



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

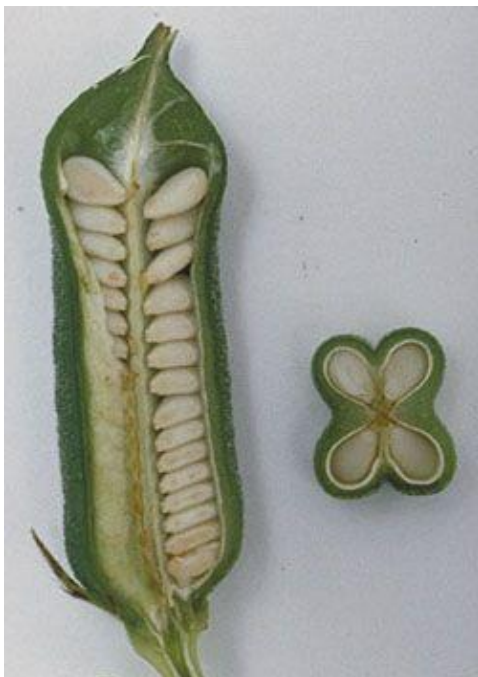
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΦΥΤΩΝ

«Επίδραση των καταπονήσεων ξηρασίας και υψηλής αλατότητας σε πληθυσμούς
σουσαμιού (*Sesamum indicum* L.) στη φάση της βλάστησης»



Φοιτητής: Φλώρος Χαράλαμπος

Επιβλέπουσα: Παυλή Ουρανία, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Π.Θ.

Βόλος, 2024

«Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας, η οποία εκπονήθηκε σύμφωνα με τον Κανονισμό Εκπόνησης Πτυχιακής Εργασίας του τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας».

Φλώρος Χαράλαμπος

**«Επίδραση των καταπονήσεων ξηρασίας και υψηλής αλατότητας σε πληθυσμούς
σουσαμιού (*Sesamum indicum* L.) στη φάση της βλάστησης»**

**«Effect of drought and salt stress on sesame (*Sesamum indicum* L.) populations during
germination»**

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Ουρανία Παυλή, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Επιβλέπουσα

Νικόλαος Δαναλάτος, Καθηγητής, Μέλος

Δημήτριος Βλαχοστέργιος, Κύριος Ερευνητής ΕΛΓΟ, Διευθυντής ΙΒΚΦ, Μέλος

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον συνταξιούχο καθηγητή Γενετικής Βελτίωσης Φυτών, κ. Ιμπραχίμ-Αβραάμ Χα, για την ανάθεση του θέματος και την καθοδήγηση του κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Γενετικής Βελτίωσης Φυτών, κα. Ουρανία Παυλή, για τη βοήθεια της στην ολοκλήρωση και συγγραφή της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον Καθηγητή Γεωργίας και Οικολογίας Φυτών Μεγάλης Καλλιέργειας, κ Νικόλαο Δαναλάτο, για τη συμμετοχή του στην Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή καθώς και τον Ερευνητή του Ινστιτούτου Βιομηχανικών και Κτηνοτροφικών Φυτών του ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ, κ. Δημήτριο Βλαχοστέργιο, για τη διάθεση του γενετικού υλικού.

Ακόμα, οφείλω να ευχαριστήσω την κα. Παναγιωτάκη Ευαγγελία, μέλος Ε.ΔΙ.Π. του Εργαστηρίου Γενετικής Βελτίωσης Φυτών, για τις συμβουλές και την βοήθειά της κατά την διαδικασία του πειράματος και της συγγραφής.

Τέλος θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου για την στήριξη της όλα αυτά τα χρόνια.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αυξανόμενη ζήτηση που παρατηρείται στα προϊόντα του σουσαμιού σε παγκόσμιο επίπεδο, έχει αυξήσει το ενδιαφέρον προς την καλλιέργεια. Η διάδοση των προϊόντων σουσαμιού, με κυριότερα τους σπόρους και το σησαμέλαιο, καθιστά επιβεβλημένη τη δειξαγωγή ερευνών με στόχο την επίτευξη ικανοποιητικών αποδόσεων και την εξασφάλιση της παραγωγής επαρκούς ποσότητας εμπορεύσιμων προϊόντων για την κάλυψη των εγχώριων και εξαγωγικών αναγκών.

Ως καλλιέργεια συνεχούς ανάπτυξης, το σουσάμι απαιτεί την επικράτηση σχετικά υψηλών θερμοκρασιών προκειμένου να εξασφαλιστεί η απρόσκοπτη αύξηση και ανάπτυξή του. Παρά το γεγονός ότι διαθέτει σχετικά πλούσιο ριζικό σύστημα, το σουσάμι, όπως και η πλειονότητα των καλλιεργούμενων ειδών, επηρεάζεται από την υδατική καταπόνηση καθώς η απόδοσή του σημειώνει εμφανή μείωση όταν υπόκειται σε αυτήν. Αντίστοιχη επίδραση στην καλλιέργεια έχει και η καταπόνηση υψηλής αλατότητας, η οποία περιορίζει σημαντικά την ανάπτυξη, επιφέροντας σημαντικές απώλειες απόδοσης.

Η παρούσα πτυχιακή μελέτη πραγματοποιείται την απόκριση δύο πληθυσμών σουσαμιού (Πληθυσμός 6 και Πληθυσμός 8) στις καταπονήσεις υψηλής αλατότητας και ξηρασίας. Για το σκοπό αυτό, πραγματοποιήθηκε βλάστηση των σπόρων σε διαφορετικά επίπεδα καταπόνησης, ως ακολούθως: i) 0, 50, 100, 150 και 200 mM NaCl για την καταπόνηση αλατότητας και ii) 0, 5, 10, 15 και 20 % πολυαιθυλενικής γλυκόλης (PEG 6000). Σε όλα τα πειράματα συμπεριλήφθηκαν, ως μάρτυρες, σπόροι που τοποθετήθηκαν προς βλάστηση απουσία παράγοντα καταπόνησης. Η αξιολόγηση της ανθεκτικότητας των υπό μελέτη πληθυσμών βασίστηκε σε αναπτυξιακές και φυσιολογικές παραμέτρους, όπως το ποσοστό βλάστησης των σπόρων, το μήκος της ρίζας και του βλαστού, η περιεχόμενη υγρασία των σποροφύτων, η απορρόφηση νερού των σπόρων και ο δείκτης ευρωστίας τους. Από τα αποτελέσματα που συλλέχθηκαν κατά την διεξαγωγή του πειράματος, παρατηρήθηκε πως οι καταπονήσεις της αλατότητας και της ξηρασίας επιδρούν σημαντικά στα επι μέρους γνωρίσματα. Επιπλέον, εξήχθη το συμπέρασμα ότι για τα περισσότερα γνωρίσματα, η σοβαρότητα των επιδράσεων είναι ανάλογη της έντασης της καταπόνησης. Η υπεροχή που παρουσίασε ο Πληθυσμός 6, εν τω συνόλω, υπό συνθήκες καταπόνησης υψηλής αλατότητας και καταπόνησης ξηρασίας, υποδεικνύουν την καταλληλότητά του τόσο για εγκατάσταση σε καλλιέργεια όσο και για αξιοποίηση σε βελτιωτικές διαδικασίες.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	v
1. Εισαγωγή	1
1.1 Ιστορική Αναδρομή	1
1.2 Ταξινόμηση	2
1.3 Μορφολογικά χαρακτηριστικά – Βιολογικός κύκλος	3
1.4 Σημασία της καλλιέργειας	5
1.5 Γεωγραφική εξάπλωση	6
1.6 Καλλιέργεια σε παγκόσμια κλίμακα	6
1.7 Ευρώπη	8
1.8 Καλλιέργεια στον Ελλαδικό χώρο	8
1.9 Αβιοτικές καταπονήσεις	10
1.10 Καταπόνηση υψηλής αλατότητας	11
1.11 Καταπόνηση ξηρασίας	13
2. Υλικά και Μέθοδοι	17
2.1 Γενετικό υλικό	17
2.2 Απολύμανση των σπόρων	17
2.3 Εγκατάσταση πειράματος	18
2.4 Παρατηρήσεις-Μετρήσεις	20
3. Αποτελέσματα	21
3.1 Καταπόνηση υψηλής αλατότητας	21
3.1.1 Ποσοστό βλάστησης	21
3.1.2 Ποσοστό απορρόφησης νερού σπόρων (WU %)	26
3.1.3 Μήκος βλαστού	27

