο στάδιο της βλάστησης του φυτού, κατά την οποία οι μασχαλαίοι οφθαλμοί οργανώνονται σε ανθοταξίες και ξεκινά 25-50 ημέρες μετά τη σπορά. Οι ημέρες έως την ανθοφορία (DTF) και η ωριμότητα (DTM), η διάρκεια της ανθοφορίας έως τη λήξη (DFTM) και το ύψος των φυτών (PH) είναι καθοριστικοί παράγοντες που σχετίζονται με την προσαρμοστικότητα, την απόδοση και την παραγωγικότητα της σόγιας (Cober and Morrison, 2010). Το DTM αντιπροσωπεύει τη συνολική διάρκεια ανάπτυξης, που αποτελείται από δύο περιόδους: DTF και η διάρκεια της ανθοφορίας έως τη λήξη (DFTM) (Zhang, 2015). Η έναρξή της καθορίζεται από την εποχή σποράς και διαρκεί 3-5 εβδομάδες. Ρυθμίζεται από τις κλιματικές συνθήκες, από τη φωτοπερίοδο και φυσικά το γενότυπο. Η διάρκεια της νύχτας διαδραματίζει σπουδαίο ρόλο, καθώς η αρχή μείωσης της ημέρας σηματοδοτεί την έναρξη της άνθισης, για αυτό το λόγο και τα φυτά της σόγιας λέγονται φυτά

μικρής διάρκειας ημέρας. Τα πρώτα άνθη σε ποικιλίες συνεχούς ανάπτυξης εμφανίζονται στο τέταρτο-όγδοο γόνατο, αφού οι κόμβοι στις κοτυληδόνες, στα πρώτα φύλλα και στα δύο ή τρία πρώτα σύνθετα φύλλα είναι βλαστικοί. Σε ποικιλίες περιορισμένης ανάπτυξης, τα πρώτα άνθη παρουσιάζονται στο όγδοο-ένατο κόμβο και η άνθιση εξελίσσεται με ταχύ ρυθμό (Πάνος, 1989, Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005).

Ο σχηματισμός των λοβών αποτελεί το αμέσως επόμενο στάδιο της άνθισης. Η εμφάνιση του πρώτου λοβού εντοπίζεται 10-14 ημέρες μετά την εμφάνιση του πρώτου άνθους. Οι λοβοί συνεχίζουν να αναπτύσσονται και τελικά το μέγιστο μήκος τους διαμορφώνεται σε 20-25 ημέρες μετά την άνθιση, το μέγιστο πλάτος σε 30 ημέρες από την άνθιση και σε 10 περίπου ημέρες μετά ο σπόρος αποκτά το μέγιστο βάρος και μέγεθός του. Ενώ αρχικά στο σπόρο υπάρχει υγρασία 90%, καθώς αυτός γεμίζει η υγρασία του μειώνεται προοδευτικά. Όταν ο σπόρος φτάσει στην ωριμότητα δηλαδή 65-75 ημέρες μετά τη γονιμοποίηση, η υγρασία του μειώνεται σε ποσοστό 55 %. Ο σπόρος συνεχίζει να χάνει υγρασία έχοντας τώρα ποσοστό 10-15 %, εφόσον εξακολουθεί να συσσωρεύει ξηρά ουσία. Ιδανική περίοδος συγκομιδής θεωρείται όταν η υγρασία του σπόρου φτάσει σε ποσοστό 12-14 % (Πάνος, 1989).

1.5 Τεχνική καλλιέργειας

1.5.1 Κλίμα

Η θερμοκρασία αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες για τη ανάπτυξη της σόγιας σε όλα τα στάδιά της. Η σόγια έχει παρόμοιες κλιματικές απαιτήσεις με το καλαμπόκι, για αυτό το λόγο πολλές φορές συγκαλλιεργούνται. Στο θερμοκήπιο, όπου οι συνθήκες είναι ελεγχόμενες, σε θερμοκρασία 16 °C χρειάζεται για να φυτρώσει 7-10 ημέρες, ενώ σε υψηλότερη θερμοκρασία 21-32 °C χρειάζεται μόνο 3-5 ημέρες. Από την άλλη πλευρά, στον αγρό εκτός από τη θερμοκρασία ρυθμίζουν και άλλοι παράγοντες το φύτεμα του σπόρου, όπως η ποικιλία, η ευρωστία του σπόρου και το βάθος σποράς. Έρευνες έδειξαν ότι όταν η σόγια σπέρνεται πρώιμα φυτρώνει σε 10-14 ημέρες, ενώ όταν σπέρνεται όψιμα φυτρώνει σε 5-7 ημέρες (Cartter και Hartwig, 1963). Όταν η σόγια σπέρνεται πρώιμα, σε συνδυασμό με χαμηλή θερμοκρασία εδάφους, για να φυτρώσει απαιτείται η πάροδος

15-22 ημερών, όπως περιγράφουν οι Tanner και Hume (1978). Γρήγορη ανάπτυξη του φυτού επέρχεται με αύξηση της θερμοκρασίας. Με αυτόν τον τρόπο, η σόγια μπορεί να ανταγωνίζεται τα ζιζάνια, αφού καλύπτει την επιφάνεια του αγρού με γρήγορο ρυθμό (Κατράνης, 1989). Η θερμοκρασία αποτελεί κύριο συντελεστή ρύθμισης της εμφάνισης των φύλλων (Tenorio et al., 2017). Η θερμοκρασία 10 °C αποτελεί το όριο μεταξύ εκτέλεσης και μη των διεργασιών του φυτού. Έτσι, σε θερμοκρασία μικρότερη των 10 °C παρατηρείται αναχαίτιση της άνθισης ή ακόμα και της βλάστησης. Σε θερμοκρασία μικρότερη των 25 °C, παρατηρείται καθυστέρηση της άνθισης και ωρίμανσης. Η ανάπτυξη του φυτού περιορίζεται, παρουσιάζεται ανθόρροια και γενικά μείωση της παραγωγής όταν η θερμοκρασία φτάνει πάνω από 35 °C. Επίσης κατά το γέμισμα του σπόρου αν υπάρξουν υψηλές θερμοκρασίες επιδρούν αρνητικά στην ποιότητα του σπόρου και επηρεάζουν την περιεκτικότητά του σε λάδι (Κατράνης, 1989). Η αποδοτικότερη μέση θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του θέρους είναι 24-25° C. Για το λόγο αυτό, στην Ελλάδα είναι απαραίτητη η άρδευση αφού επικρατούν θερμοκρασίες υψηλότερες των 24-25 °C (Φασούλας και Φωτιάδης, 1984).

1.5.2 Έδαφος

Σε όλους τους τύπους εδαφών μπορεί να καλλιεργηθεί η σόγια, με την προϋπόθεση τα εδάφη να χαρακτηρίζονται από καλή στράγγιση. Τα καταλληλότερα εδάφη για την επίτευξη μέγιστων αποδόσεων στην καλλιέργεια της σόγιας είναι τα μέσης σύστασης εδάφη. Τα αμμώδη εδάφη δίνουν λιγότερο σταθερές αποδόσεις και στα αργιλώδη σημειώνονται προβλήματα στη φάση της σποράς και του φυτρώματος αλλά έπειτα επιτελείται ορθή και ευνοϊκή ανάπτυξη. Το πιο ιδανικό pH για την ανάπτυξη της σόγιας θεωρείται ότι είναι ίσο με 6-6,8 (Κατράνης, 1989). Όσον αφορά τη θερμοκρασία του εδάφους για ικανοποιητικό φύτρωμα, αυτή ορίζεται σε μεγαλύτερη από 10 ° C βαθμούς (Φασούλας και Φωτιάδης, 1984).

1.5.3 Προετοιμασία του εδάφους

Το βάθος άροσης πρέπει να είναι περίπου στα 20-30 cm. Η βαθιά άροση δεν οδηγεί πάντοτε σε αυξημένη παραγωγή. Όταν το έδαφος χαρακτηρίζεται από κακή στράγγιση, το οποίο συμπιέζεται και εύκολα, το σκληρό στρώμα, που δημιουργείται λόγω της συμπίεσης από τα καλλιεργητικά μηχανήματα, μπορεί να σπάσει με την υπεδάφια άροση. Με αυτόν τον τρόπο, το ριζικό σύστημα της σόγιας αυξάνεται καλύτερα και οι αποδόσεις της βελτιώνονται. Έρευνες έχουν υποδείξει ότι όταν το έδαφος περιλαμβάνει συμπιεσμένα στρώματα και το έδαφος ταυτόχρονα είναι αμμωπηλώδες ή αμμώδες, που συνεπάγεται χαμηλή υδατοϊκανότητα, τότε οι ρίζες του φυτού δεν είναι ικανές να διαπεράσουν αυτά τα στρώματα (Scott και Aldrich, 1970). Αφού έχει γίνει πραγμάτωση του φθινοπωρινού οργώματος, την άνοιξη είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθεί δισκοσβάρνισμα για τον ψιλοχωματισμό του εδάφους και τη μετέπειτα ενσωμάτωση των λιπασμάτων. Για τη σωστή ανάπτυξη της σόγιας, πρέπει το έδαφος να είναι απαλλαγμένο από κάθε είδους ζιζάνια, για αυτό το λόγο την περίοδο λίγο πριν τη σπορά γίνεται εφαρμογή των κατάλληλων ζιζανιοκτόνων. Επομένως η κατάλληλη και σωστή κατεργασία συντελεί στο επιτυχημένο και γρήγορο φύτευμα του σπόρου, αφού βοηθά στη σωστή επαφή και σύνδεση μεταξύ εδάφους και σπόρου (Κατράνης, 1989).

1.5.4 Δίπανση

Η σόγια έχει μεγάλες απαιτήσεις σε θρεπτικά στοιχεία για την ομαλή ανάπτυξή της. Η εφαρμογή των λιπασμάτων πραγματοποιείται, πριν τη σπορά, διάσπαρτα σε όλο το χωράφι και ακολουθείται η ενσωμάτωσή τους στο έδαφος με καλλιεργητικά μηχανήματα. Τα στοιχεία που χρειάζεται η σόγια είναι: το άζωτο, ο φώσφορος, το κάλιο, το ασβέστιο, το μαγνήσιο, το μαγγάνιο, ο σίδηρος, το μολυβδένιο, ο ψευδάργυρος, το βόριο, το κοβάλτιο, ο χαλκός και το θείο (Κατράνης, 1989).

Το άζωτο είναι το στοιχείο που χρειάζεται περισσότερο το φυτό. Το προσλαμβάνει είτε από το διαθέσιμο άζωτο του εδάφους είτε από τη συμβιωτική αζωτοδεσμεύση είτε από την προσθήκη λιπασμάτων (Κατράνης, 1989). Ωστόσο, μελέτες υποστηρίζουν ότι κατά τη σπορά η προσθήκη τέτοιων λιπασμάτων οδηγεί σε μείωση της δέσμευσης του αζώτου από την ατμόσφαιρα, εφόσον επηρεάζει αρνητικά το σχηματισμό των φυματίων και τη δραστηριότητα των ριζοβακτηρίων σε αυτά

(Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005). Κατά τη διάρκεια της άνθισης, μπορεί να γίνει επιφανειακή λίπανση για να αυξηθεί ο αριθμός των σπόρων που οδηγεί σε αύξηση της απόδοσης. Επίσης, κατά την περίοδο γεμίσματος μπορεί να πραγματοποιηθεί επιφανειακή λίπανση για μεγαλύτερη απόδοση και βελτίωση της ποιότητας. Στην περίπτωση που η σόγια καλλιεργείται σε αμειψισπορά μαζί με καλλιέργειες που απαιτούν υψηλές ποσότητες λιπασμάτων, δεν είναι απαραίτητη η εφαρμογή αζωτούχου λίπανσης καθώς η σόγια μπορεί να καλύψει τις ανάγκες της σε άζωτο με την αζωτοδέσμευση και το υπάρχον άζωτο του εδάφους (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005). Οι Scott και Aldrich θεωρούν ότι απαιτούνται 33 χλγ αζώτου, όταν παράγονται 350 χλγ/στρ καρπού σόγιας.

Ο φώσφορος αποτελεί σπουδαίο θρεπτικό στοιχείο, αλλά απαιτείται μικρότερη ποσότητα σε σχέση με το άζωτο. Ο φώσφορος είναι απαραίτητος γιατί αποτελεί μεταφορέα της ενέργειας, συμμετέχει στη σύνθεση και μεταφορά υδατανθράκων, λιπαρών ουσιών και γλυκυριδίων. Βοηθά στο σχηματισμό φυματίων και στην αύξηση του αριθμού και του βάρους των φυματίων (Κατράνης, 1989). Ο φώσφορος είναι απαραίτητος σε όλη τη διάρκεια ανάπτυξης του φυτού αλλά η μεγαλύτερη ανάγκη για πρόσληψη σημειώνεται κατά την πλήρη άνθιση μέχρι την ωρίμανση, ώστε να επιτευχθεί υψηλή απόδοση αλλά και βελτίωση της ποιότητας των σπόρων. Με την προσθήκη φωσφόρου, επιτυγχάνεται παράλληλα και αύξηση της περιεκτικότητας των σπόρων σε πρωτεΐνη και φώσφορο (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005). Για παραγωγή 350-400 χλγ/στρ είναι σημαντικό να γίνεται προσθήκη με λίπανση 6-8 χλγ/στρ P_2O_5 (Κατράνης, 1989).

Το κάλιο συντελεί στην αύξηση της περιεκτικότητας των σπόρων σε λάδι (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005). Βοηθά στη διατήρηση της θρεπτικής ισορροπίας και στην πρόσληψη ασβεστίου και μαγνησίου. Επίσης, είναι σημαντικό καθώς αυξάνει τον αριθμό των λοβών ανά φυτό και την παραγωγή σπόρου, όταν υπάρχει στο έδαφος μέτρια – επαρκής περιεκτικότητα σε κάλιο (Κατράνης, 1989) .

Το ασβέστιο αποτελεί το δεύτερο στοιχείο μετά το άζωτο που απορροφά η σόγια. Το μαγνήσιο επιδρά στη δέσμευση του αζώτου, υπό την προϋπόθεση ότι βρίσκεται σε επάρκεια το ασβέστιο. Το μαγγάνιο έχει το ρόλο του καταλύτη στις οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις και συμμετέχει στο σχηματισμό της χλωροφύλλης, ενώ ο σίδηρος λαμβάνει χώρα στο σχηματισμό της χλωροφύλλης και στην αναπνοή των φυτών. Το

μολυβδένιο συμβάλλει στη συμβιωτική δέσμευση του αζώτου, ενώ ο ψευδάργυρος επιδρά στο σχηματισμό της χλωροφύλλης και των αυξινών. Το βόριο συντελεί στην κυτταροδιαίρεση, στην αύξηση των κυττάρων και στο μεταβολισμό των φυτών. Τέλος, ο ρόλος του κοβαλτίου δεν έχει καθοριστεί με ακρίβεια, ο χαλκός επηρεάζει τη βλάστηση και το ρυθμό φωτοσύνθεσης και το θείο συμβάλλει στη σύνθεση αμινοξέων που περιέχουν θείο και συνεπώς των πρωτεϊνών (Κατράνης, 1989).

1.5.5 Σπορά

Η σπορά της σόγιας πραγματοποιείται την άνοιξη, από τις 10 Απριλίου και έπειτα, ανάλογα με την υγρασία του εδάφους και τη θερμοκρασία που επικρατεί στην εκάστοτε περιοχή. Το βάθος σποράς πρέπει να κυμαίνεται περί τα 3-4 cm, ανάλογα με την υγρασία τους εδάφους. Σε μεγαλύτερο βάθος, το φύτερωμα δεν επιτελείται με επιτυχία. Σχετικά με την απαιτούμενη ποσότητα του σπόρου, υπολογίζεται ότι η καταλληλότερη ποσότητα είναι 38000-44000 σπόρους /στρ, καθώς μπορεί να υπάρχουν απώλειες λόγω βλαστικότητας των σπόρων σε ποσοστά μικρότερα από 100 %. Μελέτες υποδεικνύουν ότι η σόγια δίνει μεγαλύτερες αποδόσεις όταν η απόσταση μεταξύ των γραμμών είναι 75 cm (Johnson, 1987). Σε τέτοια απόσταση μεταξύ των γραμμών, τοποθετούνται για σπορά 30 σπόροι ανά μέτρο. Το πλάτος σποράς και ο αριθμός των σπόρων που σπέρνονται πάνω στη γραμμή αλληλοεπηρεάζονται, καθώς όταν το πλάτος είναι μεγαλύτερο από 75 cm σπέρνονται πάνω στη γραμμή περισσότεροι σπόροι από 30 ανά μέτρο, ενώ όταν είναι κάτω από 75 cm σπέρνονται λιγότεροι σπόροι από 30 ανά μέτρο. Η σπορά πραγματοποιείται με σπαρτικές μηχανές βάμβακος ή αραβόσιτου που είναι εξοπλισμένες με κατάλληλους δίσκους. Για να επιτευχθεί ομοιόμορφη σπορά, χρησιμοποιούνται πνευματικές μηχανές, οι οποίες τοποθετούν συγκεκριμένο αριθμό σπόρων ανά μέτρο πάνω στη γραμμή σποράς (Κατράνης, 1989).

1.5.6 Μετά το φύτερωμα - Φροντίδα

Οι καλλιεργητικές επεμβάσεις που λαμβάνουν χώρα για την απρόσκοπτη αύξηση και ανάπτυξη της σόγιας συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Αν δεν πετύχει η ζιζανιοκτονία προφυτρωτικά, τα ζιζάνια είναι απαραίτητο να καταστραφούν, είτε με μεταφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα είτε με μηχανικά μέσα.
- Κατά τη διάρκεια ανάπτυξης της σόγιας, πρέπει να καταπολεμούνται εχθροί και ασθένειες που τυχόν εμφανίζονται.
- Την εποχή σχηματισμού και γεμίσματος των σπόρων στους λοβούς, που είναι μια περίοδος άκρως σημαντική, καθίσταται απαραίτητη η καταπολέμηση τετρανύχου αλλά και η παροχή άρδευσης.
- Κατά την έναρξη της άνθισης, χρησιμοποιούνται φυτορρυθμιστές για να ρυθμίζεται το ύψος του φυτού.

(Κατράνης, 1989).

1.5.7 Άρδευση

Η άρδευση παίζει καθοριστικό ρόλο για τη σωστή ανάπτυξη της καλλιέργειας. Σύμφωνα με τους Cartter και Hartwing (1963), ισχυρή επίτευξη ικανοποιητικών αποδόσεων προϋποθέτει στη χορήγηση 480-720 mm βροχής ή νερού άρδευσης. Από τη σπορά μέχρι την ωρίμανση των φυτών, απαιτούνται 4-7 ποτίσματα. Αν χρειαστεί, πραγματοποιείται ένα μικρό πότισμα πριν τη σπορά ή αμέσως μετά τη σπορά ώστε να αποκτήσει ο σπόρος επαρκή υγρασία για το φύτευμα. Μέχρι την περίοδο της άνθισης, η σόγια δεν έχει μεγάλες απαιτήσεις σε άρδευση. Από τη φάση αυτή έως και την περίοδο σχηματισμού των λοβών και γεμίσματος των σπόρων, οι απαιτήσεις σε νερό είναι μεγάλες. Αν απουσιάσει η άρδευση κατά το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, προκαλείται πτώση των άνθων, των λοβών που αρχίζουν να σχηματίζονται και μείωση έως και ολοσχερής καταστροφή της παραγωγής. Υπάρχουν δύο τρόποι άρδευσης που χρησιμοποιούνται στη σόγια, η τεχνητή βροχή και τα αυλάκια. Πιο αποτελεσματική θεωρείται η τεχνητή βροχή καθώς το νερό κατανέμεται στον αγρό ομοιόμορφα, ελέγχεται η ποσότητα του νερού ανά στρέμμα καλύτερα. Μάλιστα, η άρδευση μέσω τεχνητής βροχής είναι περισσότερο αποτελεσματική όταν υπάρχουν στενές γραμμές φύτευσης καθώς ο αγρός παραμένει επίπεδος και

διευκολύνεται η συγκομιδή. Οι υψηλότερες αποδόσεις αποδίδονται όταν η υγρασία εδάφους είναι πάνω από 50-60 % (Κατράνης, 1989).

1.5.8 Ωρίμανση –Συγκομιδή

Υπάρχουν δύο στάδια ωρίμανσης: η φυσιολογική και η πλήρης ωρίμανση. Η φυσιολογική ωρίμανση συμβαίνει όταν όλοι οι λοβοί έχουν αποκτήσει κίτρινο χρώμα και τουλάχιστον ένας λοβός στο κύριο στέλεχος έχει μετατραπεί σε καφέ χρώμα. Στο στάδιο αυτό, η υγρασία των σπόρων είναι περίπου 50 %. Η πλήρης ωρίμανση, η οποία σηματοδοτεί την έναρξη της συγκομιδής, συμβαίνει 2-3 εβδομάδες αργότερα, όπου οι σπόροι έχουν αποκτήσει υγρασία περίπου 15-16 %, είναι σκληροί και έχουν πέσει σχεδόν όλα τα φύλλα. Αν η συγκομιδή όταν οι σπόροι έχουν 18-20 % υγρασία, για να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες πρέπει να προηγηθεί ξήρανση των σπόρων πριν την αποθήκευσή τους ώστε να μειωθεί η υγρασία τους στο 14 %. Αν η υγρασία των σπόρων είναι κάτω από 12 %, συχνά λαμβάνουν χώρα μηχανικές ζημιές. Η συγκομιδή πρέπει να πραγματοποιηθεί όσο το δυνατόν πιο γρήγορα μετά την ωρίμανση, γιατί διαφορετικά σημειώνονται ποσοτικές και ποιοτικές απώλειες, λόγω των καιρικών συνθηκών αλλά και της έναρξης υπερωρίμανσης. Η συγκομιδή πραγματοποιείται με θεριζοαλωνιστικές μηχανές. Στην Ελλάδα, έχει βρεθεί ότι εξαιτίας του μη σωστού χειρισμού των μηχανών, οι απώλειες του σπόρου είναι μεγάλες και υπολογίζονται στο 10-20 %, ενώ στις ΗΠΑ οι απώλειες αγγίζουν μόνο το 4 % (Κατράνης, 1989, Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005).

1.5.9 Αποθήκευση

Η θερμοκρασία αποξήρανσης δεν πρέπει να κυμαίνεται πάνω από 40 °C και η υγρασία του θερμού αέρα να είναι περίπου 40-70 %. Πρέπει η αποξήρανση να συμβαίνει σταδιακά για να μην προκληθούν ρωγμές στο περισπέρμιο και αποχωριστούν οι κοτυληδόνες. Στους 45 °C, η βιωσιμότητα του σπόρου καταστρέφεται. Πριν τη σπορά, είναι αναγκαίο να ελέγχεται πάντα η φυτρωτική ικανότητα των σπόρων. Ο σπόρος με υγρασία 14 % συντηρείται μέχρι το τέλος του χειμώνα, με ποσοστό υγρασίας περί το 13 % είναι κατάλληλος για ζωοτροφή ή

βιομηχανική χρήση και διατηρείται μέχρι το τέλος της άνοιξης. Αντίστοιχα, ο σπόρος με ποσοστό υγρασίας 12 % μπορεί να αποθηκευτεί για 3 χρόνια, παρόλο που η βλαστικότητα του αρχίζει να περιορίζεται, και με 10 % μπορεί να διατηρηθεί για 4 χρόνια αλλά η βλαστικότητα του μειώνεται σημαντικά. Όσον αφορά το σπόρο που προορίζεται για σπορά, πρέπει να έχει υγρασία περί το 12 % και μπορεί να αποθηκεύεται μέχρι 6 μήνες καθώς τα μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα αποθήκευσης οδηγούν σε δραστική μείωση της βιωσιμότητάς του (Κατράνης, 1989, Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005).