3.1.4 Μήκος ρίζας	30
3.1.5 Ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας σποροφύτων (WC %)	34
3.1.6 Δείκτης Ευρωστίας	35
3.2 Καταπόνηση ξηρασίας.....	38
3.2.1 Ποσοστό βλάστησης.....	38
3.2.2 Ποσοστό απορρόφησης νερού σπόρων (WU %).....	42
3.2.3 Μήκος βλαστού	43
3.2.4 Μήκος ρίζας.....	47
3.2.5 Ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας σποροφύτων (WC %)	50
3.2.6 Δείκτης Ευρωστίας	51
4. Συζήτηση - Συμπεράσματα.....	54
5. Βιβλιογραφία	59

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1.1: Οι πρώτες 20 χώρες παραγωγής σπόρου σουσαμιού το έτος 2020.

Πίνακας 3.1: Ποσοστό βλάστησης των σπόρων (GP %) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) σε επτά χρονικά διαστήματα (1^η έως 7^η ημέρα).

Πίνακας 3.2: Ποσοστό απορρόφησης νερού σπόρων (WU) (%) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) σε δύο χρονικά διαστήματα (3^η και 7^η ημέρα).

Πίνακας 3.3: Μήκος βλαστού των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) σε τέσσερα χρονικά διαστήματα (3^η, 7^η, 11^η και 15^η ημέρα).

Πίνακας 3.4: Μήκος ρίζας των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) σε τέσσερα χρονικά διαστήματα (3^η, 7^η, 11^η και 15^η ημέρα).

Πίνακας 3.5: Ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας των σποροφύτων (WC) (%) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) σε δύο χρονικά διαστήματα (7^η και 15^η ημέρα).

Πίνακας 3.6: Δείκτης ευρωστίας των σπόρων (SVI) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) σε δύο χρονικά διαστήματα (7^η και 15^η ημέρα).

Πίνακας 3.7: Ποσοστό βλάστησης των σπόρων (GP %) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) σε επτά χρονικά διαστήματα (1^η έως 7^η ημέρα).

Πίνακας 3.8: Ποσοστό απορρόφησης νερού σπόρων (WU) (%) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) σε δύο χρονικά διαστήματα (3^η και 7^η ημέρα).

Πίνακας 3.9: Μήκος βλαστού των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) σε τέσσερα χρονικά διαστήματα (3^η, 7^η, 11^η και 15^η ημέρα).

Πίνακας 3.10: Μήκος ρίζας των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) σε τέσσερα χρονικά διαστήματα (3^η, 7^η, 11^η και 15^η ημέρα).

Πίνακας 3.11: Ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας των σποροφύτων (WC) (%) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) σε δύο χρονικά διαστήματα (7^η και 15^η ημέρα).

Πίνακας 3.12: Δείκτης ευρωστίας των σπόρων (SVI) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) σε δύο χρονικά διαστήματα (7^η και 15^η ημέρα).

Κατάλογος γραφημάτων

Γράφημα 1.1: Παγκόσμια παραγωγή σουσαμιού τα έτη 1961 – 2020 (τόνοι) (FAO, 2020).

Γράφημα 1.2: Οι ευρωπαϊκές χώρες που κατέχουν τα πρωτεία στην εισαγωγή σουσαμιού (Πηγή: Eurostat 2022).

Γράφημα 1.3: Οι χώρες που κατέχουν τα πρωτεία στην εξαγωγή σουσαμιού (Πηγή: Eurostat 2022).

Γράφημα 3.1: Ποσοστό βλάστησης των σπόρων (GP %) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) την 1^η ημέρα καταπόνησης υψηλής αλατότητας.

Γράφημα 3.2: Ποσοστό βλάστησης των σπόρων (GP %) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) κατά την 2^η ημέρα καταπόνησης υψηλής αλατότητας.

Γράφημα 3.3: Ποσοστό βλάστησης των σπόρων (GP %) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) κατά την 3^η ημέρα καταπόνησης υψηλής αλατότητας.

Γράφημα 3.4: Ποσοστό βλάστησης των σπόρων (GP %) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) κατά την 4^η ημέρα καταπόνησης υψηλής αλατότητας.

Γράφημα 3.5: Ποσοστό βλάστησης των σπόρων (GP %) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) κατά την 5^η ημέρα καταπόνησης υψηλής αλατότητας.

Γράφημα 3.6: Ποσοστό βλάστησης των σπόρων (GP %) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) κατά την 6^η ημέρα καταπόνησης υψηλής αλατότητας.

Γράφημα 3.7: Ποσοστό βλάστησης των σπόρων (GP %) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) κατά την 7^η ημέρα καταπόνησης υψηλής αλατότητας.

Γράφημα 3.8: Μήκος βλαστού των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) κατά την 3^η ημέρα καταπόνησης υψηλής αλατότητας.

Γράφημα 3.9: Μήκος βλαστού των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) κατά την 7^η ημέρα καταπόνησης υψηλής αλατότητας.

Γράφημα 3.10: Μήκος βλαστού των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) κατά την 11^η ημέρα καταπόνησης υψηλής αλατότητας.

Γράφημα 3.11: Μήκος βλαστού των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) κατά την 15^η ημέρα καταπόνησης υψηλής αλατότητας.

Γράφημα 3.12: Μήκος ρίζας των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) κατά την 3^η ημέρα καταπόνησης υψηλής αλατότητας.

Γράφημα 3.13: Μήκος ρίζας των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) κατά την 7^η ημέρα καταπόνησης υψηλής αλατότητας.

Γράφημα 3.14: Μήκος ρίζας των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) κατά την 11^η ημέρα καταπόνησης υψηλής αλατότητας.

Γράφημα 3.15: Μήκος ρίζας των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) κατά την 15^η ημέρα καταπόνησης υψηλής αλατότητας.

Γράφημα 3.16: Δείκτης ευρωστίας των σπόρων (SVI) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) κατά την 7^η ημέρα καταπόνησης υψηλής αλατότητας.

Γράφημα 3.17: Δείκτης ευρωστίας των σπόρων (SVI) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) κατά την 15^η ημέρα καταπόνησης υψηλής αλατότητας.

Γράφημα 3.18: Ποσοστό βλάστησης των σπόρων (GP %) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) κατά την 1^η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.

Γράφημα 3.19: Ποσοστό βλάστησης των σπόρων (GP %) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) κατά την 2^η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.

Γράφημα 3.20: Ποσοστό βλάστησης των σπόρων (GP %) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) κατά την 3^η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.

Γράφημα 3.21: Ποσοστό βλάστησης των σπόρων (GP %) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) κατά την 4^η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.

Γράφημα 3.22: Ποσοστό βλάστησης των σπόρων (GP %) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) κατά την 5^η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.

Γράφημα 3.23: Ποσοστό βλάστησης των σπόρων (GP %) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) κατά την 6^η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.

Γράφημα 3.24: Ποσοστό βλάστησης των σπόρων (GP %) ανά ποικιλία (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) κατά την 7^η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.

Γράφημα 3.25: Μήκος βλαστού των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) κατά την 3^η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.

Γράφημα 3.26: Μήκος βλαστού των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) κατά την 7^η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.

Γράφημα 3.27: Μήκος βλαστού των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) κατά την 11^η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.

Γράφημα 3.28: Μήκος βλαστού των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) κατά την 15^η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.

Γράφημα 3.29: Μήκος ρίζας των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) κατά την 3^η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.

Γράφημα 3.30: Μήκος ρίζας των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) κατά την 7^η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.

Γράφημα 3.31: Μήκος ρίζας των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) κατά την 11^η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.

Γράφημα 3.32: Μήκος ρίζας των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) κατά την 15^η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.

Γράφημα 3.33: Δείκτης ευρωστίας των σπόρων (SVI) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) κατά την 7^η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.

Γράφημα 3.34: Δείκτης ευρωστίας των σπόρων (SVI) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) κατά την 15^η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1: Μορφολογικά χαρακτηριστικά του σουσαμιού (*Sesamum indicum* L.).

Εικόνα 2.1: Τοποθέτηση σπόρων προς βλάστησης σε δοχεία που περιέχουν κατάλληλα διαλύματα για την προσομοίωση συνθηκών καταπόνησης αλατότητας ή ξηρασίας.

Εικόνα 2.1: Μεταφορά δοχείων σε ελεγχόμενες συνθήκες.

Εικόνα 3.1: Βλάστηση και ανάπτυξη των σποροφύτων σε διαφορετικά επίπεδα καταπόνησης: 0, 50, 100, 150 και 200 mM NaCl (από τα αριστερά προς τα δεξιά).

Εικόνα 3.2: Βλάστηση και ανάπτυξη των σποροφύτων σε διαφορετικά επίπεδα καταπόνησης: 0, 5, 10, 15 και 20 % PEG 6000 (από τα αριστερά προς τα δεξιά).

1. Εισαγωγή

1.1 Ιστορική Αναδρομή

Το σουσάμι (*Sesamum indicum* L.) συνιστά μια από τις παλαιότερες καλλιέργειες ελαιούχων φυτών. Η καλλιέργειά του χρονολογείται περίπου από το 3050–3500 π.Χ. (Bedigian and Harlan, 1986), σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές (Ashri, 1998) του κόσμου. Πρόκειται για μια σημαντική καλλιέργεια ελαιούχων σπόρων, που διαθέτουν λάδι με υψηλή αντιοξειδωτική ιδιότητα, χαμηλή χοληστερόλη και υψηλά πολυακόρεστα λιπαρά (Ashri, 1993). Χρησιμοποιείται ευρέως στη διατροφή, είτε αυτούσιο είτε ως συστατικό τροφίμων, στη φαρμακευτική και στη βιομηχανία λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε λάδι, πρωτεΐνες και αντιοξειδωτικά (Morris, 2002).

Σύμφωνα με ιστορικές πηγές, το σουσάμι είναι αφρικανικής προέλευσης και συγκεκριμένα ως τόπος καταγωγής του θεωρείται η Αιθιοπία. Βέβαια, και άλλες χώρες διεκδικούν την προέλευσή του, με πρώτη το Αφγανιστάν, ενώ ακολουθούν η Κίνα και η Ινδία, μιας και το σουσάμι ήταν μια σημαντική καλλιέργεια στην Περσία κατά την περίοδο 2130–2000 π.Χ. (Weiss, 1971). Το σουσάμι καλλιεργήθηκε κατά την αρχαία εποχή των Χαραπών, της Μεσοποταμίας και της Ανατολίας για το βρώσιμο σπόρο και το λάδι του (Bedigian, 2004). Οι Κινέζοι χρησιμοποιούσαν σπόρους σουσαμιού για περισσότερα από 5.000 χρόνια και το λάδι αξιοποιούνταν για την παρασκευή κινέζικου μελανιού. Ωστόσο, πέραν των πρακτικών χρήσεών του, το σουσάμι παραδοσιακά αποτέλεσε μέρος της πολιτιστικής παράδοσης των λαών, εξάλλου από την κάψα του σπόρου υιοθετήθηκε και η γνωστή φράση «Σουσάμι Άνοιξε», στο παραμύθι «Ο Ali Baba και οι σαράντα κλέφτες».

Περίπου τον 8^ο αιώνα π.Χ., ανακαλύφθηκε στην Ινδία και στην Κίνα η φαρμακευτική αξία του σουσαμιού, ενώ διάφορα όργανα του έχουν χρησιμοποιηθεί σε όλο τον κόσμο για την ίαση ποικίλων ασθενειών. Χαρακτηριστικά, τα φύλλα χρησιμοποιούνται για τη θεραπεία της ελονοσίας, το σπορέλαιο και η πάστα για τη θεραπεία πληγών και εγκαυμάτων, χολέρας, αναπνευστικών λοιμώξεων, οι καρποί έχουν χρησιμοποιηθεί ως καθαρτικό και οι ρίζες για τη θεραπεία του άσθματος και της τριχοφυΐας (Amoo et al., 2017; Anilakumar et al., 2010; Hegde, 2012; Mohamed et al., 2021).