1.6 Ασθένειες

Η σόγια αποτελεί μία καλλιέργεια που πλήττεται από διάφορα έντομα, ασθένειες, νηματώδεις, με αποτέλεσμα να σημειώνεται σημαντική μείωση ή ακόμη και ολική καταστροφή της παραγωγής. Οι κυριότεροι εχθροί και οι σημαντικότερες ασθένειες που απειλούν σημαντικά την οικονομική βιωσιμότητα της καλλιέργειας της σόγιας είναι:

- Εχθροί: σιδηροσκώληκες, βρωμούσες, τετράνυχος
- Ασθένειες: κερκόσπορα, βακτηρίωση της σόγιας, ιός του μωσαϊκού της σόγιας

(Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005).

Στην καλλιέργεια της σόγιας χρησιμοποιούνται δύο κύρια συστήματα καλλιέργειας, τα οργανικά και συμβατικά συστήματα. Τα οργανικά συστήματα χαρακτηρίζονται από τη διατήρηση και την προστασία των φυσικών πόρων με την κατάργηση της χρήσης των αγροχημικών ενώ τα συμβατικά συστήματα καλλιέργειας χαρακτηρίζονται από τεχνικές διαχείρισης που περιλαμβάνουν τη χορήγηση φυτοφαρμάκων (Bettiol et al., 2002). Δεδομένου ότι τα φυτοφάρμακα είναι πολύ αποτελεσματικά ενάντια στους στόχους τους, αποτελούν την κύρια στρατηγική διαχείρισής τους και συνιστούν το δραστικότερο μέσο για την αντιμετώπισή τους.

Ωστόσο, η χορήγησή τους τίθεται υπό έλεγχο καθώς είναι ικανά να βλάψουν τη ριζόσφαιρα, προξενώντας θάνατο στο φυτό, το οποίο συνεπάγεται οικονομικές απώλειες, να εντείνουν τα προβλήματα της περιβαλλοντικής ρύπανσης, να προκαλέσουν βλάβη στην υγεία του ανθρώπου, και να μολύνουν το έδαφος και τον υδροφόρο ορίζοντα (Nettles et al., 2016 , Laabs et al., 2000).

Βέβαια στην περίπτωση των ιολογικών ασθενειών, και ειδικότερα του ιού του μωσαϊκού της σόγιας, δεν είναι αποτελεσματική η χορήγηση φυτοφαρμάκων, καθώς ο ιός μπορεί να αντιμετωπιστεί μόνο προληπτικά με τη χρήση υγιούς σπόρου και την καταπολέμηση των φορέων - αφίδων (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2005).

1.7 Αβιοτικές καταπονήσεις

Οι κυριότερες αιτίες μειωμένων αποδόσεων είναι οι αβιοτικές καταπονήσεις με τις οποίες έρχονται αντιμέτωπες τα χερσαία φυτά (Boyer, 1982). Κατά τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου του φυτού, το φυτό εκτίθεται σε αντίξοες συνθήκες, επηρεάζοντας δυσμενώς την ορθή λειτουργία των φυσιολογικών μηχανισμών του και παρεμποδίζοντας την ανάπτυξή του. Οι αβιοτικές καταπονήσεις σχετίζονται με την αλληλεπίδραση του φυτού με τους δυσμενείς παράγοντες του φυσικού ή χημικού περιβάλλοντος, στο οποίο αναπτύσσεται. Οι κυριότερες αβιοτικές καταπονήσεις είναι:

- 1) Καταπόνηση λόγω έλλειψης νερού
- 2) Καταπόνηση λόγω περίσσειας νερού
- 3) Καταπόνηση λόγω ακραίων θερμοκρασιών, δηλαδή υψηλή ή χαμηλή θερμοκρασία
- 4) Καταπόνηση λόγω περίσσειας αλάτων, ιόντων, βαρέων μετάλλων
- 5) Καταπόνηση λόγω αέριων ρύπων ή βιοκτόνων
- 6) Καταπόνηση λόγω έντονης έκθεσης σε υπέρυθρη, ορατή, υπεριώδη και ιονίζουσα ακτινοβολία

- 7) Καταπόνηση λόγω συγκέντρωσης ενεργών μορφών οξυγόνου
- 8) Καταπόνηση λόγω επίδρασης ανέμου, βαρύτητας, ήχου, μαγνητικών πεδίων, συμπίεσης
- (http://www2.biology.uoc.gr/courses/BIOL490AbioticStress/index_gr.html)
- (https://www.aau.gr/plantstress/karabourniotis_edu_files/Part1-2011.pdf)

1.7.1. Επιπτώσεις της ξηρασίας στη σόγια

Η ξηρασία είναι ένας από τους σημαντικότερους αβιοτικούς στρεσογόνους παράγοντες που επηρεάζουν αρνητικά την παραγωγικότητα της σόγιας σε όλο τον κόσμο, καθώς έχει περιοριστικό ρόλο για την απρόσκοπτη αύξηση και ανάπτυξη του φυτού και την επίτευξη του δυναμικού αποδόσεων της καλλιέργειας (Grümberg et al., 2014). Ως ξηρασία χαρακτηρίζεται η μειωμένη διαθεσιμότητα νερού στο φυτό. Η έλλειψη νερού συνδέεται με:

- α) χαμηλή περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό, με αποτέλεσμα την περιορισμένη παρουσία νερού στις ρίζες των φυτών,
- β) αυξημένη εξάτμιση του νερού, εξαιτίας της χαμηλής ατμοσφαιρικής υγρασίας, των υψηλών θερμοκρασιών, της υψηλής έντασης του ηλιακού φωτός και της μεγάλης ταχύτητας ανέμων,
- γ) υψηλή θερμοκρασία, η οποία προκαλεί αυξημένη αναπνοή και βλάβες στα μεταβολικά μονοπάτια και τις κυτταρικές δομές,
- δ) υψηλή ηλιακή ακτινοβολία, η οποία οδηγεί σε φωτοπαρεμπόδιση, φωτοοξειδωση και τελικά στο θάνατο των φύλλων,
- ε) σκληρότητα του εδάφους, η οποία αυξάνει όσο το έδαφος ξηραίνεται, δυσχεραίνοντας την αύξηση των ριζών και προκαλώντας τη μειωμένη αύξηση του φυτού,
- στ) έλλειψη θρεπτικών στοιχείων λόγω μειωμένης διαθεσιμότητας, ιδιαίτερα στα ανώτερα στρώματα του εδάφους, όπου τα θρεπτικά στοιχεία βρίσκονται σε μεγαλύτερες ποσότητες,
- ζ) αυξημένη συγκέντρωση αλάτων στο περιβάλλον των ριζών των φυτών, που οδηγεί σε ωσμωτική και οξειδωτική καταπόνηση.

Οι επιπτώσεις της υδατικής καταπόνησης επηρεάζουν την καλλιέργεια σε βαθμό ανάλογο με την ένταση και τη διάρκεια της καταπόνησης. Παράλληλα, οι επιπτώσεις διαμορφώνονται σε συνάρτηση με τα χαρακτηριστικά του φυτικού οργανισμού, τα οποία αφορούν κυρίως στην ικανότητα άντλησης νερού από το έδαφος, στην αποδοτικότητα της χρήσης νερού (όσο μικρότερη είναι η ποσότητα του νερού που χρειάζεται το φυτό, τόσο μεγαλύτερη είναι η αποδοτικότητα της χρήσης νερού) και στην ικανότητα εγκλιματισμού του. Οι κυριότερες επιπτώσεις της έλλειψης νερού αφορούν σε μειωμένη παραγωγή και υποβαθμισμένη ποιότητα των προϊόντων (Σταυριανάκης, 2016).

Η καταπόνηση ξηρασίας, που μπορεί να δημιουργηθεί κατά τη διάρκεια ανάπτυξης των σπόρων, μπορεί να προκαλέσει αλλαγές στη μορφολογία της επίστρωσης του σπόρου με αποτέλεσμα η ποιότητα των σπόρων να υποβαθμιστεί και να μειωθεί ο ρυθμός βλάστησής τους (Dornbos and Mullen, 1991, Egli et al., 2005, Smith et al., 2008). Η αυξημένη υδατική καταπόνηση μπορεί να εμποδίσει το γρήγορο και άμεσο φύτευμα. Παράλληλα, η ανεπάρκεια εδαφικής υγρασίας προκαλεί μείωση του ρυθμού αύξησης αλλά και καθιστά το φυτό ευαίσθητο σε προσβολές από ασθένειες και έντομα. Αν η έλλειψη νερού συντελεστεί στα αρχικά στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας, σημειώνεται καθυστέρηση της ωρίμανσης και μείωση της απόδοσης. Αν η έλλειψη υγρασίας λάβει χώρα σε μεταγενέστερα αναπτυξιακά στάδια, συχνά παρατηρείται μείωση της ποιότητας του σπόρου, ακόμα κι αν οι συνολικές αποδόσεις δεν επηρεαστούν δραστικά. Η υδατική καταπόνηση έχει σοβαρότερες αρνητικές επιδράσεις κατά τη διάρκεια της περιόδου καρποφορίας συγκριτικά με τη διάρκεια της περιόδου βλάστησης.

Όσον αφορά την επίδραση της υδατικής καταπόνησης επάνω στη φυλλική επιφάνεια, το μέγεθος των κυττάρων των φύλλων μειώνεται και αυτό σχετίζεται με την απώλεια της σπαργής που οδηγεί σε ελάττωση του ρυθμού αύξησης των κυττάρων. Η απώλεια σπαργής επηρεάζει ταυτόχρονα και το ρυθμό ανάπτυξης του φυτού, την επιμήκυνση του βλαστού, της φυλλικής επιφάνειας και του ανοίγματος των στοματίων, προκαλώντας τη μείωσή τους. Εφόσον μειώνεται η φυλλική επιφάνεια, αυτό οδηγεί και στην περιορισμένη παραγωγή προϊόντων της φωτοσύνθεσης, αφού μειώνεται ταυτόχρονα και η φωτοσυνθετική δραστηριότητα και η φωτοσυνθετική επιφάνεια. Το φύλλωμα δεν εκμεταλλεύεται πλήρως την ηλιακή ακτινοβολία με αποτέλεσμα τη

μείωση του ρυθμού ανάπτυξης της σόγιας, ιδίως όταν το φυτό βρίσκεται στα νεαρά στάδια του βιολογικού του κύκλου. Έρευνες έδειξαν ότι σε φυτά σόγιας που το υδατικό δυναμικό μειώθηκε στα 4 Bar, η μεγέθυνση του φύλλου μειώθηκε κατά 25 % σε σύγκριση με φυτά σόγιας που αρδεύονταν (Boyer, 1968, 1970). Επίσης, η καταπόνηση αυτού του είδους οδηγεί σε ταχύτερο ρυθμό γήρανσης των φύλλων.

Επιπλέον, τονίζεται ότι η έλλειψη νερού επιδρά στην αύξηση των ιστών, στον εξοπλισμό των αγγείων με φωτοσυνθετικά προϊόντα, στη δημιουργία των καρπών και στην παραγωγή σπόρου. Βέβαια εκτός από την έλλειψη νερού, αρνητικά αποτελέσματα μπορεί να προκαλέσει και η έντονη διακύμανση της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας (Σταυριανάκης, 2016).

1.7.2. Επιπτώσεις της αλατότητας στη σόγια

Ένα έδαφος χαρακτηρίζεται ως αλατούχο, όταν η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εκχυλίσματος κορεσμού του εδάφους (ECe) είναι μεγαλύτερη από 4 dS/m. Η καταπόνηση των φυτών σχετίζεται:

- α) με τη μειωμένη διαθεσιμότητα νερού στο φυτό, καθώς υπάρχει υψηλή συγκέντρωση αλάτων,
- β) με φαινόμενα τοξικότητας λόγω αυξημένης συγκέντρωσης ιόντων στο εδαφικό διάλυμα,
- γ) με τη μείωση της δραστηριότητας των φωτοσυστημάτων στα κύτταρα των φύλλων.

Τα άλατα του ασβεστίου και του νατρίου αποτελούν τα συνηθέστερα άλατα που υποβαθμίζουν τη δομή και τη σύσταση των εδαφών. Όταν το ασβέστιο και το νάτριο ενωθούν με το χλώριο δημιουργούνται ενώσεις (CaCl_2 και NaCl) που ευθύνονται για την καταπόνηση των φυτών. Στα ασβεστούχα εδάφη, παρατηρείται μείωση της διαθεσιμότητας ιχνοστοιχείων, κυρίως του Fe^{2+} στα φυτά, καθώς η υψηλή συγκέντρωση αδιάλυτου ανθρακικού ασβεστίου (CaCO_3) στο έδαφος και ιόντων HCO_3^- στο εδαφικό διάλυμα επηρεάζει τα ιχνοστοιχεία. Έτσι, συμπεραίνεται ότι η

υψηλή συγκέντρωση του Ca^{2+} προκαλεί την καταπόνηση στη σόγια, με μεταβολή του pH και τροφοπενίες στοιχείων, και όχι απλώς η παρουσία του ιόντος Ca^{2+} . Σχετικά με τα εδάφη που παρουσιάζουν υψηλές συγκεντρώσεις χλωριούχου νατρίου (NaCl), δημιουργείται ωσμωτική καταπόνηση στο φυτό, λόγω έλλειψης νερού, αλλά και τροφοπενίες θρεπτικών στοιχείων, εξαιτίας του ανταγωνισμού που υπάρχει στην απορρόφηση μεταξύ των διαφόρων στοιχείων και του NaCl .

Οι επιπτώσεις της υψηλής συγκέντρωσης αλάτων στο φυτό σχετίζονται με τη μείωση του ρυθμού ανάπτυξης. Η καταπόνηση εκδηλώνεται με εμφανή συμπτώματα το μικρότερο μέγεθος των φύλλων, το μικρότερο αριθμό φύλλων, τη μικρότερη ανάπτυξή τους αλλά και το μικρότερο μήκος και βάρος του ριζικού συστήματος. Βέβαια, υπάρχουν και μεταβολές οι οποίες, αν και συμβαίνουν, δεν είναι μακροσκοπικά ορατές. Αυτές περιλαμβάνουν αλλαγές στο μεταβολισμό, στη φωτοσυνθετική δραστηριότητα, στην αναπνοή, στο μεταβολισμό των πρωτεϊνών και των νουκλεϊκών οξέων, στη λειτουργία ενζύμων και αποδιοργάνωση στο σχηματισμό μεταβολιτών που δρουν τοξικά στα φυτά.

Πέρα από τις άμεσες επιδράσεις στα φυτά, η υψηλή αλατότητα επηρεάζει και τη δομή του εδάφους, με αποτέλεσμα η αποστράγγιση και ο αερισμός να πραγματοποιείται με δυσκολία. Η ωσμωτική καταπόνηση στα φυτά συμβαίνει καθώς ελαττώνεται το υδατικό δυναμικό του εδάφους. Επίσης, τα φυτά κινδυνεύουν από τοξικότητα, επειδή αναστέλλεται η λειτουργία των πρωτεϊνικών μεταφορέων και η εκλεκτικότητα των πλασματικών μεμβρανών, αφού η συγκέντρωση των ιόντων νατρίου και χλωρίου βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα. Η αυξημένη συγκέντρωση τους κλονίζει και την κατανομή των ιόντων μεταξύ αποπλαστικού χώρου, κυτταροπλάσματος και χυμοτοπίου και την ηλεκτροχημική πολικότητα των πλασματικών μεμβρανών (Πετρόπουλος, 2013).

1.7.3 Απόκριση του φυτού στις αβιοτικές καταπονήσεις

Οι αβιοτικές καταπονήσεις αποτελούν παράγοντες στους οποίους κάθε φυτό αντιδρά διαφορετικά. Όταν το φυτό κατορθώνει να επιβιώσει έναντι των καταπονήσεων, η συγκεκριμένη περιοχή επίδρασης του παράγοντα ονομάζεται εύρος ανοχής. Στην περίπτωση που η περιοχή επίδρασης του παράγοντα είναι εκτός αυτής της περιοχής,

το φυτό αντιμετωπίζει δυσκολίες ως προς την επιβίωσή του και όταν η περιοχή επίδρασης βρίσκεται σε ζώνες μη ανοχής, το φυτό δεν κατορθώνει να επιβιώσει (Λαζαρίδη, 2012). Υπάρχουν τέσσερα στάδια απόκρισης του φυτού στις καταπονήσεις :

1. στάδιο συναγερμού: η απόκλιση του μεταβολισμού από τη σωστή πορεία του προκαλεί οξεία βλάβη στο φυτό
2. στάδιο αντοχής: ικανότητα εγκλιματισμού, προσαρμογής, επιδιόρθωσης των βλαβών που προκαλούνται από τις καταπονήσεις
3. στάδιο εξάντλησης: δημιουργία χρόνιας βλάβης και νέκρωσης των κυττάρων λόγω μείωσης των ικανοτήτων του φυτού να υπερνικήσει την έντονη παρουσία καταπόνησης
4. στάδιο ανάνηψης/αναγέννησης: διακοπή της παρεμπόδισης της κανονικής λειτουργίας των φυσιολογικών μηχανισμών του φυτού, με την προϋπόθεση επίτευξης της αποκατάστασης των βλαβών που έχουν προκληθεί.

(Πετρόπουλος., 2013).

1.7.4 Μηχανισμούς ανθεκτικότητας των φυτών έναντι στις αβιοτικές καταπονήσεις

Όντας μια από τις σημαντικότερες καλλιέργειες παγκοσμίως, η σόγια ως φυτό πρέπει να έχει την ικανότητα να αντιμετωπίσει τις προκλήσεις που δημιουργούν οι περιβαλλοντικοί παράγοντες καταπόνησης. Για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών πιέσεων, οι καλλιέργειες έχουν αναπτύξει εξελιγμένους μηχανισμούς προσαρμοστικής ανταπόκρισης (Yamaguchi-Shinozaki and Shinozaki, 2006). Επομένως, οι πολύπλοκοι μηχανισμοί ανθεκτικότητας της σόγιας βοηθούν στις βιολογικές διεργασίες που εμπλέκονται σε περιβαλλοντικά ερεθίσματα, οι οποίοι αποδεικνύονται χρήσιμοι για τη μείωση των απωλειών στην καλλιέργεια (Li et al., 2011).

1.7.4.1 Μηχανισμοί ανθεκτικότητας των φυτών έναντι στην ξηρασία

Τα φυτά μπορούν να αντιμετωπίσουν την ξηρασία προκειμένου να αποφύγουν τις δυσμενείς επιδράσεις της, με τους εξής τρεις μηχανισμούς:

1. Αποφυγή υδατικής καταπόνησης
2. Διαφυγή υδατικής καταπόνησης
3. Αντοχή στην υδατική καταπόνηση

Όσον αφορά τον πρώτο μηχανισμό, τα φυτά που μπορούν να αποφύγουν την ξηρασία είναι εκείνα που έχουν ταχεία και χωρίς ακριβή όρια της ανάπτυξής τους. Αυτά τα φυτά δεν υποφέρουν από τα αρνητικά αποτελέσματα που επιφέρει η υδατοκαταπόνηση, εξαιτίας της έλλειψης νερού στο έδαφος ή το φυτό, καθώς προλαβαίνουν να ολοκληρώσουν το βιολογικό τους κύκλο πριν εμφανιστεί η καταπόνηση. Οι πρώιμες ποικιλίες χαρακτηρίζονται από την προαναφερθείσα ικανότητα αποφυγής. Ακόμη και όταν παρουσιαστεί όμως η υδατική καταπόνηση, το υδατικό δυναμικό εξακολουθεί να βρίσκεται σε αρκετά υψηλά επίπεδα, επιτυγχάνοντας με αυτόν τον τρόπο τη μέγιστη απορρόφηση διοξειδίου του άνθρακα με ελάχιστες απώλειες νερού, εφόσον τα φυτά έχουν αυτήν την ικανότητα. Όταν τα φυτά λειτουργούν με αυτή τη μέθοδο μπορούν να αποφύγουν την ξηρασία με τους παρακάτω δύο τρόπους:

- I. Αποφυγή με οικονομία νερού. Δηλαδή τα φυτά διατηρούν μικρά αποθέματα νερού, περιορίζοντας τις απώλειες νερού που προέρχονται από τη διαπνοή τους. Το υδατικό δυναμικό των κυττάρων τους παραμένει σε υψηλά επίπεδα. Υπάρχουν ορισμένες διεργασίες που επιτελούν τα φυτά ώστε να επιτύχουν την οικονομία νερού. Σε αυτές περιλαμβάνεται το κλείσιμο των στοματίων κατά την περίοδο ξηρασίας, η αποφυγή των απωλειών διαπνοής, η αντίσταση στην υπερθέρμανση του ελάσματος, η αποθήκευση νερού σε κατάλληλους ιστούς, άμυνα που αποτελεί χαρακτηριστικό των παχύφυτων, ο μειωμένος αριθμός στοματίων ανά μονάδα φυλλικής επιφάνειας, το άνοιγμα στοματίων κατά τη διάρκεια της νύχτας, ο περιορισμός των επιφανειών των οργάνων που επικοινωνούν με την ατμόσφαιρα και η ενίσχυση της φωτοσύνθεσης με την παρουσία βλαστών.
- II. Αποφυγή με κατανάλωση νερού. Σε αυτή τη στρατηγική, στόχο αποτελεί η εύρεση και πρόσληψη του νερού από το περιβάλλον και όχι η διατήρηση του νερού μέσα στο φυτό. Για να επιτευχθεί η πρόσληψη νερού, αξιοποιούνται τα εξής χαρακτηριστικά: αύξηση του λόγου υπόγειου/ υπέργειου τμήματος έτσι

ώστε η ρίζα να μπορεί να επεκταθεί σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο βάθος, διατήρηση χαμηλού υδατικού δυναμικού στη ρίζα, αύξηση της αγωγιμότητας στη μεταφορά νερού με έντονη παρουσία και διακλάδωση νεύρων και εμφάνιση πολλών αγγείων ξύλου και ικανότητα απορρόφησης νερού από φύλλα και βλαστούς.

Αναφορικά με το δεύτερο μηχανισμό, ανήκουν φυτά που έχουν ετήσιο βιολογικό κύκλο και δραστηριοποιούνται σε φυσιολογικές συνθήκες, χωρίς καταπόνηση, καθώς εμποδίζουν την εμφάνιση και τη δράση της. Κατά τη χειμερινή περίοδο, τα φυτά αυτά εισέρχονται σε λήθαργο καθώς το υπέργειο τμήμα τους νεκρώνεται.

Τέλος, τα φυτά που ανταπεξέρχονται στην υδατική καταπόνηση μέσω μηχανισμών αντοχής, υπόκεινται σε ελάχιστες μεταβολές όταν υποστούν υδατική καταπόνηση. Η ανθεκτικότητά τους προέρχεται από κάποια χαρακτηριστικά, όπως είναι η ωσμωρύθμιση, η οποία συνεπάγεται ότι σε κατάσταση ξηρασίας το ωσμωτικό δυναμικό των ιστών ελαττώνεται. Το δεύτερο χαρακτηριστικό αναφέρεται σε οργανισμούς, οι οποίοι παρόλο που η συγκέντρωση του νερού μπορεί να περιοριστεί στο μέγιστο, έχουν την ικανότητα να επιβιώνουν τα κύτταρά τους για μεγάλο χρονικό διάστημα και όταν η συγκέντρωση επανέλθει σε φυσιολογικά επίπεδα η μεταβολική δραστηριότητα επανέρχεται σε κανονικά επίπεδα σε σύντομο χρονικό διάστημα από την έναρξη της καταπόνησης. Στους μηχανισμούς αντοχής συμπεριλαμβάνονται τρεις κύριες κατηγορίες:

- I. Εγγενείς μηχανισμοί: αφορούν γενετικώς καθορισμένα χαρακτηριστικά
- II. Μηχανισμοί προσαρμογής: σχετίζονται με αλλαγές σε βιοχημικά κυρίως χαρακτηριστικά
- III. Μηχανισμοί εγκλιματισμού: το φυτό αυξάνει τον αναβολισμό του και μειώνει τη δράση των τοξικών προϊόντων

(file:///C:/Users/lenovo/Downloads/STEG_THEKA_00439_Medium.pdf και http://gaia.aua.gr/xmlui/bitstream/handle/10329/6405/Stavrianakis_G.pdf?sequence=3)

1.7.4.2 Μηχανισμοί ανθεκτικότητας των φυτών έναντι στην καταπόνηση της αλατότητας

Τα φυτά έχουν την ικανότητα να αντιμετωπίζουν την αλατότητα χρησιμοποιώντας δύο κύριες στρατηγικές άμυνας:

1. Στρατηγική της αποφυγής
2. Στρατηγική της ανθεκτικότητας

Κατά την στρατηγική της αποφυγής, η είσοδος των ιόντων στα ευαίσθητα κύτταρα εμποδίζεται από τα φυτά. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω τριών διαφορετικών οδών:

- I. Ρύθμιση της αλατότητας με ενεργό αποκλεισμό
- II. Ρύθμιση της αλατότητας με απομάκρυνση από εξειδικευμένα κύτταρα
- III. Ρύθμιση της αλατότητας με ρύθμιση κατανομής

I. Κατά τη ρύθμιση με ενεργό αποκλεισμό, τα φυτά όταν χρησιμοποιούν περιορίζουν τα άλατα στο εξωτερικό περιβάλλον των ριζών, χωρίς να τα απορροφούν.

II. Κατά τη στρατηγική ρύθμισης της αλατότητας με απομάκρυνση από εξειδικευμένα κύτταρα, παρόλο που τα άλατα εισέρχονται στο εσωτερικό τους, απομακρύνονται από εξειδικευμένους αλατώδεις αδένες που βρίσκονται στα φύλλα.

III. Μέσω της ρύθμισης κατανομής, τα ιόντα νατρίου (Na^+) υφίστανται ανακατανομή μεταξύ υπόγειου και υπέργειου τμήματος, εξασφαλίζοντας τον έλεγχο της κυκλοφορίας των ιόντων στο φυτό.

Σχετικά με τη δεύτερη στρατηγική τα φυτά που την αξιοποιούν έχουν την ικανότητα, χάρη στο μεταβολισμό τους, να μη διαταράσσονται παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων ιόντων. Μέσα στο χυμοτόπιο η συγκέντρωση ιόντων βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα, σε αντίθεση με το κυτταρόπλασμα που βρίσκεται σε κανονικά επίπεδα. Βάσει αυτού, προκειμένου να μην αφυδατωθεί το χυμοτόπιο, πραγματοποιείται μια οσμωτική εξισορρόπηση μεταξύ του δυναμικού του νερού του κυτταροπλάσματος και του χυμοτοπίου (https://www.aua.gr/plantstress/karabourniotis_edu_files/Part2-2011.pdf).

1.8 Σκοπός μελέτης

Πληθώρα μελετών έχει στο παρελθόν αναδείξει τη δυνατότητα πρώιμων επιλογών κατά τη φάση της βλάστησης ως αξιόπιστο κριτήριο για την επιλογή επιθυμητών ανθεκτικών γονοτύπων έναντι αβιοτικών καταπονήσεων. Στο πλαίσιο αυτό, στόχο της παρούσας πτυχιακής εργασίας αποτέλεσε η αξιολόγηση της ανθεκτικότητας γονοτύπων σόγιας, υπό συνθήκες καταπόνησης, σε πρώιμα αναπτυξιακά στάδια και η επιλογή ανθεκτικών γονοτύπων. Η απόκριση των ποικιλιών μελετήθηκε υπό συνθήκες καταπόνησης ξηρασίας και υψηλής αλατότητας και η αξιολόγηση βασίστηκε στο δυναμικό βλάστησης των σπόρων και ανάπτυξης των σποροφύτων. Ειδικότερα, η απόκριση των ποικιλιών μελετήθηκε συναρτήσει συγκεκριμένων παραμέτρων που έχουν στο παρελθόν αναδειχθεί ως αξιόπιστα κριτήρια για την αξιολόγηση της ανθεκτικότητας στη φάση της βλάστησης. Πιο συγκεκριμένα, παραμέτρους αξιολόγησης αποτέλεσαν το ποσοστό βλάστησης των σπόρων, το ποσοστό απορρόφησης νερού των σπόρων, το μήκος ρίζας και βλαστού των σποροφύτων, το ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας των σποροφύτων, ο δείκτης ευρωστίας των σποροφύτων και ο αριθμός σποροφύτων με μη φυσιολογικό φαινότυπο. Τα ευρήματα της μελέτης αναμένεται να παρέχουν ενδείξεις αναφορικά με την ανθεκτικότητα/ευαισθησία των υπό μελέτη ποικιλιών έναντι της καταπόνησης ξηρασίας και υψηλής αλατότητας. Παράλληλα, τα αποτελέσματα αναμένεται να προσφέρουν πρόσθετες πληροφορίες σχετικά με τη δυνατότητα διάκρισης της ανθεκτικότητας και διενέργειας πρώιμης επιλογής των επιθυμητών ανθεκτικών γονοτύπων στα στάδια αυτά.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Ποικιλίες σόγιας

Στην παρούσα μελέτη, χρησιμοποιήθηκαν εννέα ποικιλίες σόγιας και μελετήθηκε η προσαρμοστικότητά τους, υπό την επίδραση αβιοτικών καταπονήσεων και συγκεκριμένα καταπόνησης ξηρασίας και υψηλής αλατότητας. Οι εννέα ποικιλίες που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται παρακάτω:

A/A	Ποικιλία	Καθαρό βάρος σπόρου
1	PR92B63	0,141
2	PR92M35	0,18
3	PR92M22	0,182
4	PR91M10	0,178
5	ZORA	0,157
6	NEOPLANTA	0,172
7	P21T45	0,159
8	CELINA	0,207
9	ADONAI	0,224

PR92B63:

Η ποικιλία αυτή επικρατεί στην Ελλάδα και στην Ιταλία και χαρακτηρίζεται από την υψηλότερη απόδοση σε παραγωγή από οποιαδήποτε άλλη ποικιλία που χρησιμοποιείται μέχρι τώρα στην Ελλάδα. Η υψηλή απόδοση της προκύπτει χάρη στο βιολογικό της κύκλο και τη μεγάλη ικανότητα προσαρμογής της σε διάφορες συνθήκες.

Τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά της ποικιλίας PR92B63 είναι:

- Πολύ καλή προσαρμογή όταν η απόσταση μεταξύ των σειρών σποράς είναι 75 cm
- Πλούσια βλάστηση και διακλάδωση
- Καλή αντοχή στο πλάγιασμα
- Μεγάλη αντοχή σε πρόκληση καταπόνησης και σε δύσκολα εδάφη.

- Προσαρμόζεται με ικανοποιητικό αποτέλεσμα σε πυκνές φυτείες και σε βαριά ή συμπαγή εδάφη.
- Βιολογικός κύκλος 1+

(<http://52.178.219.105/sites/default/files/2017-07/%CF%83%CF%8C%CE%B3%CE%B9%CE%B1.pdf>)

PR92M35:

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά της ποικιλίας PR92M35 είναι τα ακόλουθα:

- Νέα ποικιλία με υψηλές αποδόσεις και ταυτόχρονα ανθεκτικότητα σε ασθένειες, με κυριότερο εκπρόσωπο τον περονόσπορο.
- Άριστη φυτρωτική ικανότητα
- Σχηματισμός ισχυρού στελέχους μέσου ύψους με έντονη τάση διακλαδώσεων
- Ανθεκτική στο πλάγιασμα
- Προτιμά μέσης και υψηλής γονιμότητας εδάφη
- Όψιμη σπορά οδηγεί σε καλύτερα αποτελέσματα
- Κατάλληλη για αποστάσεις σποράς 50 και 75 cm
- Βιολογικός κύκλος 1

(<http://52.178.219.105/sites/default/files/2017-07/%CF%83%CF%8C%CE%B3%CE%B9%CE%B1.pdf>)

PR92M22:

Τα γνωρίσματα που χαρακτηρίζουν την συγκεκριμένη ποικιλία είναι τα εξής:

- Γρήγορος ρυθμός ανάπτυξης
- Προσαρμοστικότητα ικανοποιητική ακόμη και σε στενές αποστάσεις μεταξύ των γραμμών.

- Ανθεκτική στο πλάγιασμα.
- Υψηλή αντοχή σε μυκητολογικές ασθένειες.
- Μέσου ύψους φυτό με τάση διακλαδώσεων.
- Πρέπει να γίνεται όψιμη σπορά ή πρόιμη συγκομιδή
- Σταθερή απόδοση
- Βιολογικός κύκλος 1

(<http://52.178.219.105/sites/default/files/2017-07/%CF%83%CF%8C%CE%B3%CE%B9%CE%B1.pdf>)

PR91M10:

Η ποικιλία αυτή χαρακτηρίζεται από προίμιση στην παραγωγή, υψηλή απόδοση και άριστη ποιότητα.

- Κατάλληλη για βιολογική καλλιέργεια.
- Ευνοείται με την ύπαρξη μεγάλης πυκνότητας φυτών και μικρών αποστάσεων μεταξύ των γραμμών σποράς.
- Εμφανίζει αποφύλλωση με γρήγορο ρυθμό κατά την ωρίμανση.
- Ο αλωνισμός πρέπει να πραγματοποιείται την κατάλληλη στιγμή, όταν υπάρχει ελάχιστη υγρασία.
- Ιδανική για βιομηχανική χρήση και προϊόντα για ανθρώπινη κατανάλωση.
- Βιολογικός Κύκλος 0+

(<http://52.178.219.105/sites/default/files/2017-07/%CF%83%CF%8C%CE%B3%CE%B9%CE%B1.pdf>)

ZORA:

Σημαντικά χαρακτηριστικά αυτής της ποικιλίας ZORA είναι :

- Χρησιμοποιείται για πρόωμη σπορά
- Συνήθως το φυτό φτάνει σε ύψος 95 cm
- Έχει κίτρινο σπόρο και γκρι άνθος
- Υψηλές αποδόσεις που ξεπερνούν τα 450 κιλά/στρ
- Μπορεί να καλλιεργηθεί και σαν επίσπορη καλλιέργεια μετά από χειμερινά σιτηρά
- Δεν επηρεάζεται στην απόδοση από τους διάφορους τύπους εδαφών
- Βιολογικός της κύκλος 0

([http://agrovetkritis.gr/index.php
id_product=1385&id_product_attribute=0&rewrite=zora&controller=product](http://agrovetkritis.gr/index.php?id_product=1385&id_product_attribute=0&rewrite=zora&controller=product))

NEOPLANTA:

Το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό της συγκεκριμένης ποικιλίας αποτελεί ότι οι σπόροι της περιέχουν μεγάλο ποσοστό πρωτεΐνης. Άλλα χαρακτηριστικά είναι :

- Παρουσιάζει μεσαία ωρίμανση
- Πολύ υψηλή γενετική απόδοση, που ξεπερνά τους 5 τόνους / εκτάριο
- Μεγάλη αντοχή στα κύρια παράσιτα των φύλλων (παράγοντες μούχλας και βακτηριακή κηλίδωση)
- Εμφανίζει πολύ καλή αντίσταση στο πλάγιασμα
- Ο βιολογικός της κύκλος είναι 1

(<http://www.mihail-fas.gr/en/seeds/soybean/item/291-neoplanta>)

P21T45

Αποτελεί ποικιλία νέας γενιάς που δημιουργήθηκε με τη χρήση διαδικασιών γενετικής βελτίωσης.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά της είναι:

- Προσφέρει μέγιστο δυναμικό παραγωγής
- Σταθερές αποδόσεις
- Παρουσιάζει ζωνρή και έντονη πρώτη ανάπτυξη.
- Μέσου ύψους φυτό.
- Άριστη αντοχή στο πλάγιασμα.
- Ανθεκτικό σε αρκετές μυκητολογικές ασθένειες.
- Γρήγορη ωρίμανση και φυσική αποφύλλωση.
- Ευπροσάρμοστη σε διάφορους τύπους εδαφών, χωρίς σημαντικές επιπτώσεις στην αποδοτικότητά της.
- Μη ύπαρξη αρνητικής επίδρασης σ' αυτή, από τις διάφορες τεχνικές σποράς που εφαρμόζονται και από τις στενές αποστάσεις μεταξύ των γραμμών
- Βιολογικός κύκλος 1

(<http://52.178.219.105/sites/default/files/2017-07/%CF%83%CF%8C%CE%B3%CE%B9%CE%B1.pdf>)

CELINA:

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά της ποικιλίας CELINA είναι:

- Το ύψος της κυμαίνεται μεταξύ 180 με 190 cm
- Αντοχή στο πλάγιασμα
- Ανθεκτικότητα σε αρκετές ασθένειες
- Δεν επηρεάζεται ιδιαίτερα όταν η εδαφική υγρασία είναι ελάχιστη
- Ποικιλία που κατέχει μεγάλο ποσοστό πρωτεΐνης

ADONAI:

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά της ποικιλίας ADONAI είναι τα ακόλουθα:

- Παρουσιάζει μέση ή όψιμη ωρίμανση
- Πολύ υψηλή παραγωγή
- Μέσου έως μεγάλου ύψους φυτό
- Ο σπόρος αποτελείται από υψηλά επίπεδα πρωτεΐνης αλλά από μικρότερο ποσοστό λιπαρών οξέων
- Ο βιολογικός κύκλος είναι 1

2.2 Καταπονήσεις σε εργαστηριακό επίπεδο - Πειραματικό σχέδιο

Σε εργαστηριακό επίπεδο, για να επιτευχθεί η υδατική καταπόνηση χρησιμοποιείται η πολυαιθυλενογλυκόλη (PEG), μακρομόριο το οποίο μειώνει το υδατικό δυναμικό, περιορίζοντας τη διαθεσιμότητα του νερού για τη βλάστηση των σπόρων. Για να επιτευχθεί αλατότητα χρησιμοποιείται το χλωριούχο νάτριο (NaCl), το οποίο προκαλεί ωσμωτική καταπόνηση.

Η PEG δε διαπερνά τις μεμβράνες του φυτού και δε συγκεντρώνεται στους ιστούς του, σε αντίθεση με το διάλυμα NaCl (Μπόκας, 2016) . Σύμφωνα με μελέτη διαπιστώθηκε, ότι τα ποσοστά βλάστησης των σπόρων επηρεάστηκαν σε μεγαλύτερο βαθμό όταν έγινε προσθήκη του διαλύματος PEG, σε σύγκριση με τα ποσοστά βλάστησης όταν χρησιμοποιήθηκε το διάλυμα NaCl, λόγω του ότι ήταν μικρότερη η απορρόφηση νερού από τους σπόρους που βρίσκονταν στο διάλυμα με την PEG σε σχέση με τους σπόρους στο διάλυμα με το NaCl (Alam et al., 2003). Το συμπέρασμα από αυτές τις μελέτες ήταν ότι οι σπόροι που βλάστησαν μπορούν να αντιμετωπίσουν την καταπόνηση της αλατότητας, ανακάμπτοντας και να επανέλθουν σε φυσιολογικές συνθήκες, ενώ αδυνατούν να ξεπεράσουν την υδατική καταπόνηση (Almansouri et al. 2001).

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε απολύμανση των σπόρων της κάθε ποικιλίας μέσα σε αποστειρωμένα βάζα με διάλυμα χλωρίνης 15 % για περίπου δέκα λεπτά και έπειτα πραγματοποιήθηκαν τρεις πλύσεις των σπόρων με αποστειρωμένο νερό. Στη

συνέχεια, οι σπόροι απλώθηκαν σε αποστειρωμένο διηθητικό χαρτί για να υποστούν ξήρανση στην τράπεζα νηματικής ροής, όπου αφέθηκαν για περίπου μία ώρα.

Με σκοπό την αξιολόγηση των ποικιλιών σόγιας ως προς την απόκρισή τους στην ξηρασία και στην αλατότητα, οι απολυμασμένοι σπόροι τοποθετήθηκαν με τη βοήθεια αποστειρωμένης λαβίδας μέσα σε διάφανα πλαστικά κουτιά μαζί με τις διαφορετικές συγκεντρώσεις των διαλυμάτων PEG-6000 και NaCl, αντίστοιχα.

Το πειραματικό σχέδιο που χρησιμοποιήθηκε ήταν αυτό των πλήρων τυχαιοποιημένων ομάδων με 4 επαναλήψεις των 50 σπόρων. Κάθε μεταχείριση αποτελούνταν από 4 σειρές των οποίων οι 2 μεσαίες χρησιμοποιήθηκαν για τις μετρήσεις.

2.2.1 Υδατική καταπόνηση

Οι διαφορετικές συγκεντρώσεις PEG για την επίτευξη υδατικής καταπόνησης ήταν 0, 5, 10 και 20 %. Λόγω εξάτμισης ανά τακτά χρονικά διαστήματα πραγματοποιούνταν προσθήκη απιονισμένου νερού, έτσι ώστε τα επίπεδα καταπόνησης να παραμένουν σταθερά. Τα φυτά αναπτύχθηκαν σε θάλαμο ελεγχόμενων συνθηκών (25 °C, φωτοπερίοδος 16 h/ 8 h σκοτάδι) για 18 ημέρες.

2.2.2 Καταπόνηση αλατότητας

Οι διαφορετικές συγκεντρώσεις NaCl για την καταπόνηση αλατότητας ήταν 0, 50, 100 και 200 mM. Λόγω εξάτμισης ανά τακτά χρονικά διαστήματα πραγματοποιούνταν προσθήκη απιονισμένου νερού, έτσι ώστε τα επίπεδα καταπόνησης να παραμένουν σταθερά. Τα φυτά αναπτύχθηκαν σε θάλαμο ελεγχόμενων συνθηκών (25 °C, φωτοπερίοδος 16 h/ 8 h σκοτάδι) για 18 ημέρες.

2.3 Μετρήσεις

Η αξιολόγηση της ανθεκτικότητας των υπό μελέτη ποικιλιών σόγιας στην ξηρασία πραγματοποιήθηκε μέσω των ακόλουθων παραμέτρων:

1. Ποσοστό βλάστησης των σπόρων (GP %), (κάθε μέρα για χρονικό διάστημα επτά ημερών)
2. Ποσοστό απορρόφησης νερού των σπόρων (WU %), (πέμπτη, έβδομη και ενδέκατη ημέρα)
3. Ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας των σποροφύτων (WC %), (έβδομη, δωδέκατη και δέκατη πέμπτη ημέρα)
4. Μήκος ριζιδίου των σποροφύτων (τρίτη, πέμπτη, έβδομη, ένατη, δωδέκατη και δέκατη πέμπτη ημέρα)
5. Μήκος βλαστού των σποροφύτων (πέμπτη, έβδομη, ένατη, δωδέκατη και δέκατη πέμπτη ημέρα)
6. Δείκτης ευρωστίας των σποροφύτων (SVI %), (έβδομη και δέκατη πέμπτη ημέρα)
7. Ποσοστό σποροφύτων με μη φυσιολογικό φαινότυπο (πρώτη και δέκατη πέμπτη)

Αντίστοιχα, η αξιολόγηση της ανθεκτικότητας των ποικιλιών υπό συνθήκες καταπόνησης υψηλής αλατότητας βασίστηκε στις ακόλουθες παραμέτρους:

1. Ποσοστό βλάστησης των σπόρων (GP %), (κάθε μέρα για χρονικό διάστημα επτά ημερών)
2. Ποσοστό απορρόφησης νερού των σπόρων (WU %), (πέμπτη, έβδομη και ενδέκατη ημέρα)
3. Ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας των σποροφύτων (WC %), (έβδομη, δωδέκατη και δέκατη πέμπτη ημέρα)
4. Μήκος ριζιδίου των σποροφύτων (τρίτη, πέμπτη, έβδομη, ένατη, δωδέκατη και δέκατη πέμπτη ημέρα)
5. Μήκος βλαστού των σποροφύτων (πέμπτη, έβδομη, ένατη, δωδέκατη και δέκατη πέμπτη ημέρα)
6. Δείκτης ευρωστίας των σποροφύτων (SVI %), (έβδομη και δέκατη πέμπτη ημέρα)

7. Ποσοστό σποροφύτων με μη φυσιολογικό φαινότυπο (πρώτη και δέκατη πέμπτη)

Η έναρξη των μετρήσεων πραγματοποιήθηκε όταν το ελάχιστο μήκος του ριζιδίου του κάθε φυτού ήταν 2 χιλιοστά. Το ποσοστό βλάστησης υπολογίστηκε με βάση τον τύπο $GP = (\text{αριθμός σπόρων που βλάστησαν} / \text{συνολικός αριθμός σπόρων}) \times 100$. Η απορρόφηση νερού εκφράστηκε ως ποσοστό % με βάση την εξίσωση : $WU = [(W_2 - W_1) / W_1] \times 100$, όπου w_1 είναι το αρχικό βάρος των σπόρων και w_2 είναι το βάρος των σπόρων μετά την απορρόφηση νερού. Για την εκτίμηση του δείκτη WU ζυγίστηκαν 20 σπόροι (5 από κάθε επανάληψη) από κάθε ποικιλία. Το ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας των σποροφύτων βρέθηκε χρησιμοποιώντας τον τύπο $WC (\%) = [(\text{νωπό βάρος} - \text{ξηρό βάρος}) / \text{νωπό βάρος}] \times 100$. Η εκτίμηση του ξηρού βάρους πραγματοποιήθηκε μετά την ξήρανση 20 σπόρων (5 από κάθε επανάληψη) για κάθε ποικιλία, σε ξηραντήριο στους 70 °C για 48 ώρες. Η μέτρηση του δείκτη ευρωστίας υπολογίστηκε από τον τύπο $SVI = \text{μήκος βλαστού} \times \text{ποσοστό βλάστησης}$. Ο υπολογισμός του βλαστού και της ρίζας πραγματοποιήθηκε με τη χρήση διαβαθμισμένου χάρακα σε εκατοστά.

2.4 Στατιστική Ανάλυση

Τα δεδομένα αναλύθηκαν ξεχωριστά για κάθε επέμβαση (διαφορετική συγκέντρωση παράγοντα καταπόνησης και γονότυπο, two way-ANOVA). Οι διαφορές μεταξύ των Μ.Ο. συγκρίθηκαν με τη χρήση της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς LSD test ($p \leq 0.05$). Όλες οι στατιστικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση του στατιστικού πακέτου JMP v. 8.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Υδατική καταπόνηση

Τα στοιχεία που λήφθηκαν από τη συγκεκριμένη έρευνα σχετίζονταν με την επίδραση της υδατικής καταπόνησης σε εννέα εμπορικές ποικιλίες σόγιας. Ανάλογα με το επίπεδο της ξηρασίας, ήταν και διαφορετικά τα χαρακτηριστικά των σποροφύτων με εμφανή βέβαια την επίδραση του 20 % PEG, η οποία άσκησε και τη μεγαλύτερη επίδραση στα φυτά.

3.1.1 Ποσοστό βλάστησης των σπόρων

Το πρώτο σημαντικό χαρακτηριστικό των φυτών σόγιας που επηρεάστηκε από το υδατικό στρες ήταν το ποσοστό βλαστικότητας, το οποίο παρουσιάζεται ανά ποικιλία από την τρίτη ημέρα έως την έβδομη (πίνακα 3.1 και γράφημα 3.1). Όπως αναμενόταν, η επίδραση της καταπόνησης διέφερε μεταξύ των ποικιλιών καθώς και μεταξύ των υπό μελέτη μεταχειρίσεων.

Πίνακας 3.1: Ποσοστό βλαστικότητας (GP%) ανά ποικιλία (G) και επίπεδο στρες (συγκέντρωση PEG (C)) από την 3^η έως την 7^η ημέρα της υδατικής καταπόνησης.