Στην Ασία και στις χώρες της Μέσης Ανατολής, οι ολόκληροι σπόροι αποτελούν βασικό στοιχείο της γαστρονομίας, ενώ συναντώνται ως άρωμα και γαρνιτούρα σε διάφορα τρόφιμα, όπως το ψωμί στη Βόρεια Αμερική και την Ευρώπη (Amoo et al., 2017; Anilakumar et al., 2010; Hegde, 2012; Mohamed et al., 2021).

Το σουσάμι περιέχει περίπου 35-60 % λάδι και 19-30 % πρωτεΐνη (Ashri, 1998; Uzun et al., 2002; Arslan et al., 2007), η οποία είναι σχεδόν όμοια με αυτή του ελαιολάδου (Karoor, 1990). Το σησαμέλαιο είναι εξαιρετικά σταθερό (Uzun et al., 2007) σε σύγκριση με τα άλλα βρώσιμα έλαια, κυρίως λόγω της παρουσίας αντιοξειδωτικών (Davidson, 1999), συμπεριλαμβανομένης της σησαμίνης, της σησαμινόλης, της σησαμόλης, της σεσαμολινόλης και της περιεκτικότητας σε σκουαλένιο στους σπόρους (Mohamed and Awatif, 1998; Shyu and Hwang, 2002).

Στην αρχαία Ελλάδα, το σουσάμι χρησιμοποιήθηκε στη μαγειρική, σε φαρμακευτικά σκευάσματα, αλλά και σε καλλωπιστικά προϊόντα. Είναι πολύ πιθανόν να καλλιεργούνταν και προ των Ομηρικών χρόνων. Αναφέρεται από τον Πλήνιο, τον Ηρόδοτο και τον Στράβωνα, ενώ κατά τη Ρωμαϊκή περίοδο ήταν γνωστή καλλιέργεια στην Ιταλία. Οι Ρωμαίοι άλεθαν τα σπέρματα του σουσαμιού με κύμινο για την παρασκευή μιας κρέμας, που άλειφαν στο ψωμί.

1.2 Ταξινόμηση

Το *Sesamum indicum* L. (Pedaliaceae) είναι ένα ετήσιο φυτό, το οποίο έχει εξημερωθεί εδώ και 5000 χρόνια. Ανήκει στο βασίλειο των Φυτών, υποβασίλειο Viridiplantae, ανθυποβασίλειο – Streptophyta, κλάση Magnoliopsida και τάξη Lamiales. Είναι μέλος μιας μικρής οικογένειας 17 γενών και 80 ειδών, ετήσιων και πολυετών βοτάνων, με την ονομασία Pedaliaceae (Cronquist, 1981; Mabberley, 1997).

Στα συνώνυμα του *Sesamum indicum* L. περιλαμβάνονται: *Sesamum africanum* Tod., *Sesamum orientale* L., *Dysosmon amoenum* Raf., *Volkameria orientalis* (L.) Kuntze., *Sesamum oleiferum* Sm., *Sesamum occidentalis*. Άλλα γένη που σχετίζονται με το *Sesamum* είναι τα *Ceratothera*, *Martyniaceae*, *Anthadenia* και *Volkameria* (Nayar και Mehra, 1970; Kobayashi, 1991).

1.3 Μορφολογικά χαρακτηριστικά – Βιολογικός κύκλος

Το Σουσάμι είναι κατά βάση ένα ετήσιο φυτό, ύψους 0.5-2 m, πολυανθικού τύπου, που οι ελαιώδεις σπόροι του βρίσκονται στο εσωτερικό μιας κάψας. Διαθέτει καλά ανεπτυγμένο ριζικό σύστημα, με ρίζες πλευρικού τύπου. Στο σουσάμι μακράς περιόδου, το πολυετές ριζικό σύστημα είναι εκτεταμένο και διεισδύει βαθιά στο έδαφος, ενώ σε εκείνο της σύντομης ανάπτυξης η ρίζα εμφανίζεται πιο επιφανειακή. Ο τύπος του εδάφους, η περιεκτικότητά του σε υγρασία, αλλά και η εποχή επηρεάζουν την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος. (Bekele et al., 2017; Kuma Worako, 2015).

Τα στελέχη μπορεί να είναι μωβ έως πράσινο ανοιχτό, διακλαδιζόμενα, ύψους 1-1.5 m. Αναλόγως την ποικιλία, το στέλεχος μπορεί να είναι τριχωτό ή λείο. Το μέγεθος των φύλλων κυμαίνεται από 3 έως 17.5 cm μήκος και 1-7 cm πλάτος, ενώ ο μίσχος έχει μήκος 1-5 cm (Εικόνα 1.1).

Τα κάτω φύλλα είναι λοβοειδή, τα μεσαία οδοντωτά και ωοειδή, ενώ τα πάνω στενά και λογχοειδή. Μια χαρακτηριστική ιδιότητα, που αποτελεί και γενετικό γνώρισμα, είναι ο αριθμός των κόμβων που απαντώνται στο κύριο στέλεχος. Τα άνθη έχουν σκούρα σημάδια, μωβ-ροζ, ροζ ή λευκό χρώμα. Εμφανίζονται μεμονωμένα στην κάτω μασχάλη του φύλλου και πολλά μαζί στα πάνω κλαδιά ή στο στέλεχος. Είναι ως επί το πλείστον τριχωτά κι έχουν διαφορετικά χρώματα, μεγέθη και ιδιαίτερους μορφολογικούς σχηματισμούς. Είναι ζυγόμορφα, με πέντε λοβούς της αμφίπλευρης σωληνοειδούς στεφάνης. Οι στήμονες συνδέονται με το σωλήνα της στεφάνης. Υπάρχουν πέντε στήμονες, από τους οποίους ο ένας είναι στείρος και οι υπόλοιποι λειτουργικοί. Η ωοθήκη συχνά είναι δικύτταρη, και εκεί τα ψευδό-διαφράγματα διαιρούν τα κύτταρα μερικώς ή πλήρως. Το στίγμα είναι συνήθως τριχωτό και δίλοβο (Εικόνα 1.1).

Ο καρπός είναι κάψα με ορθογώνια τμήματα και κοντό τριγωνικό ράμφος, βαθιές αυλακώσεις. Η κάψα έχει μήκος 2,5–8 cm, 4–12 ρίζες και συνήθως καλύπτεται με τρίχες μέχρι κάποιο βαθμό. Οι σπόροι είναι μικροί ωοειδείς με διάφορα χρώματα που κυμαίνονται από λευκό, μαύρο, κίτρινο, γκρι, σκούρο καφέ ή πράσινο της ελιάς με μήκος 2,5–3 mm και πλάτος 1,5 mm περίπου (Εικόνα 1.1).

Οι σπόροι σουσαμιού έχουν 14 % κορεσμένα, 39 % μονοακόρεστα και 46 % πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Οι υδατάνθρακες στο σουσάμι περιέχουν 3,2 % γλυκόζη, 2,6 % φρουκτόζη και 0,2 % σακχαρόζη (Toma and Tabekhia, 1979). Οι ανοιχτόχρωμοι σπόροι προτιμώνται ως βρώσιμοι,

ενώ οι μαύροι σπόροι έχουν κατά κανόνα μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε λάδι. Το βάρος 1.000 σπόρων κυμαίνεται από 2-4 kg. Η περιεκτικότητα σπόρου σε λάδι κυμαίνεται ευρύτατα με τις εμπορικές ποικιλίες να έχουν τουλάχιστον 50 % λάδι. Το λάδι περιέχει σχεδόν ίσα επίπεδα ελαϊκού (35-54 %) και λινελαϊκού (39-59 %) οξέος και επιπρόσθετα 10 % παλμιτικό και 5 % στεατικό οξύ (El Harfi et al., 2016). Κάθε σπόρος αποτελείται από το περισπέρμιο και το έμβρυο με τις δύο κοτύλες και τον εμβρυακό άξονα που περιλαμβάνει το ριζίδιο, το υποκοτύλιο και το επικοτύλιο (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2013).



Εικόνα 1.1: Μορφολογικά χαρακτηριστικά του σουσαμιού (*Sesamum indicum* L.).

Η ανθοφορία της καλλιέργειας σουσαμιού ξεκινά μετά από 6-8 εβδομάδες, στις μασχάλες των φύλλων και συνεχίζεται για εβδομάδες. Το στάδιο της ανθοφορίας είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο στη φωτοπερίοδο, αν και διαφέρει μεταξύ των διαφόρων ποικιλιών. Πρόκειται για αυτογονιμοποιούμενο είδος, όμως συνήθως, το άνθος του προσελκύει έντομα, με αποτέλεσμα τη διασταυρούμενη επικονίαση, σε ποσοστό έως και 65 %. Εντός μιας κάψας μπορεί να υπάρχουν 50-100 σπόροι, που για να φτάσουν στο στάδιο της ωρίμανσης χρειάζονται 3-6 εβδομάδες μετά τη γονιμοποίηση. Για τη βέλτιστη ανάπτυξη της καλλιέργειας απαιτείται θερμοκρασία περίπου 30–40 °C (Hegde, 2012).

Το σουσάμι εμφανίζει μεγάλη ποικιλομορφία μεταξύ των διαφόρων ποικιλιών του. Αναλόγα με το βαθμό διάρρηξης της κάψας, διακρίνονται δύο τύποι, οι διάρρηκτες (shattering) και ημι-διάρρηκτες ποικιλίες και οι αδιάρρηκτες (non-shattering). Στον πρώτο τύπο, οι κάψες διαρρηγνύονται και απελευθερώνουν τους σπόρους. Λόγω αυτού του χαρακτηριστικού καλλιεργείται σε μικρή έκταση και συλλέγεται με το χέρι. Το 1943, ο Langham ανακάλυψε μια μη διάρρηκτη ποικιλία, που προήλθε λόγω μετάλλαξης, της οποίας οι κάψες δεν διαρρηγνύονταν κατά την ωρίμανση, με αποτέλεσμα τη βελτιωμένη απόδοση και τη δυνατότητα μηχανικής συγκομιδής των σπόρων (Hegde, 2012).

1.4 Σημασία της καλλιέργειας

Η καλλιέργεια σουσαμιού, σε σχέση με τις υπόλοιπες ελαιούχες καλλιέργειες, εμφανίζει μία από τις υψηλότερες περιεκτικότητες σε λάδι (35-65 %) (Were et al., 2006), η οποία την κατατάσσει στην 9^η θέση μεταξύ των κορυφαίων 13 ελαιούχων καλλιεργειών που συνεισφέρουν στην παραγωγή πλέον του 90 % της παγκόσμιας παραγωγής βρώσιμου ελαιολάδου (Kajihaua et al., 2014). Ο σπόρος σουσαμιού χρησιμοποιείται για μια ευρεία γκάμα βρώσιμων προϊόντων σε ακατέργαστη ή καβουρδισμένη μορφή καθώς και για βιομηχανικές χρήσεις που αφορούν σε σαπούνια, λιπαντικά, λάδι λαμπτήρα, συστατικό καλλυντικών, φαρμακευτικές χρήσεις και ζωοτροφές. Ο σπόρος περιέχει σημαντική ποσότητα ελαίου, πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, απαραίτητα μέταλλα, υψηλή ποσότητα μεθειονίνης και τρυπτοφάνης, ίνες καθώς και δευτερογενείς μεταβολίτες, όπως λιγνάνες, σαπωνίνες, φλαβονοειδή και φαινολικές ενώσεις. Επιπλέον, οι σπόροι συνιστούν καλή πηγή ασβεστίου, φωσφόρου και σιδήρου, είναι πλούσιοι σε βιταμίνη B, E και περιέχουν σημαντικά ιχνοστοιχεία.

Το λάδι του σουσαμιού εμφανίζει μεγάλη σταθερότητα, λόγω της περιεκτικότητάς του σε αντιοξειδωτικές ενώσεις, και χαρακτηρίζεται από μια μακρά διάρκεια ζωής. Επιπλέον, το έλαιο του σουσαμιού θεωρείται ότι έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει τη σταθερότητα και τη μακροβιότητα λιγότερο σταθερών φυτικών ελαίων, μετά από την ανάμειξή τους (Henriques Monteiro et al., 2014).

1.5 Γεωγραφική εξάπλωση

Το σουσάμι συναντάται σε υποτροπικές (Μυανμάρ), τροπικές (Τανζανία) και εύκρατες περιοχές παγκοσμίως (Chakraborty et al., 2008). Γενικότερα, η πιο ανοιχτόχρωμη ποικιλία εκτιμάται πως βρίσκεται κυρίως στη Μέση Ανατολή και στη Δύση, ενώ η μαύρη στις χώρες της Άπω Ανατολής. Αν και το σουσάμι προέρχεται από την περιοχή της Αφρικής, το είδος *Sesamum indicum* L., που είναι το πλέον χρησιμοποιούμενο, έχει καταγωγή από την Ινδία και αργότερα εξαπλώθηκε στην Κίνα και την Ιαπωνία.

Η Ινδία, η Κίνα, το Σουδάν, η Μιανμάρ, η Αιθιοπία, η Βιρμανία και η Σρι Λάνκα ήταν οι κύριες χώρες που παρήγαγαν σουσάμι (Bedigian et al., 1985). Ειδικότερα, στην Ινδία, το σουσάμι καλλιεργείται κυρίως στο Ούταρ Πραντές, στη Μαχαράστρα, στο Ρατζαστάν, στο Γκουτζαράτ, στη Μάντγια Πραντές και στο Ταμιλναντού.