Ημέρα	Ποικιλία	Συγκέντρωση PEG (%) (C)				MEAN (G)
		0 % PEG	5% PEG	10 % PEG	20 % PEG	
3						MEAN (G)
	PR92B63	0,00 d	0,00 d	0,00 c	0,00 b	0,00 e
	PR92M35	22,50 b	21,00 c	5,00 c	0,00 b	12,13 bc
	PR92M22	38,50 a	41,50 a	33,50 a	0,00 b	28,38 a
	PR91M10	0,00 d	1,00 d	0,00 c	0,00 b	0,25 e
	Zora	13,50 c	1,50 d	11,50 bc	0,00 b	6,63 cd
	Neoplanta	25,00 b	38,00 ab	32,50 a	2,00 a	24,38 a
	P21T45	1,67 d	1,50 d	5,00 c	0,00 b	2,04 de
	Celina	18,67 b	23,00 c	25,50 ab	0,00 b	16,79 b
	Adonai	51,33 a	30,00 bc	14,00 bc	0,00 b	23,83 a
SED	3.98	3.91	4.91	0.54	SED (G)= 1.80	
Mean (C)	19,01 a	17,5 a	14,11 b	0,22 c	SED (C)= 1.20	
4						MEAN (G)
	PR92B63	2,00 d	0,50 d	0,00 d	0,00 b	0,63 e

PR92M35	24,50	c	37,50	bc	12,50	cd	0,00	b	18,62	c
PR92M22	66,50	a	67,50	a	47,50	a	0,50	b	45,5	a
PR91M10	0,50	d	8,00	d	0,50	d	0,00	b	2,25	de
Zora	24,00	c	29,50	c	22,00	bcd	0,50	b	19	c
Neoplanta	39,00	b	54,50	ab	51,50	a	8,50	a	38,37	ab
P21T45	7,00	d	10,50	d	16,00	cd	0,00	b	8,37	d
Celina	35,50	c	49,00	b	45,50	ab	0,00	b	32,50	b
Adonai	74,50	a	53,50	ab	27,50	abc	0,00	b	38,87	ab
SED	3.61		5.13		7.25		1.73		SED (G)= 2.44	
Mean (C)	30,39	a	34,5	a	24,77	b	1,055	c	SED (C)= 1.63	

5

	MEAN (G)									
PR92B63	3,50	e	2,50	d	0,00	e	0,00	b	1,50	e
PR92M35	35,50	d	47,00	bc	18,00	cde	0,00	b	25,13	c
PR92M22	82,50	a	84,00	a	58,50	ab	2,00	b	56,75	a
PR91M10	4,00	e	13,00	d	3,50	de	0,00	b	5,13	de
Zora	33,00	d	40,50	c	31,50	bcd	3,50	b	27,12	c
Neoplanta	46,50	c	62,00	b	66,00	a	13,50	a	47	b
P21T45	12,50	e	16,50	d	25,00	cde	0,50	b	13,62	d
Celina	49,00	b	58,00	bc	60,50	ab	3,50	b	42,75	b
Adonai	84,50	a	64,50	b	41,00	abc	1,50	b	47,87	ab
SED	3.83		5.54		9.17		2.43		SED (G)= 2.90	
Mean (C)	39	a	43,11	a	33,77	b	2,72	c	SED (C)= 1.94	

6

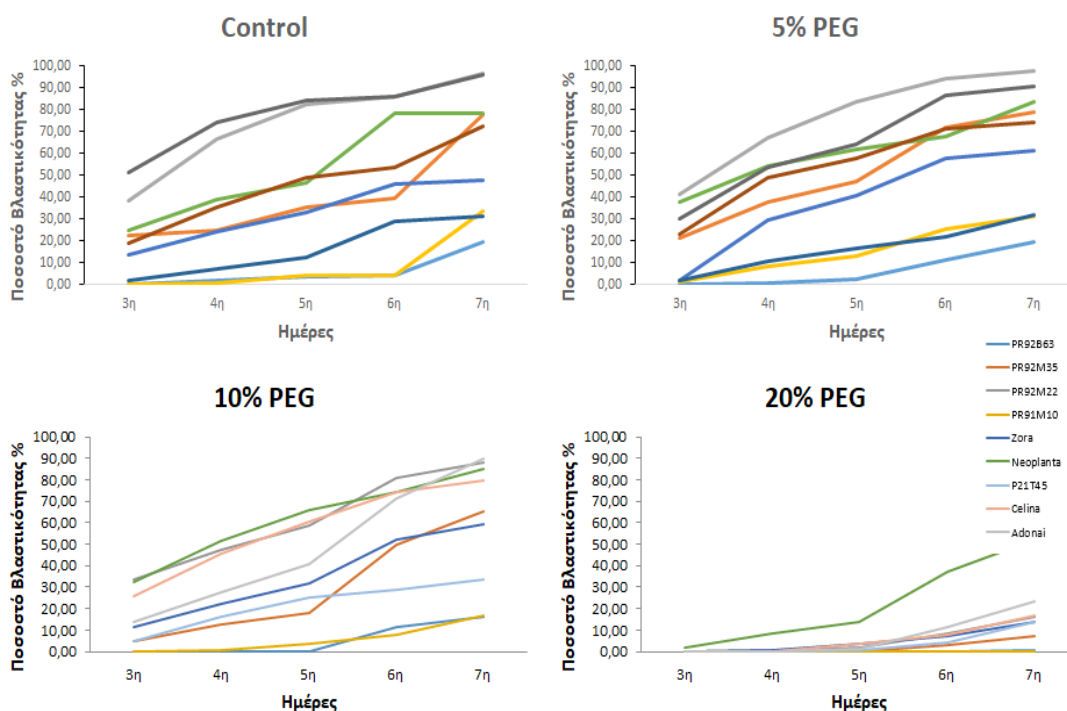
	MEAN (G)									
PR92B63	4,25	d	11,50	d	11,50	d	0,00	b	6,82	e
PR92M35	39,25	c	72,00	bc	50,00	bc	3,00	b	41,06	c
PR92M22	86,25	a	94,50	a	81,00	a	8,50	b	67,56	a
PR91M10	4,17	d	25,50	d	8,00	d	0,00	b	9,42	e
Zora	46,00	c	58,00	c	52,00	bc	7,00	b	40,75	c
Neoplanta	78,50	a	68,00	bc	74,00	ab	37,00	a	64,38	a
P21T45	28,67	c	22,00	d	29,00	cd	4,50	b	21,05	d
Celina	53,67	b	71,50	bc	74,00	ab	8,00	b	51,79	b
Adonai	86,17	a	86,50	ab	71,50	ab	11,50	b	63,92	a
SED	6.51		6.02		7.34		3.62		SED (G)= 3.02	
Mean (C)	47,43	b	56,61	a	50,11	b	8,83	c	SED (C)= 2.01	

7

	MEAN (G)									
PR92B63	19,25	d	19,50	e	16,00	e	0,50	c	13,81	e
PR92M35	78,00	b	79,00	bc	65,50	bc	7,50	c	57,50	b
PR92M22	97,00	a	98,00	a	88,00	a	16,00	c	74,75	a
PR91M10	33,75	d	31,50	e	17,00	e	0,00	c	20,56	de
Zora	48,00	c	61,50	d	59,50	c	13,50	c	45,62	c
Neoplanta	74,00	b	83,50	abc	85,00	a	52,00	a	73,62	a

P21T45	31,50	^c d	32,00	e	33,50	d	13,50	^b c	27,62	d
Celina	72,50	b	74,50	cd	79,50	ab	16,50	c	60,75	b
Adonai	96,00	a	91,00	ab	90,00	a	23,50	b	75,12	a
SED	4.91		4.49		4.19		5.59		SED (G)= 2.41	
Mean (C)	61,11	a	63,39	a	59,33	a	15,89	b	SED (C)= 1.61	

Το ποσοστό βλαστικότητας στην περίπτωση των μαρτύρων ήταν αρκετά υψηλό στις ποικιλίες Adonai και PR92M22, ικανοποιητικό στις ποικιλίες Neoplanta, PR92M35, Celina και Zora και χαμηλό έως ελάχιστο στις ποικιλίες PR92B63, PR91M10 και P21T45. Η ποικιλία PR92M22 παρουσίασε και στην περίπτωση του 5 % PEG αυξημένο ποσοστό βλαστικότητας, όπως στην περίπτωση του μάρτυρα έχοντας την υψηλότερη ικανότητα βλάστησης μαζί με την Adonai, η οποία απέκτησε το δεύτερο μεγαλύτερο ποσοστό βλάστησης. Παρατηρήθηκε ότι στις Neoplanta και Celina το ποσοστό βλαστικότητας ήταν πολύ επιτυχημένο σε σύγκριση με το μάρτυρα σε αυτό το χαμηλό επίπεδο στρες. Παρόμοια αποτελέσματα διαπιστώθηκαν και στην καταπόνηση με 10 % PEG με τις PR92M22 και Neoplanta να χαρακτηρίζονται από τα υψηλότερα επίπεδα βλαστικότητας και την Adonai να επιτυγχάνει το μεγαλύτερο κατά την έβδομη ημέρα. Για τις ποικιλίες PR92B63, PR92M35, PR91M10, Zora και P21T45 τα ποσοστά βλαστικότητας βρίσκονταν σε χαμηλό επίπεδο σε όλες τις περιπτώσεις.



Γράφημα 3.1: Ποσοστό βλαστικότητας ανά ποικιλία (G) και επίπεδο στρες (συγκέντρωση PEG (C)) από την 3^η έως την 7^η ημέρα της υδατικής καταπόνησης.

Στο υψηλότερο επίπεδο καταπόνησης (20 % PEG), όπως είναι αναμενόμενο τα ποσοστά βλαστικότητας όλων των ποικιλιών εμφάνιζαν τις χαμηλότερες τιμές. Οι ποικιλίες PR92M22, Neoplanta και Adonai σε σύγκριση με τις υπόλοιπες ποικιλίες από την πέμπτη ημέρα και έπειτα παρουσίασαν μεγάλο ποσοστό βλάστησης σε σχέση με το υψηλό επίπεδο στρες, με τη Neoplanta να καταλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό βλαστικότητας, αγγίζοντας το 52 % την έβδομη ημέρα. Στο σύνολό τους, τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι οι ποικιλίες PR92M22, Neoplanta και Adonai είναι οι περισσότερο ανθεκτικές στην υδατική καταπόνηση με την PR92M22 και την Adonai να έχουν την ικανότητα να προσαρμοστούν σε συνθήκες ξηρασίας και τη Neoplanta να έχει τη δυνατότητα να αντέχει σε ακραίες περιπτώσεις υδατικού στρες.

3.1.2 Ποσοστό απορρόφησης νερού των σπόρων

Το ποσοστό απορρόφησης νερού των σπόρων παρουσίασε σε γενικές γραμμές μείωση καθώς αυξάνεται το επίπεδο της καταπόνησης ξηρασίας, όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 3.2. Στην ποικιλία PR91M10 όμως την πέμπτη ημέρα παρατηρήθηκε αύξηση από το 55,08 % σε 68,62 % σε περιβάλλον 0 % PEG και 5 % PEG, αντίστοιχα. Επίσης στην ποικιλία PR92B63 την έβδομη ημέρα αυξήθηκε το ποσοστό απορρόφησης νερού των σπόρων από το επίπεδο 5 % PEG στο επίπεδο 10 % PEG. Την πέμπτη ημέρα, στο επίπεδο καταπόνησης του 20 % PEG η μεγαλύτερη μείωση παρατηρήθηκε στις ποικιλίες PR91M10, P21T45 και Celina. Την έβδομη ημέρα, στο ίδιο περιβάλλον ξηρασίας η μεγαλύτερη μείωση εντοπίστηκε στις ποικιλίες PR91M10 και P21T45. Όλες οι ποικιλίες επηρεάστηκαν από το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό, με την επίδραση τους στρες ωστόσο να διαφέρει μεταξύ των ποικιλιών.

Πίνακας 3.2: Ποσοστό απορρόφησης νερού των σπόρων (WU %) ανά ποικιλία (G) και επίπεδο στρες (συγκέντρωση PEG (C)) την 5η και 7η ημέρα της υδατικής καταπόνησης.

Ημέρα	Ποικιλία	Συγκέντρωση PEG (%) (C)									
		0 % PEG		5% PEG		10 % PEG		20 % PEG			
5		MEAN (G)									
	PR92B63	61,62	abc	60,60	cd	54,75	abc	56,40	a	58,34	abcd
	PR92M35	56,30	bc	54,20	f	43,56	d	51,86	b	51,47	e
	PR92M22	59,87	abc	58,42	d	59,12	a	56,55	a	58,48	abc
	PR91M10	55,08	c	68,62	a	54,98	abc	47,18	c	56,46	cd
	Zora	59,55	abc	54,85	ef	56,83	ab	57,89	a	57,28	bcd
	Neoplanta	62,96	ab	64,30	b	57,27	ab	56,59	a	60,28	a
	P21T45	63,85	a	60,36	cd	59,04	a	50,80	bc	58,51	abc
	Celina	65,47	a	57,90	de	50,17	c	50,30	bc	55,95	d
	Adonai	65,39	a	63,31	bc	52,20	bc	56,49	a	59,34	ab
	SED	2.03		1.03		1.61		1.18		SED (G)= 0.76	
	Mean (C)	61,11	a	60,28	a	54,21	b	53,78	b	SED (C)= 0.50	
7		MEAN (G)									
	PR92B63	63,28	cd	54,33	d	63,57	ab	58,22	a	59,84	abc
	PR92M35	67,10	abc	54,45	d	54,74	d	51,60	a	56,97	c
	PR92M22	70,41	a	62,45	abc	63,08	ab	53,40	a	62,33	ab
	PR91M10	60,78	d	57,71	cd	55,21	d	32,64	b	51,58	d
	Zora	66,77	abc	62,31	abc	57,71	cd	52,36	a	59,78	abc
	Neoplanta	69,54	ab	64,54	a	59,67	bc	57,48	a	62,80	a
	P21T45	62,67	cd	62,97	ab	58,35	cd	47,81	ab	57,94	bc
	Celina	63,75	bcd	59,70	bc	64,59	a	51,44	a	59,87	abc
	Adonai	68,17	abc	65,37	a	59,53	bc	52,95	a	61,50	abc
	SED	1.75		1.43		1.25		5.40		SED (G)= 1.50	
	Mean (C)	65,83	a	60,42	b	59,6	b	50,87	c	SED (C)= 1.00	

3.1.3 Ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας των σποροφύτων

Στο συγκεκριμένο χαρακτηριστικό παρατηρήθηκε μείωση όσο το επίπεδο της υδατικής καταπόνησης αυξανόταν, εκτός από ελάχιστες περιπτώσεις στις οποίες σημειώθηκε μια μικρή αύξηση, όπως στην περίπτωση της ποικιλίας PR92M22 την έβδομη ημέρα που ενώ στο χαμηλό επίπεδο καταπόνησης (5 % PEG) ήταν 72,80 %, στο μεσαίο επίπεδο (10 % PEG) απέκτησε ποσοστό 74,22 % (Πίνακας 3.3). Όπως αποδείχθηκε, η ποικιλία PR92B63 εμφάνισε τη χαμηλότερη μείωση ενώ η ποικιλία PR91M10 σημείωσε την υψηλότερη μείωση.

Ωστόσο, κρίνεται ότι το συγκεκριμένο γνώρισμα δεν παρέχει ικανοποιητικές ενδείξεις στοιχεία σχετικά με την ανθεκτικότητα, επομένως δεν μπορεί να

χρησιμοποιηθεί ως κριτήριο για την αξιολόγηση και την επιλογή ανθεκτικών ποικιλιών.

Πίνακας 3.3: Ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας των σποροφύτων (WC %) ανά ποικιλία (G) και επίπεδο στρες (συγκέντρωση PEG (C)) την 7^η, 12^η και 15^η ημέρα της υδατικής καταπόνησης.

Ημέρα	Ποικιλία	Συγκέντρωση PEG (%) (C)									
		0 % PEG		5% PEG		10 % PEG		20 % PEG			
7		MEAN (G)									
	PR92B63	69,53	b	69,64	a	74,77	ab	59,61	a	68,38	a
	PR92M35	74,76	ab	74,03	a	68,52	abc	58,03	a	68,83	a
	PR92M22	72,80	ab	74,26	a	75,82	a	60,70	a	70,89	a
	PR91M10	72,13	ab	68,86	a	55,26	d	44,20	a	60,11	b
	Zora	77,17	ab	70,43	a	62,76	cd	59,65	a	67,50	a
	Neoplanta	75,82	ab	73,08	a	71,25	abc	61,73	a	70,47	a
	P21T45	78,54	a	74,14	a	74,50	ab	62,75	a	72,48	a
	Celina	74,74	ab	70,60	a	63,55	cd	60,32	a	67,30	a
	Adonai	79,93	a	73,25	a	65,62	bc	61,73	a	70,13	a
	SED	2.50		2.48		2.89		7.50		SED (G)= 2.19	
Mean (C)	75,04	a	72,03	a	68	b	58,74	c	SED (C)= 1.46		
12		MEAN (G)									
	PR92B63	71,37	b	70,90	a	76,84	a	62,48	a	70,39	a
	PR92M35	75,13	ab	75,77	a	70,07	abc	59,95	a	70,22	a
	PR92M22	73,99	ab	75,81	a	76,38	a	61,73	a	71,97	a
	PR91M10	73,35	ab	70,60	a	56,88	d	45,58	a	61,60	b
	Zora	77,66	ab	71,86	a	65,04	cd	61,05	a	68,90	a
	Neoplanta	76,51	ab	73,85	a	73,16	abc	62,95	a	71,61	a
	P21T45	80,13	a	75,21	a	75,62	ab	63,89	a	73,70	a
	Celina	76,34	ab	71,39	a	64,75	cd	61,84	a	68,58	a
	Adonai	81,08	a	73,63	a	67,33	bc	64,30	a	71,58	a
	SED	2.47		2.34		2.66		7.66		SED (G)= 2.20	
Mean (C)	76,17	a	73,22	ab	69,56	b	60,41	c	SED (C)= 1.46		
16		MEAN (G)									
	PR92B63	71,92	c	72,42	a	77,30	a	62,93	a	71,14	a
	PR92M35	75,26	abc	76,42	a	70,92	abc	58,88	a	70,36	a
	PR92M22	75,17	abc	74,00	a	76,32	a	61,86	a	71,83	a
	PR91M10	73,04	bc	69,74	a	57,53	d	43,87	a	61,04	b

Zora	77,61	abc	71,47	a	64,71	cd	60,63	a	68,60	a
Neoplanta	76,26	abc	72,98	a	72,00	abc	61,95	a	70,80	a
P21T45	79,99	ab	73,04	a	74,44	ab	63,07	a	72,63	a
Celina	76,77	abc	70,58	a	64,07	cd	61,44	a	68,21	a
Adonai	80,61	a	72,62	a	67,27	bc	64,11	a	71,15	a
SED	2.13		2.28		2.43		7.16		SED (G)= 2.04	
Mean (C)	76,29	a	72,58	b	69,39	b	59,86	c	SED (C)= 1.36	

3.1.4 Μήκος ρίζας σποροφύτων

Η υδατική καταπόνηση επηρέασε σε μεγάλο βαθμό το μήκος ρίζας των φυτών της κάθε ποικιλίας. Όπως ήταν αναμενόμενο, η αύξηση του επιπέδου καταπόνησης επέφερε μείωση της ανάπτυξης των σποροφύτων. Στο υψηλό επίπεδο στρες (20 % PEG), το μήκος ριζιδίου χαρακτηρίζονταν από μικρή ανάπτυξη, όπως ήταν αναμενόμενο αλλά προφανώς σε κάθε ποικιλία η μείωση της ανάπτυξης διέφερε (Πίνακας 3.4) (Γράφημα 3.2).

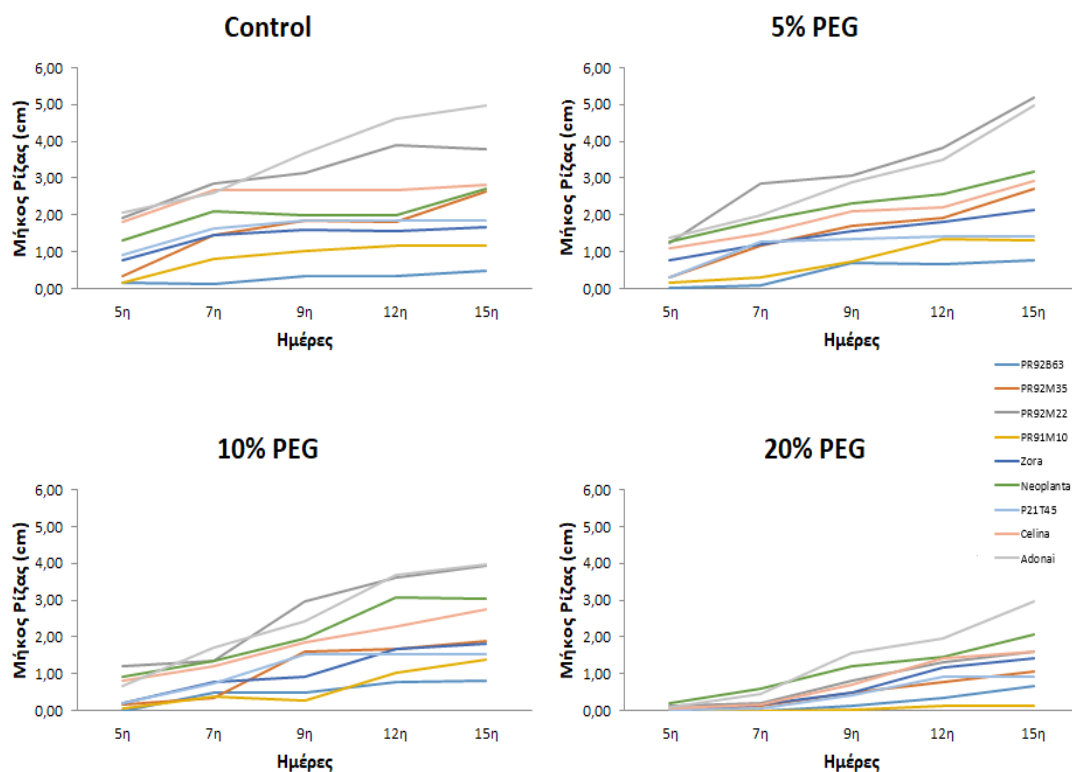
Την πέμπτη ημέρα, τόσο στο μάρτυρα όσο και στο χαμηλό επίπεδο στρες, τη μεγαλύτερη ανάπτυξη ρίζας απέκτησε η ποικιλία Adonai, ενώ στο μεσαίο και υψηλό επίπεδο καταπόνησης η ποικιλία Neoplanta ήταν εκείνη που ξεχώρισε για την καλύτερη απόδοση. Την έβδομη ημέρα, στο 20 % PEG στις ποικιλίες PR92B63 και PR91M10 σημειώθηκε πλήρης αναστολή της ανάπτυξης. Την καλύτερη επίδοση όσον αφορά το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό παρουσίασαν οι ποικιλίες PR92M22, Adonai και Neoplanta, ενώ μία ικανοποιητική ανάπτυξη προσδόθηκε στην ποικιλία Celina, όπως αποδεικνύεται την δέκατη πέμπτη ημέρα.

Πίνακας 3.4: Μήκος ρίζας των σποροφύτων ανά ποικιλία (G) και επίπεδο στρες (συγκέντρωση PEG (C)) την 5^η, 7^η, 9^η, 12^η και 15^η ημέρα της υδατικής καταπόνησης.