1.6 Καλλιέργεια σε παγκόσμια κλίμακα

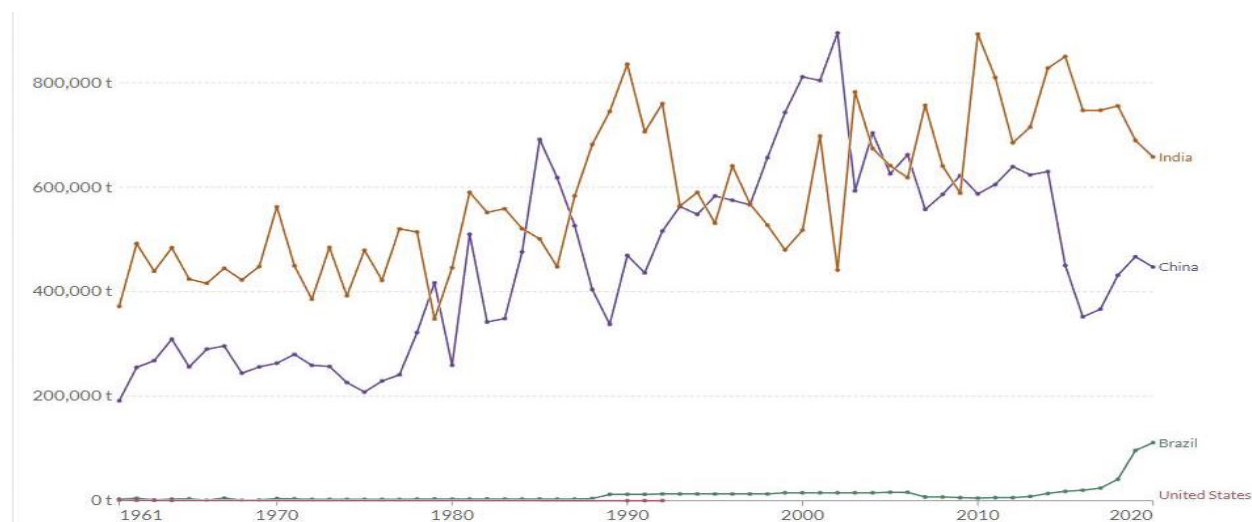
Η παγκόσμια καλλιεργούμενη έκταση με σουσάμι το 2010 ήταν 78 εκ. στρέμματα με παραγωγή 4,3 εκατομμυρίων τόνων και μέση απόδοση 55 kg/στρ.. Οι πρώτες χώρες παραγωγής σουσαμιού ήταν η Ινδία με 893.000 τόνους, η Myanmar με 880.000 τόνους, η Κίνα με 588.000 τόνους και η Αιθιοπία με 260.000 τόνους (FAOSTAT, 2012). Η απόδοση κυμαίνεται ευρύτατα από 30 έως 250 kg/στρ., ανάλογα με την ποικιλία, τις οικολογικές συνθήκες και την ακολουθούμενη καλλιεργητική τεχνική που ποικίλει μεταξύ των διαφορετικών χωρών.

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, καλλιεργείται κυρίως στην Ιταλία και σε πολύ μικρότερη έκταση στην Κύπρο και στην Ελλάδα (FAOSTAT, 2012). Σύμφωνα με το FAOSTAT, η χώρα με τη μεγαλύτερη παραγωγή σουσαμιού το 2021 ήταν το Σουδάν, ο μεγαλύτερος εισαγωγέας η Κίνα, ενώ όσον αφορά την εξαγωγή τα πρωτεία κατέχει η Ινδία (Πίνακας 1.1, Γράφημα 1.1).

Πίνακας 1.1: Οι πρώτες 20 χώρες παραγωγής σπόρου σουσαμιού το έτος 2020.

Περιοχή	Προϊόν	Χρονιά	Αξία	Μονάδα
Σουδάν	Σπόρος Σουσαμιού	2020	1525104	Τόνοι
Μιανμάρ	Σπόρος Σουσαμιού	2020	740000	Τόνοι
Τανζανία	Σπόρος Σουσαμιού	2020	710000	Τόνοι
Ινδία	Σπόρος Σουσαμιού	2020	658000	Τόνοι
Νιγηρία	Σπόρος Σουσαμιού	2020	490000	Τόνοι
Κίνα	Σπόρος Σουσαμιού	2020	447178	Τόνοι
Μπουργκίνα Φάσο	Σπόρος Σουσαμιού	2020	270000	Τόνοι
Αιθιοπία	Σπόρος Σουσαμιού	2020	260258	Τόνοι
Τσαντ	Σπόρος Σουσαμιού	2020	202074	Τόνοι
Β. Σουδάν	Σπόρος Σουσαμιού	2020	189721	Τόνοι
Ουγκάντα	Σπόρος Σουσαμιού	2020	146000	Τόνοι
Μοζανβίκη	Σπόρος Σουσαμιού	2020	132000	Τόνοι
Βραζιλία	Σπόρος Σουσαμιού	2020	111000	Τόνοι
Πακιστάν	Σπόρος Σουσαμιού	2020	102196	Τόνοι
Νιγερ	Σπόρος Σουσαμιού	2020	88189	Τόνοι
Καμερούν	Σπόρος Σουσαμιού	2020	70000	Τόνοι
Μεξικό	Σπόρος Σουσαμιού	2020	51997	Τόνοι
Αφγανιστάν	Σπόρος Σουσαμιού	2020	41855	Τόνοι
Αίγυπτος	Σπόρος Σουσαμιού	2020	38000	Τόνοι
Παραγουάη	Σπόρος Σουσαμιού	2020	37338	Τόνοι

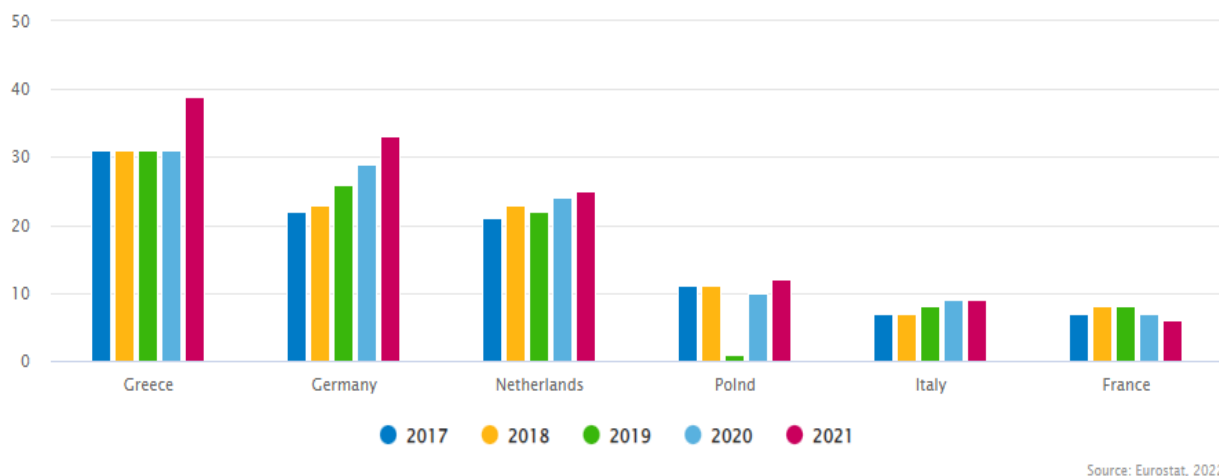
Πηγή: <https://hlagro.com/blog/sesame-seeds-market-report-2021-beyond/>.