Ημέρα	Ποικιλία	Συγκέντρωση PEG (%) (C)				MEAN (G)					
		0 % PEG	5% PEG	10 % PEG	20 % PEG						
1	PR92B63	0,17	d	0,02	d	0,00	c	0,00	b	0,046	e
	PR92M35	0,32	d	0,29	cd	0,15	c	0,00	b	0,19	de
	PR92M22	1,91	a	1,22	ab	1,19	a	0,11	ab	1,11	a
	PR91M10	0,15	d	0,15	d	0,05	c	0,02	ab	0,091	e
	Zora	0,78	c	0,75	bc	0,20	c	0,00	b	0,43	c

Neoplanta	1,32	b	1,26	a	0,92	ab	0,21	a	0,93	b
P21T45	0,90	c	0,31	cd	0,20	c	0,02	ab	0,36	cd
Celina	1,82	a	1,09	ab	0,82	ab	0,06	ab	0,95	ab
Adonai	2,07	a	1,39	a	0,65	b	0,08	ab	1,045	ab
SED	0.10		0.14		0.11		0.06		SED (G)= 0.05	
Mean (C)	1,047	a	0,72	b	0,46	c	0,054	d	SED (C)= 0.04	
2									MEAN (G)	
PR92B63	0,11	f	0,08	d	0,50	d	0,00	c	0,17	e
PR92M35	1,44	d	1,17	c	0,34	d	0,12	bc	0,77	d
PR92M22	2,84	a	2,84	a	1,36	a	0,21	abc	1,81	a
PR91M10	0,79	e	0,32	d	0,38	d	0,00	c	0,37	e
Zora	1,46	d	1,21	c	0,78	bcd	0,17	abc	0,90	d
Neoplanta	2,11	bc	1,84	bc	1,34	ab	0,58	a	1,46	bc
P21T45	1,64	cd	1,28	c	0,73	cd	0,06	bc	0,92	d
Celina	2,69	a	1,49	bc	1,19	abc	0,17	abc	1,38	c
Adonai	2,61	ab	2,00	b	1,71	a	0,46	ab	1,69	ab
SED	0.15		0.29		0.17		0.12		SED (G)= 0.08	
Mean (C)	1,74	a	1,36	b	0,92	c	0,20	d	SED (C)= 0.05	
3									MEAN (G)	
PR92B63	0,56	f	0,68	f	0,11	f	0,12	de	0,37	d
PR92M35	1,86	d	1,72	cde	1,61	c	0,48	cde	1,41	c
PR92M22	3,16	ab	3,08	a	2,96	a	0,82	bc	2,50	a
PR91M10	1,02	ef	0,73	f	0,28	ef	0,04	e	0,51	d
Zora	1,59	de	1,57	de	0,91	de	0,49	cde	1,14	c
Neoplanta	2,00	cd	2,30	bc	1,95	bc	1,21	ab	1,86	b
P21T45	1,85	d	1,36	ef	1,54	cd	0,40	cde	1,28	c
Celina	2,67	bc	2,11	cd	1,84	bc	0,69	bcd	1,82	b
Adonai	3,67	a	2,88	ab	2,42	ab	1,58	a	2,63	a
SED	0.23		0.22		0.21		0.18		SED (G)= 0.10	
Mean (C)	2,04	a	1,82	b	1,51	c	0,64	d	SED (C)= 0.07	
4									MEAN (G)	
PR92B63	0,32	d	0,66	e	0,78	e	0,35	de	0,52	d
PR92M35	1,80	c	1,93	cd	1,68	bc	0,79	cd	1,60	c
PR92M22	3,90	a	3,82	a	3,61	a	1,32	bc	3,16	a
PR91M10	1,15	c	1,34	de	1,03	de	0,11	e	0,90	d
Zora	1,54	c	1,80	cd	1,69	bc	1,18	bc	1,55	c
Neoplanta	1,83	c	2,56	bc	3,09	a	1,47	ab	2,23	b
P21T45	1,86	c	1,41	de	1,53	cd	0,90	bcd	1,42	c
Celina	2,68	b	2,22	cd	2,29	b	1,44	ab	2,15	b
Adonai	4,60	a	3,48	ab	3,69	a	1,95	a	3,42	a
SED	0.24		0.33		0.19		0.18		SED (G)= 0.12	
Mean (C)	2,19	a	2,16	a	2,15	a	1,056	b	SED (C)= 0.08	
5									MEAN (G)	
PR92B63	0,47	e	0,76	e	0,81	d	0,66	cd	0,67	h
PR92M35	2,64	bc	2,70	bcd	1,90	c	1,06	bcd	2,07	de

PR92M22	3,79	ab	5,19	a	3,94	a	1,60	bc	3,62	b
PR91M10	1,15	de	1,31	de	1,37	cd	0,11	d	0,98	gh
Zora	1,66	cde	2,15	bcde	1,80	c	1,41	bc	1,75	ef
Neoplanta	2,71	bc	3,18	b	3,05	b	2,05	ab	2,74	c
P21T45	1,86	cd	1,41	cde	1,53	cd	0,90	cd	1,42	fg
Celina	2,81	bc	2,94	bc	2,76	b	1,60	bc	2,52	cd
Adonai	4,96	a	4,97	a	3,96	a	2,96	a	4,21	a
SED	0.36		0.46		0.21		0.30		SED (G)= 0.17	
Mean (C)	2,45	ab	2.73	a	2.34	b	1,37	c	SED (C)= 0.11	



Γράφημα 3.2: Μήκος ρίζας των σποροφύτων ανά ποικιλία (G) και επίπεδο στρες (συγκέντρωση PEG (C)) την 5^η, 7^η, 9^η, 12^η και 15^η ημέρα της υδατικής καταπόνησης.

3.1.5 Μήκος βλαστού σποροφύτων

Όσον αφορά το μήκος βλαστού παρατηρείται ότι για τις ποικιλίες που η ανάπτυξη του βλαστού ήταν μικρή στο 0 % PEG (PR92B63, PR91M10 και P21T45), δε σημειώθηκε σημαντική μείωση στο υψηλότερο επίπεδο καταπόνησης. Αντίθετα, οι ποικιλίες που παρουσίασαν μεγάλη ανάπτυξη υπό κανονικές συνθήκες (PR92M22 και Adonai), εμφάνισαν σημαντική μείωση του μήκους βλαστού στα υψηλά επίπεδα καταπόνησης (Πίνακας 3.5) (Γράφημα 3.3).

Ειδικότερα, την πέμπτη ημέρα οι ποικιλίες PR92B63 και PR91M10 σημείωσαν μηδενικό ποσοστό ανάπτυξης βλαστού τόσο άνευ καταπόνησης όσο και παρουσίας καταπόνησης. Την έβδομη ημέρα, το μικρότερο ποσοστό ανάπτυξης στο περιβάλλον του 20 % PEG παρουσίασαν οι εξής ποικιλίες: PR92B63, PR91M10 και P21T45. Την δέκατη πέμπτη ημέρα, η ποικιλία Adonai χωρίς καταπόνηση απέδωσε τη μεγαλύτερη ανάπτυξη στο βλαστό φτάνοντας τα 6,59 cm. Στα επίπεδα στρες 5 % και 10 % PEG, η ποικιλία PR92M22 ξεχώρισε για τη βλαστική της ανάπτυξη με 6,13 cm και 5,12 cm αντίστοιχα, ενώ στο υψηλό επίπεδο στρες η ποικιλία Celina επέδειξε τη μεγαλύτερη ανάπτυξη βλαστού. Επίσης, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι την δέκατη πέμπτη ημέρα στο 0 % PEG η ποικιλία Adonai εμφάνισε τα πρώτα κανονικά απλά της φύλλα, ενώ στο 10 % PEG ορισμένες ποικιλίες όπως η Adonai, Celina, PR92M35 εμφάνισαν κοτυληδόνες.

Πίνακας 3.5: Μήκος βλαστού των σποροφύτων ανά ποικιλία (G) και επίπεδο στρες (συγκέντρωση PEG (C)) την 5^η, 7^η, 9^η, 12^η και 15^η ημέρα της υδατικής καταπόνησης.

Ημέρ α	Ποικιλία	Συγκέντρωση PEG (%) (C)						MEAN (G)			
		0 % PEG		5% PEG		10 % PEG			20 % PEG		
5											
	PR92B63	0,00	b	0,00	e	0,00	c	0,00	a	0,00	d
	PR92M35	0,24	b	1,16	cd	0,33	c	0,03	a	0,43	bcd
	PR92M22	4,75	a	3,06	a	1,55	ab	0,11	a	2,36	a
	PR91M10	0,00	b	0,00	e	0,04	c	0,00	a	0,008	d
	Zora	0,80	b	0,78	cde	0,11	c	0,02	a	0,42	bcd
	Neoplanta	1,11	b	1,60	bc	1,10	b	0,33	a	1,033	b
	P21T45	0,31	b	0,33	de	0,48	c	0,00	a	0,276	cd
	Celina	1,19	b	0,98	cde	1,18	ab	0,06	a	0,84	bc
	Adonai	4,06	a	2,46	ab	1,73	a	0,33	a	2,14	a
	SED	0,67		0,34		0,18		0,14		SED (G)= 0,20	
	Mean (C)	1,38	a	1,15	a	0,72	b	0,1	c	SED (C)= 0,13	
7											
	PR92B63	0,04	c	0,01	c	0,22	d	0,00	b	0,066	e
	PR92M35	1,89	b	1,51	bc	2,54	abc	0,04	b	1,49	bc
	PR92M22	4,88	a	4,53	a	3,85	a	0,14	b	3,34	a
	PR91M10	0,47	bc	0,69	c	0,15	d	0,01	b	0,33	de

Zora	1,30	bc	0,79	c	0,12	d	0,03	b	0,55	de
Neoplanta	1,18	bc	3,03	ab	3,06	ab	0,14	b	1,84	b
P21T45	0,85	bc	0,77	c	0,46	cd	0,01	b	0,52	de
Celina	1,04	bc	1,08	c	1,56	bcd	0,03	b	0,92	cd
Adonai	5,91	a	3,78	a	2,43	abc	0,27	a	3,09	a
SED	0,48		0,54		0,62		0,08		SED (G)= 0,24	
Mean (C)	1,94	a	1,79	a	1,59	a	0,07	b	SED (C)= 0,16	

9

MEAN (G)										
PR92B63	0,03	d	0,03	d	0,24	d	0,02	b	0,079	e
PR92M35	2,75	b	2,24	bc	2,28	abc	0,10	b	1,84	cd
PR92M22	5,38	a	4,78	a	4,05	a	0,07	b	3,56	a
PR91M10	0,28	cd	1,54	cd	0,51	cd	0,05	b	0,59	e
Zora	1,56	bcd	1,06	cd	0,36	d	0,07	b	0,76	e
Neoplanta	2,48	b	3,53	ab	3,73	ab	0,14	b	2,46	bc
P21T45	0,98	bcd	0,96	cd	0,60	cd	0,04	b	0,64	e
Celina	2,08	bc	1,78	c	2,06	bcd	0,09	b	1,50	d
Adonai	6,00	a	3,84	ab	2,34	abc	0,44	a	3,15	ab
SED	0,54		0,49		0,55		0,1		SED (G)= 0,23	
Mean (C)	2,39	a	2,19	ab	1,79	b	0,11	c	SED (C)= 0,15	

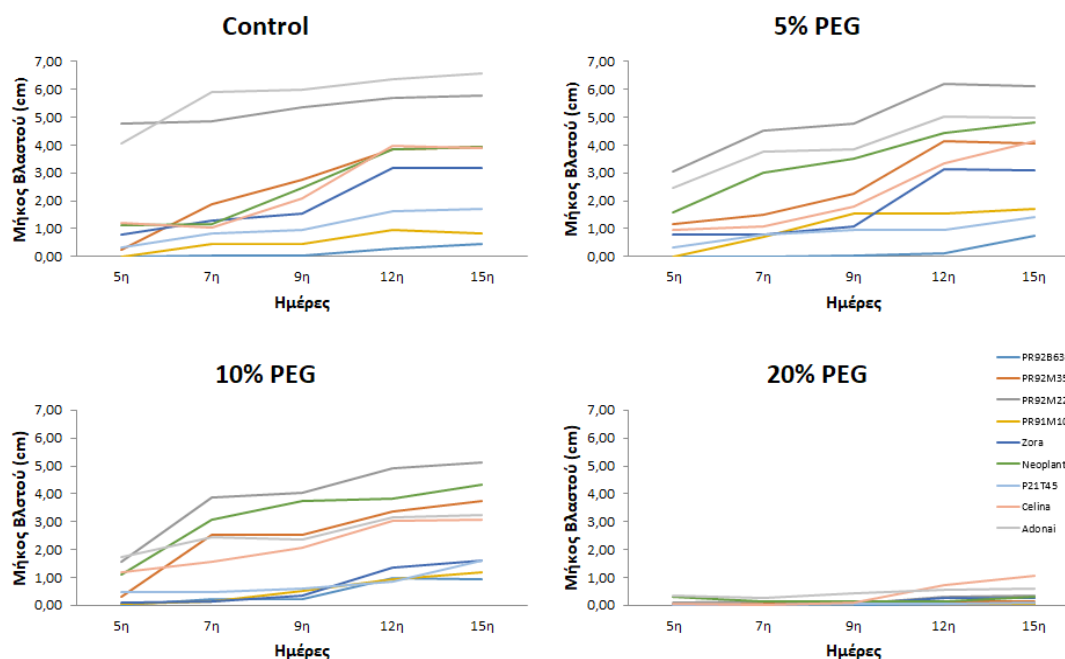
12

MEAN (G)										
PR92B63	0,29	e	0,12	e	0,97	d	0,05	b	0,35	d
PR92M35	3,84	bc	4,15	bc	3,38	ab	0,12	b	2,87	b
PR92M22	5,70	a	6,18	a	4,93	a	0,32	b	4,27	a
PR91M10	0,97	de	1,22	d	0,93	d	0,05	b	0,79	d
Zora	3,16	c	3,14	c	1,36	cd	0,24	b	1,97	c
Neoplanta	3,84	bc	4,42	b	3,81	ab	0,16	b	3,05	b
P21T45	1,61	d	0,94	de	0,85	d	0,08	b	0,86	d
Celina	3,98	b	3,34	c	3,04	bc	0,75	a	2,77	b
Adonai	6,36	a	5,03	b	3,16	ab	0,56	b	3,77	a
SED	0,23		0,31		0,53		0,17		SED (G)= 0,17	
Mean (C)	3,3	a	3,17	a	2,49	b	0,25	c	SED (C)= 0,11	

15

MEAN (G)										
PR92B63	0,47	d	0,76	d	0,95	c	0,04	b	0,55	e
PR92M35	3,93	b	4,06	bc	3,73	ab	0,13	b	2,96	b
PR92M22	5,79	a	6,13	a	5,12	a	0,34	b	4,34	a
PR91M10	0,84	cd	1,73	d	1,19	c	0,05	b	0,95	de
Zora	3,16	b	3,10	c	1,62	c	0,25	b	2,03	c
Neoplanta	3,95	b	4,81	b	4,31	ab	0,29	b	3,33	b
P21T45	1,71	c	1,43	d	1,60	c	0,09	b	1,20	d
Celina	3,90	b	4,13	bc	3,06	b	1,08	a	3,04	b
Adonai	6,59	a	4,98	ab	3,26	b	0,61	b	3,85	a

SED	0,28	0,37	0,42	0,2	SED (G)= 0,16				
Mean (C)	3,37	a	3,45	a	2,76	b	0,31	c	SED (C)= 0,11



Γράφημα 3.3: Μήκος βλαστού των σποροφύτων ανά ποικιλία (G) και επίπεδο στρες (συγκέντρωση PEG (C)) την 5^η, 7^η, 9^η, 12^η και 15^η ημέρα της υδατικής καταπόνησης.

3.1.6 Δείκτης ευρωστίας

Ο δείκτης ευρωστίας υπολογίστηκε την έβδομη και δέκατη πέμπτη ημέρα και όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.6, οι ποικιλίες PR92M22, Adonai και Neoplanta χαρακτηρίζονται από τον υψηλότερο δείκτη ευρωστίας. Η Neoplanta αποτέλεσε μια ποικιλία αρκετά ανθεκτική ακόμη και στο πιο υψηλό επίπεδο ξηρασίας (20%PEG). Αντίθετα οι ποικιλίες PR92B63 και PR91M10 την δέκατη πέμπτη ημέρα στο 20% PEG ο δείκτης ευρωστίας βρισκόταν σε πολύ χαμηλό επίπεδο και αυτό φανέρωσε τη μεγάλη ευαισθησία στην απουσία υγρασίας.

Πίνακας 3.6: Δείκτης Ευρωστίας (SVI) ανά ποικιλία (G και επίπεδο στρες (συγκέντρωση PEG (C)) την 7^η και 15^η ημέρα της υδατικής καταπόνησης.

Ημέρα	Ποικιλία	Συγκέντρωση PEG (%) (C)									
		0 % PEG		5% PEG		10 % PEG		20 % PEG			
7		MEAN (G)									
	PR92B63	0,68	d	1,76	e	11,39	e	0,00	b	3,45	e
	PR92M35	219,24	bc	217,64	cd	188,65	cd	1,34	b	156,71	c
	PR92M22	749,90	a	723,09	a	458,68	a	5,55	b	484,30	a
	PR91M10	19,43	d	31,35	de	9,19	e	0,00	b	14,99	de
	Zora	134,54	bcd	121,32	de	53,12	cde	3,93	b	78,22	d
	Neoplanta	252,66	b	407,03	bc	372,93	ab	38,34	a	267,73	b
	P21T45	79,68	cd	65,27	de	41,78	de	1,90	b	47,15	de
	Celina	272,65	b	190,87	de	221,09	bc	3,65	b	172,06	c
	Adonai	819,85	a	527,24	ab	370,15	ab	20,13	ab	434,33	a
	SED	48.92		59.00		50.44		6.40		SED (G)= 23.00	
	Mean (C)	283,17	a	253,95	a	191,88	b	8,31	c	SED (C)= 15.33	
15		MEAN (G)									
	PR92B63	5,63	d	30,46	d	30,41	e	0,71	c	16,80	d
	PR92M35	462,64	b	544,33	b	370,69	bc	8,64	c	346,57	b
	PR92M22	908,09	a	1067,49	a	807,11	a	30,60	bc	703,32	a
	PR91M10	39,58	d	99,68	d	59,09	de	0,00	c	49,58	d
	Zora	218,22	cd	260,29	cd	226,83	cd	26,40	bc	182,93	c
	Neoplanta	443,56	bc	465,23	bc	654,80	a	124,62	a	422,05	b
	P21T45	98,00	d	105,54	d	129,47	de	19,10	bc	88,02	cd
	Celina	516,41	b	568,81	b	471,83	b	55,87	abc	403,22	b
	Adonai	1080,64	a	1048,50	a	665,12	a	106,32	ab	725,14	a
	SED	71.07		83.78		50.84		26.41		SED (G)= 30.98	
	Mean (C)	419,19	ab	465,59	a	379,48	b	41,36	c	SED (C)= 20.65	

3.1.7 Μη φυσιολογικός φαινότυπος

Στις υπό μελέτη εννέα ποικιλίες σόγιας, η παρουσία υδατικής καταπόνησης δεν προκάλεσε μη φυσιολογικό φαινότυπο σε κάποιο σπορόφυτο, όπως διαπιστώθηκε από τις παρατηρήσεις που πραγματοποιούνταν καθόλη τη διάρκεια του πειράματος.

3.2. Καταπόνηση αλατότητας

Η καταπόνηση της αλατότητας επηρέασε σε μεγάλο βαθμό τα χαρακτηριστικά των ποικιλιών σόγιας που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη. Είναι ωστόσο αξιοσημείωτο ότι η επίδραση του στρες με χλωριούχο νάτριο επέδρασε διαφορετικά στις υπό μελέτη ποικιλίες. Τα αποτελέσματα διέφεραν και αναλόγως του επιπέδου

της καταπόνησης και, όπως είναι φυσιολογικό, η μεγαλύτερη επίδραση έλαβε χώρα όταν οι ποικιλίες υπεβλήθησαν στο υψηλότερο επίπεδο στρες (200 mM NaCl).

3.2.1 Ποσοστό βλαστικότητα

Όσον αφορά το ποσοστό βλαστικότητας επηρεάστηκε από την παρουσία χλωριούχου νατρίου, ιδιαίτερα για τις ποικιλίες Neoplanta, Adonai, οι οποίες απουσία χλωριούχου νατρίου είχαν ικανοποιητική ανάπτυξη από την κιάλας τρίτη ημέρα (Πίνακας 3.7) (Γράφημα 3.4). Στις ποικιλίες PR92M22, Celina και Zora ήταν επίσης εμφανής η επίδραση της καταπόνηση υψηλής αλατότητας αλλά σε μικρότερο βαθμό, καθώς οι συγκεκριμένες ποικιλίες απουσία χλωριούχου νατρίου εμφάνισαν μικρότερη ανάπτυξη σε σχέση με τις προαναφερθείσες. Οι ποικιλίες PR92B63, PR92M35, PR91M10 και P21T45 παρουσίασαν μηδενικό ποσοστό βλάστησης πλην κάποιων εξαιρέσεων ακόμα υπό συνθήκες απουσίας καταπόνησης. Την τέταρτη ημέρα, οι ποικιλίες PR92B63 και PR91M10 συνέχισαν να διακρίνονται για το μηδενικό ποσοστό βλαστικότητας τους υπό συνθήκες 50, 100 και 200 mM NaCl. Από την έκτη ημέρα, άρχισε η βλαστικότητα τους στα συγκεκριμένα επίπεδα καταπόνησης αλλά και στην PR92M35 και P21T45 τα ποσοστά βλαστικότητας παρέμεναν χαμηλά σε όλα τα επίπεδα. Την έκτη ημέρα, οι ποικιλίες Celina και Zora παρουσίασαν αρκετά μεγάλη μείωση στο επίπεδο του 50 mM σε σχέση με τους μάρτυρες αλλά μεταξύ 50 και 100 mM η μείωση ήταν μικρή. Την έβδομη ημέρα, οι ποικιλίες Neoplanta, Adonai, PR92M22, Celina ακόμα και στο υψηλότερο επίπεδο καταπόνησης ήταν εκείνες που ξεχώρισαν για την υπεροχή τους σχετικά με τα ποσοστά βλαστικότητας. Την έβδομη ημέρα στο 200 mM NaCl, οι ποικιλίες PR92B63 και PR91M10 σημείωσαν το χαμηλότερο ποσοστό βλαστικότητας, ενώ παράλληλα στις συγκεκριμένες ποικιλίες διαφάνηκε η αδυναμία ανάπτυξης υπό συνθήκες αλατότητας ακόμη και στα χαμηλότερα επίπεδα στρες.

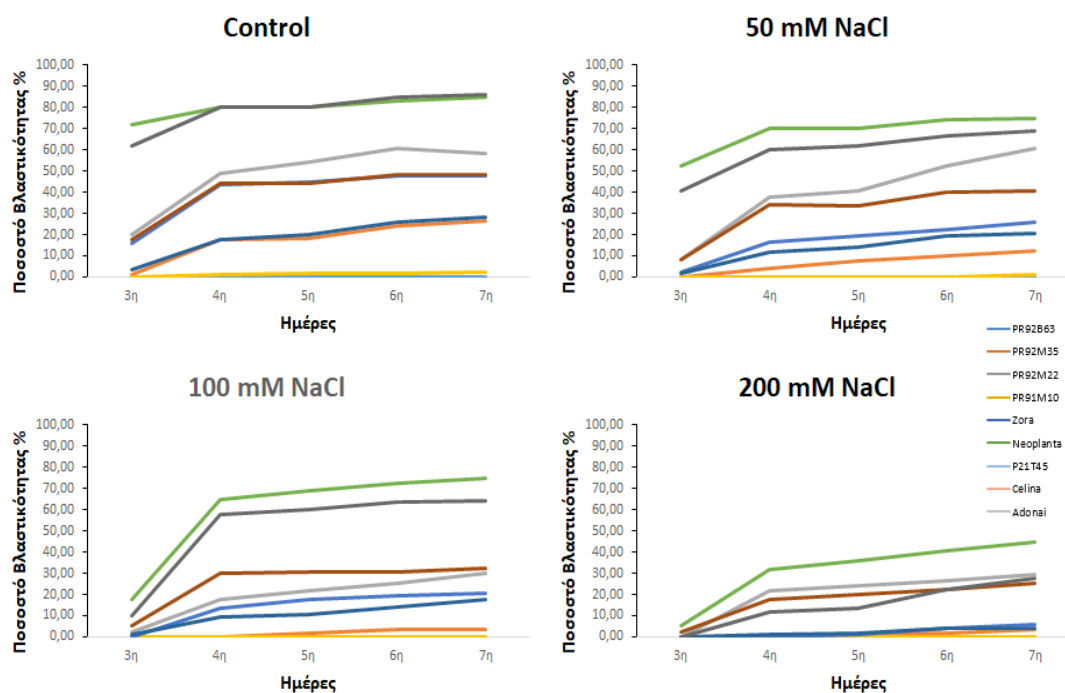
Πίνακας 3.7: Ποσοστό βλαστικότητας (GP%) ανά ποικιλία (G) και επίπεδο στρες (συγκέντρωση NaCl (C)) από την 3^η έως την 7^η ημέρα της καταπόνησης αλατότητας.

Ημέρα	Ποικιλία	Συγκέντρωση NaCl (mM) (C)			
		Control	50mM	100mM	200mM

3						MEAN (G)
PR92B63	0,00 c	0,00 c	0,00 c	0,00 b	0,00e	
PR92M35	0,83 c	0,00 c	0,00 c	0,00 b	0,21e	
PR92M22	20,00 b	8,33 c	2,50 bc	0,00 b	7,71c	
PR91M10	0,00 c	0,00 c	0,00 c	0,00 b	0,00e	
Zora	15,83 b	2,50 c	0,00 c	0,00 b	4,58cd	
Neoplanta	71,67 a	52,50 a	17,50 a	5,00 a	36,67a	
P21T45	3,33 c	1,67 c	0,83 bc	0,00 b	1,46de	
Celina	17,50 b	8,33 c	5,00 bc	2,50 ab	8,33c	
Adonai	61,67 a	40,83 b	10,00 ab	0,00 b	28,12b	
SED	3,01	2,69	2,77	0,87	SED (G)= 1,25	
Mean (C)	21,2 a	12,68 b	3,98 c	0,83 d	SED (C)= 0,83	
4						MEAN (G)
PR92B63	0,00 c	0,00 d	0,00 c	0,00 c	0,00e	
PR92M35	17,50 c	4,17 d	0,00 c	0,00 c	5,41de	
PR92M22	49,17 b	37,50 b	17,50 bc	21,67 ab	31,46b	
PR91M10	0,83 c	0,00 d	0,00 c	0,00 c	0,21e	
Zora	43,33 b	16,67 cd	13,33 bc	0,00 c	18,33c	
Neoplanta	80,00 a	70,00 a	65,00 a	31,67 a	61,67a	
P21T45	17,50 c	11,67 d	9,17 bc	0,83 c	9,79cd	
Celina	44,17 b	34,17 bc	30,00 b	17,50 b	31,46b	
Adonai	80,00 a	60,00 a	57,50 a	11,67 b	52,29a	
SED	7,47	5,47	6,87	3,09	SED (G)= 2,98	
Mean (C)	36,94 a	26,02 b	21,38 b	9,26 c	SED (C)= 1,99	
5						MEAN (G)
PR92B63	0,00 d	0,00 e	0,00 d	0,00 c	0,00e	
PR92M35	18,33 d	7,50 de	1,67 cd	0,83 c	7,08ef	
PR92M22	54,17 bc	40,83 b	21,67 bc	24,17 b	35,21c	
PR91M10	1,67 d	0,00 e	0,00 d	0,00 c	0,42f	
Zora	45,00 c	19,17 cd	17,50 bcd	0,83 c	20,62d	
Neoplanta	80,00 a	70,00 a	69,17 a	35,83 a	63,75a	
P21T45	20,00 d	14,17 de	10,83 bcd	1,67 c	11,67e	
Celina	44,17 c	33,33 bc	30,83 b	20,00 b	32,08c	
Adonai	76,67 ab	61,67 a	60,00 a	13,33 b	59,92a	
SED	6,83	5,63	6,00	3,45	SED (G)= 2,81	
Mean (C)	37,78 a	27,41 b	23,52 b	10,74 c	SED (C)= 1,87	
6						MEAN (G)
PR92B63	0,00 g	0,00 f	0,00 c	0,00 c	0,00e	
PR92M35	24,17 ef	10,00 ef	3,33 c	1,67 c	7,79d	
PR92M22	60,83 bc	52,50 bc	25,00 b	26,67 b	41,50b	
PR91M10	1,67 fg	0,00 f	0,00 c	0,00 c	0,42e	
Zora	47,50 cd	22,50 de	19,17 bc	4,17 c	23,33c	
Neoplanta	83,33 ab	74,17 a	72,50 a	40,83 a	67,71a	
P21T45	25,83 de	19,17 ef	14,17 bc	4,17 c	15,83cd	
Celina	48,33 cd	40,00 cd	30,83 b	22,50 b	35,41b	

Adonai	85,00 a	66,67 ab	63,33 a	22,50 b	59,37a
SED	6,88	6,17	6,02	3,97	SED (G)= 2,93
Mean (C)	41,85 a	31,67 b	25,37 c	13,61 d	SED (C)= 1,95
7					
					MEAN (G)
PR92B63	0,00 e	0,00 e	0,00 c	0,00 c	0,00e
PR92M35	26,67 cd	12,50 de	3,33 c	3,33 c	11,46d
PR92M22	58,33 b	60,83 ab	30,00 b	29,17 b	44,58b
PR91M10	2,50 de	0,83 e	0,00 c	0,00 c	0,83e
Zora	47,50 bc	25,83 cd	20,83 bc	5,83 c	25,00c
Neoplanta	85,00 a	75,00 a	75,00 a	45,00 a	70,00a
P21T45	28,33 c	20,83 cde	17,50 bc	4,17 c	17,71cd
Celina	45,83 bc	40,83 bc	32,50 b	25,00 b	36,04b
Adonai	85,83 a	69,17 a	64,17 a	27,50 b	61,67a
SED	7,29	6,22	6,32	4,23	SED (G)= 3,06
Mean (C)	42,22 a	33,98 b	27,04 c	15,56 d	SED (C)= 2,04

Επομένως σχετικά με το γνώρισμα αυτό συμπεραίνεται ότι η ποικιλία Neoplanta είχε την υψηλότερη επίδοση (45 %) κατά το επίπεδο καταπόνησης 200 mM NaCl την έβδομη ημέρα. Βάσει των ανωτέρω, κρίνεται ότι η Neoplanta ήταν η περισσότερο ανθεκτική ποικιλία, ενώ ακολουθούσε η ποικιλία Adonai, η οποία καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων επέδειξε ικανοποιητικό ποσοστό βλαστικότητας.



Γράφημα 3.4: Ποσοστό βλαστικότητας (GP%) ανά ποικιλία (G) και επίπεδο στρες (συγκέντρωση NaCl (C)) από την 3^η έως την 7^η ημέρα της καταπόνησης αλατότητας.

3.2.2 Ποσοστό απορρόφησης νερού των σπόρων

Όσον αφορά το ποσοστό απορρόφησης νερού των σπόρων, παρατηρείται σε γενικές γραμμές μείωση καθώς αυξάνεται το επίπεδο αλατότητας (Πίνακας 3.8), όπως φανερώνεται από τις δύο πιο δυναμικές ποικιλίες, Adonai και Neoplanta. Η Adonai είχε αποκτήσει την πέμπτη ημέρα τιμές 66,97 % ,63,26 % , 58,51 % , 57,18 % στο μάρτυρα, στο 50 mM, 100 mM, 200 mM NaCl αντίστοιχα. Οι αντίστοιχες τιμές για την Neoplanta την έβδομη ημέρα ήταν 73,73 % , 65,62 % , 59,96 % , 57,44 % στο μάρτυρα, στο 50 mM, 100 mM, 200 mM NaCl αντίστοιχα. Την πέμπτη ημέρα, η μεγαλύτερη μείωση σημειώθηκε στην ποικιλία Neoplanta και την έβδομη ημέρα η ποικιλία PR92M35 ήταν εκείνη στην οποία η μείωση ήταν περισσότερο δραστική.

Πίνακας 3.8: Ποσοστό απορρόφησης νερού των σπόρων (WU %) ανά ποικιλία (G) και επίπεδο στρες (συγκέντρωση NaCl (C)) την 5^η και 7^η ημέρα της καταπόνησης αλατότητας.

Ημέρ α	Ποικιλία	Συγκέντρωση NaCl (mM) (C)				MEAN (G)				
		Control	50mM	100mM	200mM					
5										
	PR92B63	59,40	b	57,59	bc	59,73	a	56,03	a	58,19abc
	PR92M35	54,79	b	57,30	bc	54,69	a	55,04	a	55,45c
	PR92M22	58,70	b	59,08	c	56,72	a	56,63	a	57,78bc
	PR91M10	54,46	b	54,46	c	56,52	a	56,31	a	55,44c
	Zora	57,46	b	58,51	bc	56,71	a	57,68	a	57,59bc
	Neoplanta	68,09	a	66,94	a	59,75	a	54,25	a	62,26a
	P21T45	57,25	b	58,47	bc	55,52	a	56,38	a	56,90c
	Celina	59,58	b	56,45	bc	60,52	a	55,08	a	57,91abc
	Adonai	66,97	a	63,26	ab	58,51	a	57,18	a	61,48ab
SED	2,15		2,47		2,19		3,98		SED (G)= 1,40	
Mean (C)	59,63	a	59,12	a	57,63	b	56,07	b	SED (C)= 0,99	
7										
	PR92B63	52,62	e	54,16	b	60,01	a	59,62	a	56,60d
	PR92M35	60,46	cde	38,67	c	46,49	b	45,98	c	47,90e
	PR92M22	68,34	abc	59,56	ab	58,25	a	53,09	b	59,81bcd
	PR91M10	56,72	de	60,37	ab	56,59	b	57,93	b	57,90d
	Zora	60,48	cde	58,01	ab	54,01	a	54,82	a	56,83d

Neoplanta	73,73	a	65,62	a	59,96	a	57,44	b	64,19a
P21T45	63,99	bcd	58,26	ab	55,32	b	56,76	b	58,58cd
Celina	65,78	d	61,40	ab	64,66	a	59,47	a	62,83abc
Adonai	70,98	ab	65,03	a	58,07	a	57,88	b	62,99ab
SED	1,94		2,09		3,33		1,65		SED (G)= 1,37
Mean (C)	63,68	a	57,90	b	57,04	b	55,81	b	SED (C)= 0,91

Βέβαια παρατηρήθηκε ότι η μείωση στο ποσοστό απορρόφησης νερού των σπόρων ήταν μικρή μεταξύ των διαφορετικών επιπέδων καταπόνησης. Για το λόγο αυτό, κρίνεται ότι το χαρακτηριστικό αυτό δεν μπορεί να αποτελέσει βασικό στοιχείο για να πραγματοποιηθεί η αξιολόγηση των ποικιλιών για την ανθεκτικότητα τους υπό συνθήκες υψηλής αλατότητας.

3.2.3 Ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας των σποροφύτων

Το ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας σημείωσε μείωση όσο αυξανόταν το επίπεδο καταπόνησης (Πίνακας 3.9). Την έβδομη ημέρα, η μεγαλύτερη μείωση εντοπίστηκε στην ποικιλία Adonai (59,89 %) στο υψηλότερο επίπεδο καταπόνησης, ενώ τη δωδέκατη ημέρα τη μεγαλύτερη μείωση εμφάνισε η ποικιλία Neoplanta (67,66 %) στο 200 mM NaCl. Αντίθετα, την έβδομη ημέρα η μικρότερη μείωση σημειώθηκε στην ποικιλία P21T45 (66.76 %) στο 200 mM NaCl, ενώ τη δωδέκατη ημέρα η ποικιλία PR92B63 εμφάνισε ποσοστό υγρασίας 73,64 % στο υψηλό επίπεδο στρες.

Πίνακας 3.9: Ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας των σποροφύτων (WC %) ανά ποικιλία (G) και επίπεδο στρες (συγκέντρωση NaCl (C)) την 7^η, 12^η ημέρα της καταπόνησης αλατότητας.

Ημέρα	Ποικιλία	Συγκέντρωση NaCl (mM) (C)				MEAN (G)				
		Control	50mM	100mM	200mM					
7										
	PR92B63	70,66	ab	67,55	ab	67,83	a	65,26	b	67,82abc
	PR92M35	66,58	b	63,52	c	61,28	c	61,16	b	63,14e

PR92M22	74,41	ab	64,82	bc	63,11	bc	61,62	b	65,99bcde
PR91M10	65,63	b	64,29	bc	63,41	bc	63,53	b	64,21de
Zora	72,21	ab	64,64	bc	62,84	bc	62,10	b	65,45cde
Neoplanta	78,04	a	70,18	a	65,93	ab	60,77	b	68,73ab
P21T45	80,92	a	66,02	bc	65,39	ab	66,76	a	69,77a
Celina	71,26	ab	65,47	bc	64,32	abc	63,45	b	66,12bcd
Adonai	74,63	ab	71,17	a	65,08	abc	59,89	b	67,69abc
SED	3,12		1,12		1,19		1,79		SED (G)= 0,91
Mean (C)	72,7	a	66,4	b	64,35	c	62,73	d	SED (C)= 0,61
12									MEAN (G)
PR92B63	76,39	bc	71,76	b	75,38	a	73,64	a	74,29ab
PR92M35	76,92	bc	72,17	ab	69,83	b	68,39	a	71,82bc
PR92M22	82,68	a	74,56	ab	69,75	b	69,39	a	74,09ab
PR91M10	74,44	c	73,03	ab	69,69	b	67,89	a	71,26bc
Zora	80,13	ab	74,87	ab	71,01	ab	70,67	a	74,17ab
Neoplanta	83,18	a	79,19	a	71,31	ab	67,66	a	75,33a
P21T45	74,58	c	70,69	b	72,49	ab	72,67	a	72,61bc
Celina	76,86	bc	70,81	b	71,96	ab	69,85	a	72,37bc
Adonai	82,28	a	79,14	a	71,07	ab	69,38	a	75,47a
SED	1,59		2,15		1,40		1,61		SED (G)= 0,80
Mean (C)	78,6	a	74,02	b	71,39	c	69,94	d	SED (C)= 0,54

3.2.4 Μήκος ρίζας σποροφύτων

Σχετικά με το μήκος της ρίζας των σποροφύτων, παρουσιάστηκαν διαφορές μεταξύ των διαφορετικών ποικιλιών αλλά και των επιπέδων καταπόνησης. Όπως ήταν αναμενόμενο, το μήκος ρίζας σε όλες τις ποικιλίες μειωνόταν όσο αυξανόταν το επίπεδο της καταπόνησης ακόμα και στις ποικιλίες που είχαν αναπτύξει ικανοποιητικό μήκος ρίζας σε φυσιολογικό περιβάλλον (Πίνακας 3.10) (Γράφημα 3.5).

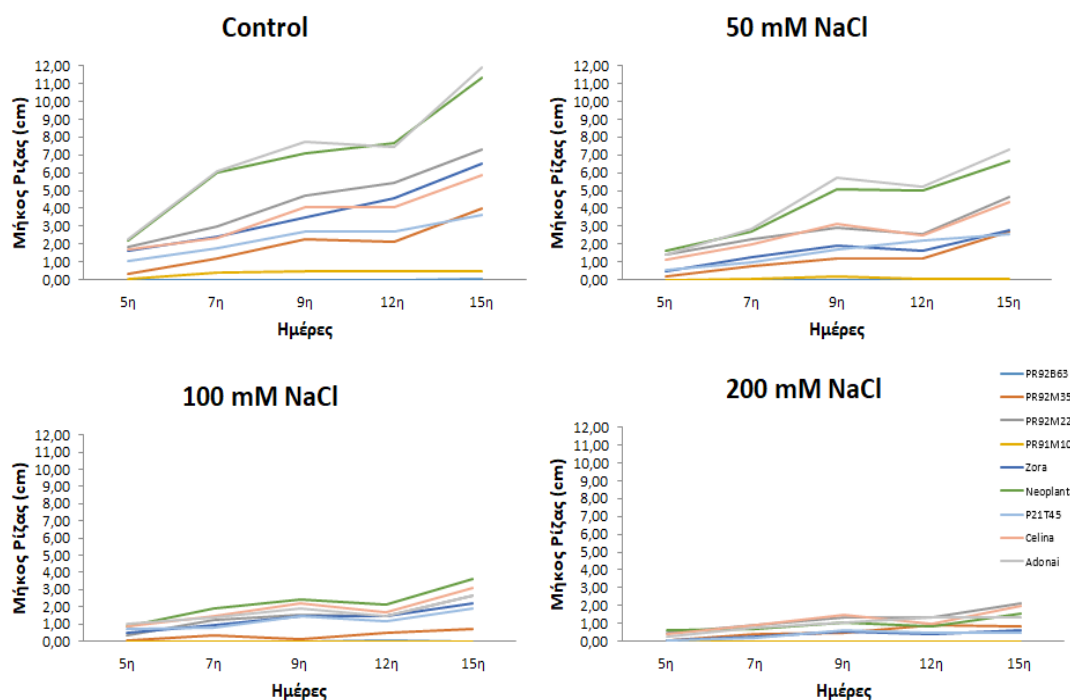
Στο μάρτυρα, η καλύτερη ανάπτυξη διαπιστώθηκε στις ποικιλίες Neoplanta και Adonai σε όλη τη διάρκεια των μετρήσεων. Ειδικότερα, μέχρι την ένατη ημέρα στην ποικιλία PR92B63 δεν είχε αναπτυχθεί καθόλου το ριζίδιο, ενώ τη δωδέκατη ημέρα παρατηρήθηκε η πρώτη του ανάπτυξη. Επίσης, στις ποικιλίες PR92M22 και PR91M10 το μήκος ρίζας δεν είχε ικανοποιητική ανάπτυξη ακόμη και στα φυτά μάρτυρες. Τη δέκατη πέμπτη ημέρα, η ποικιλία Adonai στο επίπεδο του 0 mM NaCl

είχε αποκτήσει το μεγαλύτερο μήκος ρίζας. Τη δέκατη πέμπτη ημέρα στους μάρτυρες, κατάταξη των ποικιλιών αναφορικά με το μήκος ρίζας ήταν η ακόλουθη: Adonai > Neoplanta > PR92M22 > Zora > Celina > PR92M35 > P21T45 > PR91M10 > PR92B63. Την ίδια ημέρα στο υψηλότερο επίπεδο αλατότητας το μήκος ρίζας μειωνόταν με την παρακάτω σειρά για τις ποικιλίες: PR92M22 > Celina > Neoplanta > Adonai > PR92M35 > Zora > P21T45 > PR91M10 = PR92B63, με τις δύο τελευταίες να παρουσιάζουν μηδενικό μήκος ρίζας. Αυτό αποδεικνύει ότι μπορεί οι ποικιλίες Adonai και Neoplanta να έχουν υψηλό δυναμικό ανάπτυξης σε φυσιολογικές συνθήκες αλλά σε περιβάλλοντα όπου επικρατεί υψηλή αλατότητα οι ποικιλίες PR92M22 και Celina είναι αυτές που παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη αντοχή στη συγκεκριμένη καταπόνηση.

Πίνακας 3.10: Μήκος ρίζας των σποροφύτων ανά ποικιλία (G) και επίπεδο στρες (συγκέντρωση NaCl (C)) την 5^η, 7^η, 9^η, 12^η και 15^η ημέρα της καταπόνησης αλατότητας.

Ημέρα	Ποικιλία	Συγκέντρωση NaCl (mM) (C)				MEAN (G)
		Control	50mM	100mM	200mM	
5						MEAN (G)
	PR92B63	0,00 c	0,00 d	0,00 f	0,00 d	0,00d
	PR92M35	0,34 c	0,15 cd	0,04 f	0,05 d	0,14b
	PR92M22	1,85 a	1,44 ab	0,32 e	0,49 ab	1,02d
	PR91M10	0,03 c	0,00 d	0,00 f	0,00 d	0,01d
	Zora	1,61 ab	0,46 cd	0,48 de	0,01 d	0,64c
	Neoplanta	2,23 a	1,65 a	0,83 bc	0,64 a	1,34a
	P21T45	1,07 b	0,57 c	0,72 cd	0,07 cd	0,59c
	Celina	1,73 ab	1,13 b	0,86 ab	0,43 abc	1,03b
	Adonai	2,27 a	1,40 ab	1,02 a	0,26 bcd	1,24ab
	SED	0,21	0,15	0,06	0,11	SED (G)= 0,07
	Mean (C)	1,23 a	0,75 b	0,46 c	0,21 d	SED (C)= 0,05
7						MEAN (G)
	PR92B63	0,00 f	0,00 f	0,00 f	0,00 d	0,00e
	PR92M35	1,22 de	0,76 de	0,38 ef	0,38 bc	0,68d
	PR92M22	2,98 b	2,28 ab	1,21 bcd	0,89 a	1,83b
	PR91M10	0,43 ef	0,06 ef	0,00 f	0,00 d	0,12e
	Zora	2,45 bc	1,30 cd	0,96 cd	0,23 cd	1,23c
	Neoplanta	6,01 a	2,70 ab	1,89 a	0,71 ab	2,83a
	P21T45	1,74 cd	0,95 d	0,76 de	0,16 cd	0,90d
	Celina	2,37 bc	2,01 bc	1,49 ab	0,92 a	1,69b

Adonai	6,07	a	2,85	a	1,40	bc	0,73	a	2,77a
SED	0,29		0,22		0,14		0,11		SED (G)= 0,10
Mean (C)	2,58	a	1,43	b	0,89	c	0,45	d	SED (C)= 0,07
9									MEAN (G)
PR92B63	0,00	e	0,00	f	0,00	d	0,00	c	0,00e
PR92M35	2,28	cde	1,20	de	0,11	d	0,49	bc	1,02d
PR92M22	4,71	b	2,95	bc	1,54	bc	1,32	a	2,63b
PR91M10	0,45	de	0,18	ef	0,00	d	0,00	c	0,16e
Zora	3,52	bc	1,93	cd	1,44	c	0,54	bc	1,86c
Neoplanta	7,08	a	5,07	a	2,41	a	1,07	ab	3,91a
P21T45	2,67	bcd	1,69	d	1,43	c	0,58	bc	1,59cd
Celina	4,08	bc	3,13	b	2,21	ab	1,51	a	2,73b
Adonai	7,71	a	5,72	a	1,87	abc	1,06	ab	4,09a
SED	0,69		0,34		0,22		0,18		SED (G)= 0,21
Mean (C)	3,61	a	2,43	b	1,22	c	0,73	d	SED (C)= 0,14
12									MEAN (G)
PR92B63	0,01	d	0,00	c	0,01	c	0,01	c	0,01e
PR92M35	2,10	cd	1,17	bc	0,46	c	0,91	ab	1,16d
PR92M22	5,45	ab	2,56	b	1,42	b	1,37	a	2,70b
PR91M10	0,38	d	0,02	c	0,00	c	0,00	c	0,10e
Zora	4,54	bc	1,63	bc	1,44	b	0,44	bc	2,01bc
Neoplanta	7,63	a	5,03	a	2,13	a	0,83	ab	3,90a
P21T45	2,39	cd	2,22	b	1,16	b	0,48	bc	1,51cd
Celina	3,85	bc	2,46	b	1,65	ab	0,96	ab	2,23bc
Adonai	7,42	a	5,22	a	1,50	b	1,34	a	3,87a
SED	0,75		0,54		0,18		0,2		SED (G)= 0,24
Mean (C)	3,75	a	2,26	b	1,08	c	0,7	c	SED (C)= 0,16
15									MEAN (G)
PR92B63	0,05	e	0,00	e	0,00	d	0,00	f	0,01e
PR92M35	3,96	bc	2,68	cd	0,72	cd	0,84	cde	2,05d
PR92M22	7,27	b	4,61	bc	2,68	ab	2,14	a	4,17b
PR91M10	0,21	de	0,04	de	0,00	d	0,00	f	0,06e
Zora	6,50	bc	2,74	c	2,21	b	0,65	def	3,02cd
Neoplanta	11,31	a	6,67	ab	3,65	a	1,53	abc	5,79a
P21T45	3,61	cd	2,54	cde	1,93	bc	0,50	ef	2,45d
Celina	5,85	bc	4,37	bc	3,08	ab	1,97	ab	3,82bc
Adonai	11,90	a	7,29	a	2,66	ab	1,32	bcd	5,79a
SED	1,01		0,79		0,42		0,22		SED (G)= 0,34
Mean (C)	5,62	a	3,43	b	1,88	c	0,99	d	SED (C)= 0,23



Γράφημα 3.5: Μήκος ρίζας των σποροφύτων ανά ποικιλία (G) και επίπεδο στρες (συγκέντρωση NaCl (C)) την 5^η, 7^η, 9^η, 12^η και 15^η ημέρα της καταπόνησης αλατότητας.