Γράφημα 1.1: Παγκόσμια παραγωγή σουσαμιού τα έτη 1961 – 2020 (τόνοι) (FAO, 2020).

1.7 Ευρώπη

Τα τελευταία χρόνια, στην Ευρώπη παρατηρείται μια σταθερή αύξηση στις εισαγωγές σουσαμιού. Οι 6 μεγαλύτερες ευρωπαϊκές αγορές εισαγωγών αφορούν σε Ελλάδα, Γερμανία, Ολλανδία, Πολωνία, Ιταλία και Γαλλία, οι οποίες συνολικά αντιπροσωπεύουν περισσότερο από το 80 % των σπόρων σουσαμιού που εισέρχονταν στην Ευρώπη (Γράφημα 1.2). Σημαντικοί μοχλοί είναι τα παραδοσιακά προϊόντα διατροφής στην Ελλάδα και την Πολωνία και διάφοροι κλάδοι τροφίμων στη Γερμανία και στην Ολλανδία. Οι ολλανδικές εισαγωγές αναδιανέμονται εν μέρει σε άλλες ευρωπαϊκές αγορές. Η κυρίαρχη χρήση του σουσαμιού σε βασικά τρόφιμα, όπως το ψωμί, εξηγεί γιατί ο αντίκτυπος της πανδημίας COVID-19 δεν είναι ορατός στα εμπορικά στοιχεία (EUROSTAT, 2022).



Γράφημα 1.2: Οι ευρωπαϊκές χώρες που κατέχουν τα πρωτεία στην εισαγωγή σουσαμιού (Πηγή: Eurostat 2022).

1.8 Καλλιέργεια στον Ελλαδικό χώρο

Κατά την περίοδο 1935 – 1955, το σουσάμι καλλιεργούνταν σε περίπου 300.000 – 350.000 στρέμματα, επιτυγχάνοντας ωστόσο ιδιαίτερα χαμηλή απόδοση που κυμαίνονταν περί τα 25 kg/στρ. και 43 kg/στρ. τα έτη 1938 και 1955, αντίστοιχα. Στον Ελλαδικό χώρο, η καλλιέργεια του σουσαμιού αφορούσε κυρίως σε περιοχές της Μακεδονίας, της Θράκης και της Θεσσαλίας (Παπαδόπουλος, 1956).

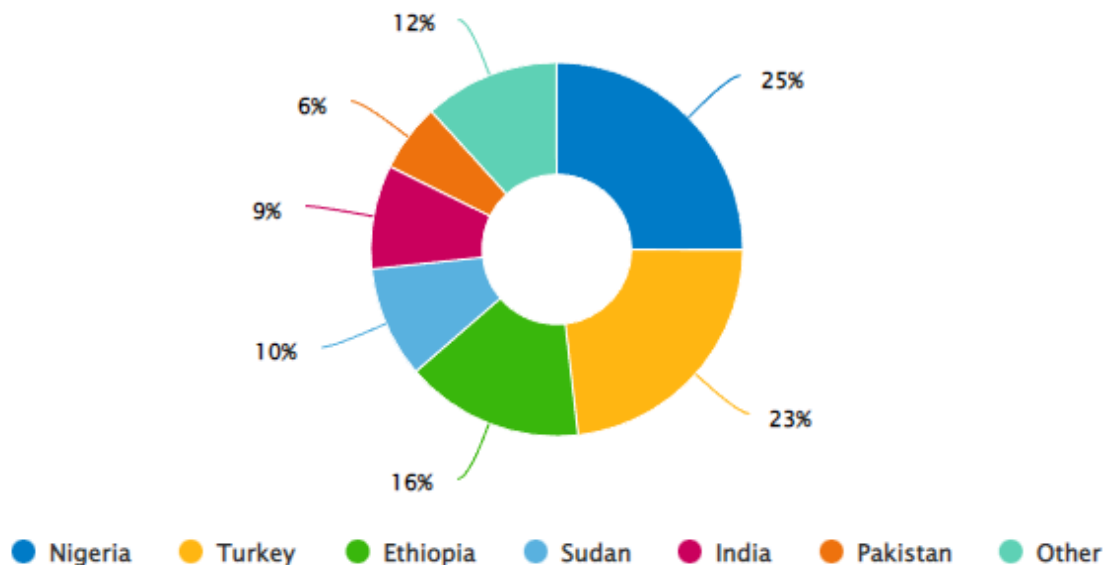
Την προηγούμενη δεκαετία, στη χώρα μας, η καλλιέργεια περιορίστηκε σε λίγες εκατοντάδες στρέμματα, κυρίως σε Θράκη, Ανατολική Μακεδονία και λιγότερο στη Θεσσαλία, σε νησιά του Αιγαίου και στην Κρήτη (ΥπΑΑΤ, 2010). Οι κυριότεροι παράγοντες που περιορίζουν την έκταση της καλλιέργειας είναι οι μικρές αποδόσεις, εξαιτίας της μη σωστής καλλιεργητικής τεχνικής και της χρήσης ποικιλιών με διαρρηκτές κάψες.

Στις κυριότερες καλλιεργούμενες ποικιλίες που αξιοποιούνται στην Ελλάδα συγκαταλέγονται i) η Early Russian, αμερικανικής προέλευσης και πολύ πρώιμη, ii) η Margo αμερικανικής προέλευσης και σχετικά όψιμη και iii) η Δωδεκανήσου, διαλογή του Ινστιτούτου βάμβακος από αυτόχθονα πληθυσμό, η οποία παρουσιάζει μεγάλη προσαρμοστικότητα και είναι μεσοπρώιμη.

Παρά το γεγονός ότι η χρήση του σουσαμιού στη χώρα μας παραδοσιακά περιοριζόταν σε μικρές ποσότητες, τα τελευταία χρόνια η Ελλάδα αποτελεί τον κορυφαίο ευρωπαϊκό εισαγωγέα σουσαμιού. Μέσα στην προηγούμενη πενταετία, οι εισαγωγές αυξήθηκαν με μέσο ετήσιο ρυθμό 6 %. Η ζήτηση οφείλεται στην υψηλή κατανάλωση παραδοσιακών ελληνικών προϊόντων, όπως το ταχίνι (σησαμόπαστα), ο χαλβάς (γλυκό σουσάμι), το παστέλι (σουσάμι) και το κουλόρι (κουλούρια ψωμιού με σησάμι. Είναι δε αξιοσημείωτο το γεγονός ότι προϊόντα όπως το ταχίνι και ο χαλβάς αποκτούν ολοένα και μεγαλύτερη ζήτηση και σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες.