3.2.5 Μήκος βλαστού των σποροφύτων

Με βάση το συγκεκριμένο γνώρισμα εντοπίστηκαν διαφοροποιήσεις μεταξύ των εννιά ποικιλιών. Γενικά, το μήκος βλαστού κυμάνθηκε σε χαμηλά επίπεδα σε όλες τις ποικιλίες με συνεχή μείωση όσο αυξανόταν το επίπεδο καταπόνησης (Πίνακας 3.11) (Γράφημα 3.6).

Αναλυτικά την πέμπτη ημέρα στο 0 mM NaCl, μόνο οι ποικιλίες PR92M22, Celina, Neoplanta και Adonai ανέπτυξαν ένα μικρό μήκος βλαστού, ενώ οι υπόλοιπες παρουσίασαν αδυναμία ανάπτυξης βλαστού. Την ίδια ημέρα στο 50 mM NaCl, οι ίδιες ποικιλίες εκτός της PR92M22 παρουσίασαν περιορισμένη αύξηση βλαστού σε μικρότερο μήκος φυσικά. Αντίθετα, στο επίπεδο στρες 100 mM NaCl η μοναδική ποικιλία που ανέπτυξε βλαστό ήταν η Neoplanta και τέλος, στο 200 mM NaCl καμία από τις ποικιλίες δεν είχε την ικανότητα ανάπτυξης βλαστού. Στο περιβάλλον των 100 και 200 mM NaCl, η μείωση του μήκους του βλαστού ήταν πολύ δραστική σε όλες τις ποικιλίες στην περίπτωση της καταπόνησης της αλατότητας. Στο υψηλότερο

επίπεδο καταπόνησης από την ένατη ημέρα και ύστερα άρχισε να αναπτύσσεται βλαστός αλλά μόνο στην ποικιλία PR92M22.

Πίνακας 3.11: Μήκος βλαστού των σποροφύτων ανά ποικιλία (G και επίπεδο στρες (συγκέντρωση NaCl (C)) την 5^η , 7^η , 9^η , 12^η και 15^η ημέρα της καταπόνησης αλατότητας.

Ημέρα	Ποικιλία	Συγκέντρωση NaCl (mM) (C)								
		Control		50mM		100mM		200mM		
5		MEAN (G)								
	PR92B63	0,00	b	0,00	b	0,00	b	0,00	a	0,00c
	PR92M35	0,00	b	0,00	b	0,00	b	0,00	a	0,00c
	PR92M22	0,23	b	0,00	b	0,00	b	0,00	a	0,06c
	PR91M10	0,00	b	0,00	b	0,00	b	0,00	a	0,00c
	Zora	0,00	b	0,00	b	0,00	b	0,00	a	0,00c
	Neoplanta	0,93	a	0,15	a	0,15	a	0,00	a	0,31a
	P21T45	0,00	b	0,00	b	0,00	b	0,00	a	0,00c
	Celina	0,46	ab	0,03	b	0,00	b	0,00	a	0,12bc
	Adonai	0,50	ab	0,30	ab	0,00	b	0,00	a	0,20ab
	SED	0,17		0,05		0,00		0,00		SED (G)= 0,04
Mean (C)	0,23	a	0,05	b	0,02	b	0,00	b	SED (C)= 0,03	
7		MEAN (G)								
	PR92B63	0,00	b	0,00	b	0,00	c	0,00	a	0,00c
	PR92M35	0,00	b	0,00	b	0,00	c	0,00	a	0,00c
	PR92M22	0,42	ab	0,21	b	0,00	c	0,00	a	0,16b
	PR91M10	0,00	b	0,00	b	0,00	c	0,00	a	0,00c
	Zora	0,13	b	0,23	b	0,00	c	0,00	a	0,09bc
	Neoplanta	0,65	a	0,58	a	0,32	a	0,00	a	0,36a
	P21T45	0,00	b	0,05	b	0,00	c	0,00	a	0,01c
	Celina	0,12	b	0,21	b	0,00	c	0,00	a	0,08bc
	Adonai	0,61	a	0,65	a	0,18	b	0,00	a	0,36a
	SED	0,13		0,08		0,03		0,00		SED (G)= 0,04
Mean (C)	0,21	a	0,21	a	0,00	b	0,00	b	SED (C)= 0,03	
9		MEAN (G)								
	PR92B63	0,00	e	0,00	d	0,00	c	0,00	a	0,00d
	PR92M35	0,00	e	0,00	d	0,00	c	0,00	a	0,00d
	PR92M22	0,62	bc	0,27	bc	0,00	c	0,07	a	0,24b
	PR91M10	0,00	e	0,00	d	0,00	c	0,00	a	0,00d
	Zora	0,41	cd	0,17	bcd	0,00	c	0,00	a	0,14bc
	Neoplanta	0,84	ab	0,67	a	0,43	a	0,00	a	0,48a
	P21T45	0,11	de	0,08	cd	0,00	c	0,00	a	0,05cd
	Celina	0,33	cde	0,35	b	0,06	bc	0,00	a	0,18b

Adonai	0,99	a	0,76	a	0,20	b	0,00	a	0,49a
SED	0,11		0,06		0,06		0,03		SED (G)= 0,03
Mean (C)	0,36	a	0,23	b	0,08	c	0,01	d	SED (C)= 0,02
12									MEAN (G)
PR92B63	0,00	d	0,00	d	0,00	c	0,00	b	0,00e
PR92M35	2,08	cd	1,81	c	0,00	c	0,00	b	0,97d
PR92M22	4,95	b	2,83	bc	0,91	bc	0,81	a	2,37c
PR91M10	0,00	d	0,00	d	0,00	c	0,00	b	0,00e
Zora	4,21	bc	2,01	c	0,00	c	0,00	b	1,56d
Neoplanta	8,04	a	4,48	a	2,28	a	0,48	b	3,82a
P21T45	3,56	bc	1,59	cd	0,32	c	0,00	b	1,36d
Celina	4,93	b	3,17	abc	2,29	a	0,96	a	2,84bc
Adonai	8,08	a	4,22	ab	1,64	ab	0,07	b	3,50ab
SED	0,78		0,48		0,37		0,16		SED (G)= 0,25
Mean (C)	3,98	a	2,23	b	0,82	c	0,26	d	SED (C)= 0,17
15									MEAN (G)
PR92B63	0,00	c	0,00	b	0,00	b	0,00	a	0,00d
PR92M35	0,68	abc	0,00	b	0,00	b	0,00	a	0,17cd
PR92M22	1,00	a	0,34	b	0,00	b	0,04	a	0,34bc
PR91M10	0,00	c	0,00	b	0,00	b	0,00	a	0,00d
Zora	0,89	ab	0,31	b	0,00	b	0,00	a	0,30c
Neoplanta	1,14	a	0,91	a	0,36	a	0,00	a	0,60a
P21T45	0,30	bc	0,05	b	0,00	b	0,00	a	0,08d
Celina	0,87	ab	0,44	b	0,00	b	0,01	a	0,33bc
Adonai	1,06	a	0,92	a	0,10	b	0,01	a	0,52ab
SED	0,21		0,13		0,07		0,01		SED (G)= 0,06
Mean (C)	0,66	a	0,33	b	0,05	c	0,01	c	SED (C)= 0,04

Την δέκατη πέμπτη ημέρα στο 0 mM NaCl, τη μεγαλύτερη ανάπτυξη βλαστού παρουσίασαν οι ποικιλίες Neoplanta, Adonai και PR92M22, στο 50 mM NaCl οι ποικιλίες Adonai, Neoplanta και Celina, στο 100 mM NaCl οι ποικιλίες Adonai και Neoplanta και στο 200 mM NaCl μία πολύ μικρή ανάπτυξη βλαστού σημειώθηκε στις ποικιλίες PR92M22, Celina και Adonai. Συμπεραίνεται λοιπόν ότι οι ποικιλίες Neoplanta, PR92M22, Celina και Adonai ήταν εκείνες που ξεχώρισαν για την υπεροχή τους ενάντια στην καταπόνηση της αλατότητας και ότι οι ποικιλίες PR92B63, PR91M10 και PR92M35 παρουσίασαν αδυναμία ανάπτυξης βλαστού σχεδόν σε όλο το διάστημα λήψης παρατηρήσεων.

PR92B63	0,00	c	0,00	d	0,00	e	0,00	b	0,00e
PR92M35	35,76	c	8,30	d	1,67	de	1,67	b	11,85de
PR92M22	199,55	b	151,33	b	36,55	cd	27,26	a	103,67b
PR91M10	1,42	c	0,20	d	0,00	e	0,00	b	0,40e
Zora	119,73	bc	46,02	cd	19,90	cde	1,94	b	46,90cd
Neoplanta	566,94	a	248,53	a	165,11	a	31,72	a	253,07a
P21T45	52,58	c	22,93	cd	13,33	cde	0,87	b	22,43de
Celina	115,22	bc	91,78	bc	47,27	c	23,29	a	69,39bc
Adonai	636,49	a	241,82	a	101,23	b	19,99	a	249,88a
SED	39,61		21,05		10,79		4,35		SED (G)= 11,59
Mean (C)	191,96	a	90,1	b	42,78	c	11,86	d	SED (C)= 7,23
									MEAN (G)
PR92B63	0,00	d	0,00	d	0,00	d	0,00	b	0,00d
PR92M35	231,04	cd	79,64	d	9,22	d	4,62	b	81,13d
PR92M22	690,94	b	428,92	b	127,71	c	119,55	a	341,79b
PR91M10	4,86	d	0,67	d	0,00	d	0,00	b	1,38d
Zora	650,60	b	157,53	cd	89,89	cd	14,57	b	228,15c
Neoplanta	1215,41	a	673,44	a	361,75	a	112,95	a	590,89a
P21T45	194,46	cd	95,04	d	66,04	cd	6,75	b	90,57d
Celina	532,27	bc	374,28	bc	166,07	bc	84,12	a	289,18bc
Adonai	1296,25	a	738,15	a	240,58	b	81,24	a	589,06a
SED	114,75		71,15		30,97		17,37		SED (G)= 34,90
Mean (C)	535,09	a	283,07	b	117,92	c	47,09	d	SED (C)= 23,27

3.2.7 Μη φυσιολογικός φαινότυπος

Η καταπόνηση αλατότητας δεν προκάλεσε μη φυσιολογικό φαινότυπο σε κάποιο από τα φυτά σόγιας των εννιά ποικιλιών που χρησιμοποιήθηκαν για την διεκπεραίωση του πειράματος, όπως αποδεικνύεται από τις συνεχείς παρατηρήσεις που πραγματοποιούνταν καθόλη όλη τη διάρκεια του.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Οι αβιοτικές καταπονήσεις αποτελούν σημαντικότετους παράγοντες που πλήττουν την ανάπτυξη και παραγωγικότητα των καλλιεργειών σε παγκόσμιο επίπεδο, προκαλώντας απώλειες που συχνά ξεπερνούν το 50 % του δυναμικού παραγωγικότητας (Bray et al., 2000). Μεταξύ των αβιοτικών καταπονήσεων, οι πλέον επιζήμιες από πλευράς αλλαγών που λαμβάνουν χώρα σε μοριακό, βιοχημικό και φυσιολογικό επίπεδο, είναι η οξειδωτική καταπόνηση, η ανεπάρκεια εδαφικής υγρασίας, η υψηλή αλατότητα και υψηλή θερμοκρασία και η περίσσεια νερού που δύναται να προκαλέσει ανοξία ή υποξία. Σε περιβάλλοντα όπου επικρατούν αβιοτικές καταπονήσεις, ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για την επίτευξη ικανοποιητικής ανάπτυξης και απόδοσης των καλλιεργειών, είναι η δημιουργία βελτιωμένων ποικιλιών με γενετική ανθεκτικότητα έναντι των αβιοτικών καταπονήσεων. Η αναβάθμιση ωστόσο της γενετικής ανθεκτικότητας των ποικιλιών έγκειται σε μεγάλο βαθμό την ύπαρξη ή/και δυνατότητα δημιουργίας γενετικής παραλλακτικότητας αλλά και στην διαθεσιμότητα κατάλληλων μεθόδων για την επιλογή των επιθυμητών ανθεκτικών γονοτύπων. Στο πλαίσιο αυτό, ιδιαίτερα σημαντική είναι η δυνατότητα διάκρισης της ανθεκτικότητας σε πρώιμα αναπτυξιακά στάδια.

Η σόγια είναι ένα από τα φυτά που παρουσιάζουν ανοχή στην ξηρασία (Oosterhuis and Wullschlegel, 1998), αλλά το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό απουσιάζει από τις περισσότερες εμπορικές ποικιλίες, ενώ έναντι στην αλατότητα χαρακτηρίζεται από μέτρια ανοχή (Ashraf, 1994). Οι καλλιεργούμενες ποικιλίες σόγιας συγκαταλέγονται στις πλέον απαιτητικές σε εισροές καλλιέργειες ενώ παράλληλα, η επίτευξη ικανοποιητικών αποδόσεων προϋποθέτει την επικράτηση ιδανικών εδαφοκλιματικών συνθηκών. Μεταξύ των διαφόρων αβιοτικών παραγόντων καταπόνησης, η ξηρασία και η υψηλή αλατότητα είναι οι καταπονήσεις οι οποίες επηρεάζουν περισσότερο δραστικά την καλλιέργεια, κυρίως μέσω των διαταρχών που προκαλούνται στην ιοντική και οσμωτική ισορροπία των κυττάρων (Shilpi and Narendra, 2005). Παρουσία των συγκεκριμένων καταπονήσεων, σημειώνεται δραστικότερη μείωση της απόδοσης, που μπορεί να φθάσει και το 40% του παραγωγικού δυναμικού, καθώς και ποιοτική υποβάθμιση του σπόρου.

Στο σύνολό τους τα ευρήματα της παρούσας μελέτης, υποδεικνύουν ότι οι καταπονήσεις ξηρασίας και υψηλής αλατότητας επέφεραν μείωση του ποσοστού βλάστησης στο σύνολο των ποικιλιών και επιπέδων καταπόνησης. Όπως έχει αναδειχθεί σε προηγούμενες μελέτες, η μείωση αυτή πιθανώς αποδίδεται είτε σε έμμεσες επιδράσεις, όπως ο περιορισμός της απορρόφησης νερού από τους σπόρους (Dodd and Donovan, 1999), η μεταβολή στην κινητοποίηση αποθηκευμένων αποθεμάτων (Bouaziz and Hicks, 1990, Lin and Kao, 1995. Prakash and Prathapasenan, 1988) είτε σε άμεσες επιδράσεις, όπως οι μεταβολές που σχετίζονται με τη δομική οργάνωση ή σύνθεση πρωτεϊνών στα βλαστώντα έμβρυα (Ramagopal, 1990).

Σύμφωνα με τα ευρήματα της παρούσας μελέτης, οι μέτριες εντάσεις καταπόνησης καθυστέρησαν μόνο τη βλάστηση, ενώ η υψηλότερη συγκέντρωση PEG και NaCl οδήγησαν σε σημαντική μείωση των τελικών ποσοστών βλάστησης. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με αναφορές σχετικών μελετών, όπου αναδεικνύεται η σημαντική επίδραση του επιπέδου καταπόνησης στο ποσοστό βλάστησης των σπόρων (Almansouri et al., 2001, Muscolo et al., 2013).

Το υψηλό επίπεδο καταπόνησης με PEG ήταν περισσότερο επιζήμιο για το τελικό ποσοστό βλάστησης συγκριτικά με την ισο-οσμωτική συγκέντρωση του NaCl. Όπως αναφέρεται και σε προηγούμενες μελέτες, οι προαναφερθείσες καταπονήσεις, παρά τις ομοιότητές σε επίπεδο βλάστησης και ανάπτυξης, παρουσιάζουν διαφορές όσον αφορά τις επιδράσεις τους στο μεταβολισμό των φυτών. Έτσι, υπογραμμίζεται ότι η υδατική καταπόνηση και η καταπόνηση άλατος οδηγεί σε καθυστέρηση και αναστολή των διαδικασιών βλάστησης που στην περίπτωση του PEG σχετίζεται με την πρόσληψη νερού, η οποία μειώνεται όσο αυξάνεται το ποσοστό του PEG, ενώ οι επιδράσεις της καταπόνησης άλατος πιθανώς συνδέονται με την αυξημένη συσσώρευση ιόντων (Almansouri et al., 2001)

4.1 Υδατική καταπόνηση

Η ξηρασία αποτελεί έναν από τους κύριους παράγοντες αβιοτικού στρες που επιδρά αρνητικά στην αύξηση και απόδοση της σόγιας, καθιστώντας επισφαλή την οικονομική βιωσιμότητα της καλλιέργειας (Grümberg et al., 2014). Ο βαθμός

μείωσης της απόδοσης εξαρτάται από το στάδιο ανάπτυξης του φυτού, το γονότυπο, τη διάρκεια του στρες και το επίπεδο της καταπόνησης, καθώς και την τυχόν ύπαρξη αλληλεπίδρασης γονοτύπου-περιβάλλοντος.

Αναφορικά με την επίδραση της υδατικής καταπόνησης στη φυσιολογία των φυτών, πρόσφατες μελέτες αναφέρουν ότι η ξηρασία μειώνει το ρυθμό της φωτοσύνθεσης και την παρουσία ύδατος σε φύλλα, λουλούδια και λοβούς και προκαλεί αλλαγές στο μεταβολισμό των υδατανθράκων στα φύλλα. Επίσης, μείωσε τις συγκεντρώσεις σακχαρόζης και αμύλου σε φύλλα αλλά αύξησε τις συγκεντρώσεις εξόζης (γλυκόζη + φρουκτόζη). Στα λουλούδια και τα λοβό, οι συγκεντρώσεις της σακχαρόζης ήταν υψηλότερες υπό συνθήκες ξηρασίας σε σύγκριση με τους καλώς ενυδατωμένους μάρτυρες (Liu et al., 2004, Pelleschi et al., 1997 and Kim et al., 2000).

Στην παρούσα μελέτη, αξιολογήθηκε η απόκριση εννέα ποικιλιών εμπορικών σόγιας υπό συνθήκες καταπόνησης ξηρασίας με PEG στο στάδιο της βλάστησης των σπόρων και ανάπτυξης των νεαρών σποροφύτων, το οποίο αποτελεί κρίσιμο σημείο για την επιτυχή εγκατάσταση της καλλιέργειας (Muscolo et al., 2013). Τα αποτελέσματα υπογραμμίζουν ότι οι ποικιλίες PR92M22, Neoplanta και Adonai αναδείχθηκαν ως οι πιο ανθεκτικές έναντι στην ξηρασία, με την Neoplanta να κατατάσσεται στις ποικιλίες που έχουν τη μεγαλύτερη ικανότητα βλάστησης σε ακραίες συνθήκες υδατικής καταπόνησης. Η επίδραση της καταπόνησης υπήρξε διαφορετική για τις εννέα υπό μελέτη ποικιλίες, γεγονός που παρέχει σημαντικές ενδείξεις για την ύπαρξη σημαντικής γενετικής παραλλακτικότητας ως προς το γνώρισμα της ανθεκτικότητας στην ξηρασία. Αυτό έχει αποδειχθεί και σε προηγούμενη μελέτη, στην οποία είχαν εξεταστεί είκοσι ποικιλίες σόγιας και δύο από αυτές βρέθηκαν ανθεκτικές, δύο ευαίσθητες και οι υπόλοιπες χαρακτηρίστηκαν ως γονότυποι μέτριας ανθεκτικότητας (Bousslama and Schapaugh., 1984). Σε όλες ωστόσο τις περιπτώσεις, συμπεριλαμβανομένου και της παρούσας μελέτης, η επίδραση της καταπόνησης υπήρξε ανάλογη με το εφαρμοζόμενο επίπεδο στρες.

Αναφορικά με το ποσοστό απορρόφησης νερού των σπόρων (WU%) καθώς και την περιεκτικότητα των σποροφύτων σε υγρασία (WC %), τα οποία συνιστούν δύο χαρακτηριστικά που παρουσιάζουν άμεση σχέση με τη βλαστικότητα (<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19640301929>), σημειώθηκε μείωση η οποία αυξανόταν αναλογικά με το επίπεδο της καταπόνησης. Παρά τις πληροφορίες

που εκμαιεύτηκαν από τα σχετικά αποτελέσματα, κρίνεται ότι τα γνωρίσματα αυτά δεν αποτελούν αξιόπιστα γνωρίσματα για την επιλογή ανθεκτικών ποικιλιών καθώς δεν παρέχουν τη δυνατότητα εξαγωγής ασφαλών συμπερασμάτων σχετικά με την ανθεκτικότητα/ευαισθησία των ποικιλιών στα υπό μελέτη αναπτυξιακά στάδια.

Η ανάπτυξη το ριζιδίου και του βλαστού αποτελούν χαρακτηριστικά, τα οποία παρέχουν σημαντικές ενδείξεις σχετικά με την ανθεκτικότητα της κάθε ποικιλίας έναντι της ξηρασίας (Idrissi et al. 2015). Με την αύξηση του επιπέδου στρες, υπεισέρχεται αναστολή της ανάπτυξης της ρίζας και του βλαστού με τη μεγαλύτερη μείωση να σημειώνεται προφανώς στο μεγαλύτερο επίπεδο καταπόνησης. Σε σχέση με τα αναπτυξιακά γνωρίσματα των σπορόφυτων, οι ποικιλίες PR92M22, Adonai και Neoplanta απέδειξαν ότι και σε ήπιες, μεσαίες και ακραίες συνθήκες ξηρασίας έχουν την ικανότητα να προσαρμόζονται και να επιβιώνουν περισσότερο σε σχέση με τις υπόλοιπες ποικιλίες που εξετάστηκαν.

Από το σύνολο των δεδομένων, συμπεραίνεται ότι όταν επικρατούν περιβάλλοντα ανεπαρκούς εδαφικής υγρασίας, οι ποικιλίες που παρουσιάζουν ικανοποιητικό επίπεδο ανθεκτικότητας και συνεπώς η αξιοποίησή τους είναι υποσχόμενη για καλλιέργεια στα περιβάλλοντα αυτά είναι οι Adonai και Neoplanta, και PR92M22. Οι προαναφερθείσες ποικιλίες αναδείχθηκαν ως οι περισσότερο ανθεκτικές στην υδατική καταπόνηση μιας και παρουσίαζαν υψηλό δυναμικό βλάστησης, ικανοποιητικό ρυθμό ανάπτυξης και γρήγορη εξέλιξη σε όλες τις συνθήκες. Ειδικά η ποικιλία Neoplanta ξεχώρισε για την υπεροχή της στο υψηλότερο επίπεδο καταπόνησης, οπότε θεωρείται η ποικιλία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν σε συνθήκες αγρού επικρατούν ακραία επίπεδα ξηρασίας.

4.2 Καταπόνηση αλατότητας

Η καταπόνηση της αλατότητας αποτελεί έναν σημαντικό περιοριστικό παράγοντα για την ανάπτυξη οσπρίων και συγκεκριμένα για τη σόγια (Amirjani., 2010). Η ευαισθησία της σόγιας στην αλατότητα προσδιορίζεται παρατηρώντας την επίδραση της αλατότητας στη βλάστηση των σπόρων. Στην παρούσα μελέτη, αποδεικνύεται ότι το NaCl επηρεάζει σε αρκετά μεγάλο βαθμό το ποσοστό βλάστησης και την ανάπτυξη των σποροφύτων σόγιας με περισσότερο ανασταλτικό αποτέλεσμα να

προκύπτει από την επίδραση του 200 mM NaCl. Τα ευρήματα αυτά είναι σύμφωνα με τα αποτελέσματα πρόσφατων μελετών όπου αναφέρεται ότι το συγκεκριμένο επίπεδο καταπόνησης επιδρά αρνητικά στην ανάπτυξη της σόγιας (Kao et al, 2006).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης, οι ποικιλίες Neoplanta και Adonai σημείωσαν την καλύτερη επίδοση σχετικά με το ποσοστό βλάστησης σε όλα τα επίπεδα καταπόνησης που εφαρμόστηκαν στο πείραμα. Παράλληλα, τα ευρήματα υπογραμμίζουν ότι η ποικιλία Neoplanta παρουσιάζει τη μεγαλύτερη αντοχή στην καταπόνηση υψηλής αλατότητας, καθώς διατήρησε ικανοποιητικό ποσοστό βλάστησης ακόμη και στο υψηλό επίπεδο καταπόνησης (200 mM: 45 %).

Παρά το γεγονός ότι το ποσοστό απορρόφησης νερού των σπόρων (WU%) καθώς και η περιεκτικότητα των σποροφύτων σε υγρασία (WC %), τα οποία σχετίζονται με το ποσοστό βλάστησης, σημείωσαν μείωση υπό συνθήκες καταπόνησης, κρίθηκαν ως μη αξιόπιστα κριτήρια για την αξιολόγηση της ανθεκτικότητας στην καταπόνηση. Αυτό τεκμαίρεται από το ότι οι πληροφορίες που παρέχουν είναι ανεπαρκείς για την κατάταξη των ποικιλιών με βάση την ανθεκτικότητα τους έναντι της καταπόνησης αλατότητας.

Όσον αφορά τα χαρακτηριστικά του μήκους ρίζας και βλαστού, με την αύξηση του επιπέδου στρες μειωνόταν η ανάπτυξη τους και όπως είναι προφανές το μήκος της ρίζας και του βλαστού μειωνόταν σημαντικά στο περιβάλλον όπου επικρατούσε υψηλό επίπεδο στρες (200 mM NaCl). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης τα δύο γνωρίσματα που σχετίζονται με την ανάπτυξη των νεαρών σποροφύτων παρέχουν σημαντικές ενδείξεις σχετικά με την ανθεκτικότητα των ποικιλιών και συνεπώς αποτελούν αξιόπιστα κριτήρια για την επιλογή των επιθυμητών ανθεκτικών γονοτύπων. Βάσει των αποτελεσμάτων που αφορούν στο μήκος ρίζας και βλαστού, οι ποικιλίες PR92M22, Celina, Neoplanta και Adonai παρουσίασαν την καλύτερη ανάπτυξη ακόμη και σε συνθήκες καταπόνησης στο υψηλό επίπεδο στρες.

Παρά το γεγονός ότι τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης υπογραμμίζουν ότι η μελέτη της απόκρισης των ποικιλιών στη φάση της βλάστησης προσφέρει τη δυνατότητα διάκρισης της ανθεκτικότητας/ευαισθησίας, είναι σημαντικό να τονιστεί ότι η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων θα πρέπει να επιβεβαιωθεί μέσω της αξιολόγησης της ανθεκτικότητας των υπό μελέτη ποικιλιών σε πειράματα αγρού. Στο

πλαίσιο αυτό, η αξιολόγηση των ποικιλιών υπό συνθήκες καταπόνησης θα πρέπει να συντελεστεί κατά το στάδιο της άνθισης, το οποίο θεωρείται ως το κρίσιμο στάδιο για την καταπόνησης ξηρασίας και υψηλής αλατότητας στη σόγια. Για το σκοπό αυτό, η αξιολόγηση γίνεται βάσει της εκατοστιαίας απώλειας απόδοσης υπό συνθήκες καταπόνησης. Εφόσον διαπιστωθεί ικανοποιητική συσχέτιση της ανθεκτικότητας μεταξύ του σταδίου της βλάστησης και των μεταγενέστερων αναπτυξιακών σταδίων, παρέχεται η δυνατότητα αξιοποίησης του δυναμικού βλάστησης και ανάπτυξης των σποροφύτων για πρόιμη αξιόπιστη επιλογή ανθεκτικού γενετικού υλικού.

Τα τελευταία χρόνια, η βελτίωση του γνωρίσματος της ανθεκτικότητας έναντι καταπονήσεων έχει αναβαθμιστεί σημαντικά από τις συνεχώς αυξανόμενες πληροφορίες που σχετίζονται με την κατανόηση των μηχανισμών ανθεκτικότητας στις καταπονήσεις. Προς την κατεύθυνση αυτή, συμβάλει η ταυτοποίηση πληθώρας γονιδίων και μορίων που εμπλέκονται είτε στο δίκτυο σηματοδότησης του στρες είτε στους μηχανισμούς άμυνας των φυτών. Στο πλαίσιο αυτό, πρόσφατες μελέτες αναφέρουν ότι μονοπάτια νουκλεϊκών οξέων και ορισμένα γονίδια σηματοδότησης ασβεστίου επάγονται υπό συνθήκες καταπόνησης, παρέχοντας έτσι αναβαθμισμένη ανθεκτικότητα έναντι της καταπόνησης υψηλής αλατότητας (Mahajan and Tuteja, 2005).

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Διεθνής Βιβλιογραφία

Alam, M.Z., Stuchbury, T., Naylor, R.E.L. and Rashid, M.A. 2003. Water uptake and germination pattern of rice seeds under iso-osmotic solutions of NaCl and PEG, different concentrations of CaCl₂ and combinations of NaCl and CaCl₂. Pakistan Journal of Biological Sciences, 6: 1059-1066.

Alghamdi, S.S., Khan, M.A., El-Harty, E.H., Ammar, M.H., Farooq, M., Migdadi, H.M. 2017. Comparative phytochemical profiling of different soybean (*Glycine max* (L.) Merr) genotypes using GC – MS. Saudi Journal of Biological Sciences, 25:15-21.

Almansouri, M., Kinet, J.M., Lutts, S. 2001. Effect of salt osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). Plant and Soil, 231, pp 243-254.

Amarjani, M.R. 2010. Effect of salinity stress on growth, mineral composition, proline content, antioxidant enzymes of soybean. American Journal of Plant Physiology, 5 (6): 350-360.

Ashraf, M. 1994. Genetic variation for salinity tolerance in spring wheat. Department of Plant Sciences, University of Arizona, Tucson, AZ 85721, USA. 120, pp 99-104.

Atibalentja, N., Bekal, S., Domier, L. L., Niblack, T.L., Noel, G.R., Lambert, K.N. 2005. A genetic linkage map of the soybean cyst nematode *Heterodera glycines*. Molecular Genetics and Genomics, 273, 273–281.

Bennett, E.J., Roberts, J.A., Wagstaff, C. 2011. The role of the pod in seed development: strategies for manipulating yield. New Phytol, 190, 838–853.

Bettiol, W., Ghini, R., Galvão, J.A.H., Ligo, M.A.V., Mineiro, J.L.C. 2002. Soil microorganisms in organic and conventional cropping systems. Sci Agric, 59: 565–572.

Bouaziz, A. and Hicks, D.R. 1990. Consumption of wheat seed reserves during germination and early growth as affected by soil water potential. Plant Soil, 128, 161–165.

- Bousslama, M. and Schapaugh, W.T. 1984. Stress Tolerance in Soybeans. I. Evaluation of Three Screening Techniques for Heat and Drought Tolerance, Vol. 24 No. 5, p. 933-937.
- Boyer, J.S. 1982. Plant productivity and environment. *Science*, 218(4571):443-448.
- Cartter, J.L. and Hartwing, E.E. 1963. The management of soybeans, p.161-236. In A.G. Norman (ed.) *The Soybean*. Academic Press, New York-London.
- Chen, L.M., Zhou, X.A., Li, W.B., Chang, W., Zhou, R., Wang, C., Sha, A.H, Shan, Z.H, Zhang, C.J., Qiu, D.Z., Yang, Z.L, Chen, S.L. 2013. Genome-wide transcriptional analysis of two soybean genotypes under dehydration and rehydration conditions. *BMC Genomics*, 14, 687.
- Cober, E.R., Morrison, M.J. 2010. Regulation of seed yield and agronomic characters by photoperiod sensitivity and growth habit genes in soybean. *Theor Appl Genet*, 120(5):1005–12.
- Cregan, P.B., Jarvik, T., Bush, A.L., Shoemaker, R.C., Lark, K.G., Kahler, A.L., Kaya, N., Van Toai, T.T., Lohnes, D.G., Chung, L., Specht, J.E. 1999. An integrated genetic linkage map of the soybean genome. *Crop Science*, 39, 1464–1490.
- De Bruin, J.L., Pederson, P. 2008. Yield improvement and stability for soybean cultivars with resistance to *Heterodera glycines* Ichinohe. *Agronomy Journal*, 100, 1354–1359.
- Dodd, G.L. and Donovan, L.A. 1999. Water potential and ionic effects on germination and seedling growth of two cold desert shrubs. *Am. J. Bot*, 86, 1146–1153.
- Dong, Y.S., Zhuang, B.C., Zhao, L.M., Sun, H., He, M.Y. 2001. The genetic diversity of annual wild soybeans grown in China. *Theoretical and Applied Genetics*, 103, 98–103.
- Dornbos, D.L., Mullen, R.E. 1991. Influence of stress during soybean seed fill on seed weight, germination, and seedling growth-rate. *Can J Plant Sci.*, 71: 373–83.
- Egli, D.B., TeKrony, D.M., Heitholt, J.J., Rupe, J. 2005. Air temperature during seed filling and soybean seed germination and vigor. *Crop Sci.*, 45:1329–35.

- Fernades, E.G., Pereira, O.L., Silva, C.C., Pereira- Bento, C.B., Queiroz, M.V. 2015. Diversity of endophytic fungi in Glycine max. *Microbiological Research*, 181:84-92.
- Gale, M.D., and Devos, K.M. 1998. Comparative genetics in the μgrasses. *Proc. Natl. Acad. Sci., USA* 95: 1971–1974.
- Grumberg, B.C., Urcelay, C., Shroeder, M.A., Vargas-Gil, S., Luna, C.M. 2014. The role of inoculum identity in drought stress mitigation by arbuscular mycorrhizal fungi in soybean. *Biol Fertil Soils*, 51:1-10, 2015.
- Gupta, S.K., 2012. *Technological Innovations in Major World Oil Crops*. Springer, New York, USA.
- Hernandez- Viezcas, J.A., Castillo- Michel, H., Andrews, J.C., Cotte, M., Rico, C., Peralta- Videa, J.R., GE, Y., Priester, J.H., Holden, P.A., Gardea- Torresdey, J.L. 2013. In Situ Synchrotron X-ray Fluorescence Mapping and Speciation of CeO₂ and ZnO Nanoparticles in Soil Cultivated Soybean (Glycine max). www.acsnano.org, Vol. 7, No. 2, 1415–1423.
- Hyten, D.L., Choi, I.Y., Song, Q.J., Specht, J.E., Carter, T.E., Shoemaker, R. C., Hwang, E.Y., Matukumalli, L.K., Cregan, P.B. 2010. A high density integrated genetic linkage map of soybean and the development of a 1 536 universal soy linkage panel for quantitative trait locus mapping. *Crop Science*, 50, 960–968.
- Idrissi, O., Houasli, C., Udupa Sripada, M., Keyser De Ellen, Patrick Van Damme Riek De Jan. 2015. Genetic variability for root and shoot traits in a lentil (*Lens culinaris* Medik.) recombinant inbred line population and their association with drought tolerance, 204, pp 693–709.
- Johnson, R.R. 1987. Crop Management. In soybeans: Improv., Product., and Uses. *Agronomy Monograph*. No.16.2nd ed .p. 355-389.
- Kao, W.Y., Tsai, T.T., Tsai, H.C., Shih, C.N. 2006. Response of three Glycine species to salt stress. *Environ. Exp. Bot.*, 56: 120-125.
- Kang, S.T., Mian, M.A.R. 2010. Genetic map of the powdery mildew resistance gene in soybean PI 243540. *Genome*, 53, 400–405.
- Khalil, R.A. 2013. Estrogen, vascular estrogen receptor and hormone therapy in postmenopausal vascular disease. *Biochemical Pharmacology*, 86, 1627–1642.

- Kim, J.Y., Mahe, A., Brangeon, J., Prioul, J.L., 2000. A maize vacuolar invertase, IVR2, is induced by water stress. Organ/ tissue specificity and diurnal modulation of expression. *Plant Physiol*, 124, 71–84
- Kudou, S., Fleury, Y., Welti, D., Magnolato, D., Uchida, T., Kitamura, K., Okudo, K. 2014. Malonyl Isoflavone Glycosides in Soybean Seeds (*Glycine max* Merrill). *Agricultural and Biological Chemistry*, 55 (9), 2227-2233, 1991.
- Kumawat, G., Gupta, S., Ratnaparkhe, M.B., Maranna, S., Satpute, G.K. 2016. QTLomics in Soybean: A way Forward for Translational Genomics and Breeding. *Frontiers in Plant Science*, 7:1852. doi: 10.3389/fpls.2016.01852.
- Laabs, V., Amelung, W., Pinto, A., Altstaedt, A., Zech, W. 2000. Leaching and degradation of corn and soybean pesticides in an oxisol of Brazilian cerrados. *Chemosphere*, 41: 1441–1449.
- 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: ‘Minosy’ and ‘Noir 1’. *Theoretical and Applied Genetics*, 86, 901–906.
- Li, H., Dong, Y., Yin, H., Wang, N., Yang, J., Liu, X., Wang, Y., Wu, J., Li, X. 2011. Characterization of the stress associated microRNAs in *Glycine max* by deep sequencing. *Plant Biology*, <http://www.biomedcentral.com/1471-2229/11/170>.
- Li, Bin, Tian, L., Zhang, J., Huang, L., Han, F., Yan, S., Wang, L., Zheng, H., Sun, J. 2014. Construction of a high-density genetic map based on large-scale markers developed by specific length amplified fragment sequencing (SLAF-seq) and its application to QTL analysis for isoflavone content in *Glycine max*. *Genomics*, <http://www.biomedcentral.com/1471-2164/15/1086>.
- Libault, M., Farmer, A., Brechenmacher, L., Drnevich, J., Langley, R.J, Bilgin, D.D, Radwan, O., Neece, D.J, Clough, S.J, May, G.D., Stacey, G. 2010. Complete transcriptome of the soybean root hair cell, a single-cell model, and its alteration in response to *Bradyrhizobium japonicum* infection. *Plant Physiology*, 152, 541–552.
- Lim, T.K. 2012. *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants*, vol 2, Fruits, Springer Science, Business Media B.V.

- Lin, C.C and Kao, C.H. 1995. NaCl stress in rice seedlings: starch mobilization and the influence of gibberellic acid on seedling growth. Bot. Bull. Acad. Sin., 36, 169–173.
- 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, Vol. 86, pp 1–13.
- Lü, S.L. 1978. Discussion on the original region of cultivated soybean in China. Scientia Agriculture Sinica, 4, 90–94.
- Mahajan, S. and Tuteja, N. 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. Archives of Biochemistry and Biophysics, Vol 444: 139-158.
- Muscolo, A., Sidari, M., Anastasi, U., Santonoceto, C., Maggio, A. 2013. Effect of PEG-induced drought stress on seed germination of four lentil genotypes. Journal of Plant Interactions, Vol. 9, No. 1, 354–363, <http://dx.doi.org/10.1080/17429145.2013.835880>.
- Nettles, R., Watkins, J., Ricks, K., Boyer, M., Licht, M., Atwood, L.W., Peoples, M., Smith, R.G., Mortensen, D.A., Koide, R.T. 2016. Influence of pesticide seed treatments on rhizosphere fungal and bacterial communities and leaf fungal endophyte communities in maize and soybean. Appl. Soil. Ecol. 102: 61–69.
- Oosterhuis, D.M. and Wullschleger, S.D. 1998. Drought tolerance and osmotic adjustment of various crops in response to water stress. Arkansas Farm Research, 37 (1): 12.
- Pelleschi, P., Rocher, J.P., Prioul, J.L., 1997. Effect of water restriction on carbohydrate metabolism and photosynthesis in mature maize leaves. Plant Cell Environ, 20, 493–503.
- Perez-Brandán, C., Arzenoa, J.L., Huidobro, J., Grümberg, B., Conforto, C., Hiltond, S., Bending, G.D., Meriles, J.M., Vargas-Gil, S. 2012. Longterm effect of tillage systems on soil microbiological, chemical and physical parameters and the incidence of charcoal rot by *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid in soybean. Crop Prot, 40:73–82.

- Prakash, L. and Prathapasenan, G. 1988. Putrescine reduces NaCl induced inhibition of germination and early seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.). *Aust. J. Plant Physiol*, 15, 761–767.
- Ramagopal, S. 1990. Inhibition of seed germination by salt and its subsequent effect on embryonic protein synthesis in barley. *J. Plant Physiol*, 136, 621–625.
- Rowntree, S.C., Suhre, J.J., Weidenbenner, N.H., Wilson, E.W., Conleyb, S.P., Davisb, V.M., Diersd, B.W., Eskere, P.D., Naevea, S.L., Spechtf, J.E. and Casteel, S.N. 2013. Genetic gain x management interactions in soybean: I. planting date. *Crop Science*, 53, 1128–1138.
- Schmutz, J., Cannon, S.B, Schlueter, J., Ma, J.X, Mitros, T., Nelson, W., Hyten, D.L, Song, Q.J, Thelen, J.J., Cheng, J.L, Xu, D., Hellsten, U., May, G D, Yu, Y.S, 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. *Nature*, 463, 178–183.
- Scott, W. O. and Aldrich, S.R. 1970. Seedbed preparation and planting In *Modern Soybean Production*. P. 37-65.
- Sediyama, T. 2009. *Tecnologias de produc, ão e uso da soja*. Londrina: Editora Mecemas.
- Sessions, R.A., Zambryski, P.C. 1995. Arabidopsis gynoecium structure in the wild type and in ettin mutants. *Development*, 1532, 1519–1532.
- 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.
- Smith, J.R., Mengistu, A., Nelson, R.L., Paris, R.L. 2008. Identification of soybean accessions with high germinability in high temperature environments. *Crop Sci.*, 48:2279–88.
- Specht JD, Hume JD, Kumudini SV. 1999. Soybean yield potential—a genetic and physiological perspective. *Crop Science*, 39, 1560–1570.

Spence, J., Vercher, Y., Gates, P., Harris, N., 1996. Pod shatter in *Arabidopsis thaliana*, *Brassica napus* and *B. juncea*. *J. Microscopy*, 181, 195–203.

Stuart, A.K., Stuart, R.M., Pimentel, I.C. 2018. Effect of agrochemicals on endophytic fungi community associated with crops of organic and conventional soybean (*Glycine max* L. Merrill). *Agriculture and Natural Resources*, doi: <https://doi.org/10.1016/j.anres.2018.10.005> .

Tanner, J.W. and Hume, D.J. 1978 . Management and Production. In: soybean Physiol. Agron., and Utilization. Norman ed. p. 157- 188.

Tenorio, F.M., Specht, J.E., Arkebauer, T.J., Eskridge, K.M., Graef, G.L., Grassini, P. 2017. Co-ordination between primordium formation and leaf appearance in soybean (*Glycine max*) as influenced by temperature. *Field Crops Research*, 210: 197–206.

Yamaguchi-Shinozaki, K., Shinozaki, K. 2006. Transcriptional regulatory networks in cellular responses and tolerance to dehydration and cold stresses. *Annu Rev Plant Biol* , 57:781-803.

Yuk, H.J., Song, Y.H., Curtis-Long, M.J., Kim, D.W., Woo, S.G., Lee, Y.B., Park, K. H. 2016. Ethylene induced a high accumulation of dietary isoflavones and expression of isoflavonoid biosynthetic genes in soybean (*Glycine max*) Leaves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64, 7315–7324.

Zhang, J., Song, Q., Cregan, P.B., Nelson, R.L., Wang, X., Wu, J., Jiang, G.L. 2015. Genome-wide association study for flowering time, maturity dates and plant height in early maturing soybean (*Glycine max*) germplasm. *BMC Genomics*, 16:217.

Ελληνική Βιβλιογραφία

Γκιζίνος, Ν.Ε. 1989. Η Τεχνική της Καλλιέργειας. Στο βιβλίο «Η σόγια», σελ.9-18 Εκδόσεις. Τόλης, Ι.Δ.

Κατράνης, Ν.Στ. 1989. Η Τεχνική της Καλλιέργειας. Στο βιβλίο «Η σόγια», σελ 83-106 Εκδόσεις. Τόλης, Ι.Δ.

Λαζαρίδη, .Ε.Κ. 2012. Μελέτη της διαγονιδιακής έκφρασης της χαρπίνης HrpZ_{PspH} σε φυτά *Nicotiana benthamiana* κάτω από συνθήκες αβιοτικών καταπονήσεων.

Μεταπτυχιακή Διατριβή. Εργαστήριο Βελτίωσης Φυτών και Γεωργικού Πειραματισμού, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Μπόκας, Π.Φ. 2016. Επίδραση της θερμοκρασίας, της υδατικής καταπόνησης και της αλατότητας στο ρυθμό φυτρώματος σπόρων τριών ελαιούχων ειδών: *Chenopodium quinoa*, *Camelina sativa* και *Salvia hispanica*. Μεταπτυχιακή διατριβή. Εργαστήριο Γεωργίας, Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Πάνος, Ευθ. Ν. 1989. Η Τεχνική της Καλλιέργειας. Στο βιβλίο «Η σόγια» , σελ. 9-42 Εκδόσεις. Τόλης, Ι.Δ..

Παπακόστα-Τασοπούλου, Δ. 2012. Σιτηρά και Ψυχανθή. Ειδική Γεωργία. Εκδόσεις. Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη, σελ 619-646.

Πετρόπουλος, Σπ. 2013. Επιδράσεις του αβιοτικού και βιοτικού περιβάλλοντος στην παραγωγή λαχανικών. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών, Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, σελ.9- 27.

Πριμηκύρη, Α. 2013. Μελέτη βιοδραστικών ενώσεων φυσικών προϊόντων με υψηλής ευαισθησίας φασματοσκοπία NMR κρυογενικής τεχνολογίας και έλεγχος της αντινεοπλασματικής και αντιαγγειογενετικής τους δράσης. Διδακτορική Διατριβή. Τομέας Οργανικής Χημείας και Βιοχημείας, Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, σελ 16.

Σταυριανάκης, Γ.2016. Οικοφυσιολογική προσέγγιση της ανθεκτικότητας στην υδατική καταπόνηση ποικιλιών βυνοποιήσιμου κριθαριού. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Εργαστήριο Γεωργίας, Βελτίωσης Φυτών και Γεωργικού Πειραματισμού, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Τοκαλτίδης, Ι. 2007. Βελτίωση Φυτών. Αρχές και μεθοδολογία. Τμήμα Αγροτικής Ανάπτυξης. Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης.

Φασούλα, Α.Κ. και Φωτιάδη ,Ν. 1984. Αρχές της επιστήμης των καλλιεργούμενων φυτών. Θεσσαλονίκη, σελ.193-196.

Διαδικτυακές πηγές

<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19640301929>

http://195.134.76.37/chemicals/chem_tocopherol.htm

www.nuevamujer.com

www.imgur.com

www.researchgate.net

<https://www.pt.depositphotos.com>

http://www2.biology.uoc.gr/courses/BIOL490AbioticStress/index_gr.html

https://www.aua.gr/plantstress/karabourniotis_edu_files/Part1-2011.pdf

file:///C:/Users/lenovo/Downloads/STEG_THEKA_00439_Medium.pdf

http://gaia.aua.gr/xmlui/bitstream/handle/10329/6405/Stavrianakis_G.pdf?sequence=3

https://www.aua.gr/plantstress/karabourniotis_edu_files/Part2-2011.pdf

<http://52.178.219.105/sites/default/files/2017-07/%CF%83%CF%8C%CE%B3%CE%B9%CE%B1.pdf>

<http://agrovetskritis.gr/index.php>

[id_product=1385&id_product_attribute=0&rewrite=zora&controller=product](http://agrovetskritis.gr/index.php?id_product=1385&id_product_attribute=0&rewrite=zora&controller=product)

<http://www.mihail-fas.gr/en/seeds/soybean/item/291-neoplanta>

<http://www.inspection.gc.ca/plants/plants-with-novel-traits/applicants/directive-94-08/biology-documents/glycine-max-l-merr-/eng/1330975306785/1330975382668>