Η αξία ανά τόνο ελληνικών εισαγωγών είναι χαμηλότερη από ό,τι για τις άλλες κύριες ευρωπαϊκές χώρες εισαγωγής, γεγονός που αποδίδεται στη χρήση αλεσμένου σουσαμιού σε πολλά από τα προϊόντα. Δεδομένου ότι η οπτική εμφάνιση είναι λιγότερο σημαντική για αυτές τις χρήσεις, μπορούν να χρησιμοποιηθούν φθηνότεροι τύποι σουσαμιού για επεξεργασία.

Κατά την περίοδο από το 2017 έως το 2020, η Ελλάδα εισήγαγε περίπου 31 χιλιάδες τόνους σουσαμιού σε ετήσια βάση, ενώ το 2021 οι εισαγωγές σουσαμιού έφτασαν το ρεκόρ των 39 χιλιάδων τόνων. Η αύξηση αυτή εξισορροπήθηκε από υψηλότερες από τις συνηθισμένες επανεξαγωγές. Οι κύριες χώρες που προμηθεύουν την Ελλάδα είναι η Νιγηρία, η Τουρκία, η Αιθιοπία και το Σουδάν (Γράφημα 1.3). Η αγορά είναι αρκετά συγκεντρωμένη, με 7 χώρες να προμηθεύουν περισσότερο από το 90 % της εισαγόμενης ποσότητας το 2021.



Γράφημα 1.3: Οι χώρες που κατέχουν τα πρωτεία στην εξαγωγή σουσαμιού (Πηγή: Eurostat 2022).

1.9 Αβιοτικές καταπονήσεις

Μεταξύ των αβιοτικών καταπονήσεων, αυτές της ξηρασίας, της υψηλής αλατότητας, των ακραίων θερμοκρασιών και του οξειδωτικού στρες είναι αλληλένδετες καταπονήσεις που καταστρέφουν τα φυτικά κύτταρα μέσω μορφολογικών, φυσιολογικών, βιοχημικών και μοριακών αλλαγών που επηρεάζουν αρνητικά την ανάπτυξη και την παραγωγικότητα (Jewell et al., 2010).

Το σουσάμι ευδοκμεί καλά σε δυσμενή περιβάλλοντα, ενώ δεν έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις σε λιπάσματα, νερό και φυτοφάρμακα, λόγω των υψηλών επιπέδων φυσικής ανοχής σε ασθένειες και έντομα. Ωστόσο, η απόδοση τις καλλιέργειας σουσαμιού είναι ιδιαίτερος μεταβλητή, ανάλογα με το περιβάλλον καλλιέργειας, τις καλλιεργητικές πρακτικές κτιςτις χρησιμοποιούμενες ποικιλίες.

Παρά την ευρεία αντοχή και προσαρμοστικότητά του σε ποικίλα περιβάλλοντα, το σουσάμι είναι ευαίσθητο στην υπερπλήρωση του εδάφους με νερό, στην υψηλή εδαφική αλατότητα και στην ανεπάρκεια εδαφικής υγρασίας. Η ανάπτυξη και η απόδοση του μειώνονται μετά από 2-3 ημέρες υπερχειλίσης, όταν καλλιεργείται σε εδάφη με κακή στράγγιση (Jaleel et al., 2008).

1.10 Καταπόνηση υψηλής αλατότητας

Τα υψηλά επίπεδα εδαφικής αλατότητας συνιστούν έναν από τους πιο σοβαρούς παράγοντες που περιορίζουν τη φυτική παραγωγή και την παραγωγικότητα, κυρίως υπό συνθήκες καλλιέργειας σε ξηρές και ημίξηρες περιοχές (Kakhki et al., 2012). Συγκεκριμένα, η καταπόνηση αλατότητας επηρεάζει την πρόσληψη θρεπτικών συστατικών (Varshney et al., 1998) αλλά και διάφορες μεταβολικές δραστηριότητες (Singh et al., 2001). Τα εδάφη των ξηρών και ημίξηρων περιοχών δεν παρουσιάζουν ομοιόμορφη σύσταση ή/και συγκέντρωση από πλευράς ιόντων και θεωρούνται αλατούχα όταν η ηλεκτρική τους αγωγιμότητα είναι μεγαλύτερη ή ίση με 4 ds/m (που ισοδυναμεί με 40 mM) (FAO, 1997). Επιπλέον, υπερβολικά αρδευόμενες γεωργικές εκτάσεις μπορεί να εμφανίζουν υψηλά ποσοστά αλατότητας καθώς εκεί παρατηρείται συσσώρευση ιόντων στο έδαφος, εξαιτίας της έντονης εξατμισοδιαπνοής. Στην περίπτωση αυτή, οι επιπτώσεις σε επίπεδο γεωργικής παραγωγής είναι σημαντικές καθώς τα περισσότερα καλλιεργούμενα φυτικά είδη παρουσιάζονται ευαίσθητα σε συνθήκες έστω και ήπιας αλατότητας στο εδαφικό περιβάλλον (Werner et al., 2009).

Η αλατότητα είναι ένα από τα πιο επιζήμια αβιοτικά στρες καθώς προκαλεί οσμωτικό σοκ, ιοντική τοξικότητα και ανισορροπία στα καλλιεργούμενα αλλά και σε άλλα φυτικά είδη. Οι φυτικοί οργανισμοί αξιοποιούν δύο κύριους μηχανισμούς προκειμένου να αντιμετωπίσουν τις συνέπειες της καταπόνησης αλατότητας. Ο πρώτος μηχανισμός έγκειται στην αποφυγή του παράγοντα καταπόνησης και ο δεύτερος στην αντοχή των ιστών (Volkmar et al., 1998). Στο πλαίσιο της αποφυγής, τα φυτά κρατούν τα ιόντα μακριά από τα ευαίσθητα μέρη τους μέσω μηχανισμών αποκλεισμού των ιόντων (Munns, 2002). Αντίθετα, η αντοχή των ιστών περιλαμβάνει μηχανισμούς συστηματικής συσσώρευσης των τοξικών ιόντων και διαμερισματοποίησής τους στο κενोटόπιο του φυτού, ελέγχοντας έτσι τη συγκέντρωση άλατος στο κυτταρόπλασμα (Chinnusamy et al., 2005).

Τα φυτά χρησιμοποιούν διαφορετικούς μηχανισμούς για να ξεπεράσουν την επίδραση της αλατότητας του εδάφους. Σε κυτταρικό επίπεδο, αντιμετωπίζουν την αλατότητα μέσω οσμωτικής προσαρμογής, που περιλαμβάνει κενωτοπιακή δέσμευση ιόντων και σύνθεση ωσμοπροστατευτικών στο κυτταρόπλασμα (Garg et al., 2002).

Σύμφωνα με μελέτες, η ενεργή οσμωτική προσαρμογή επιδρά θετικά στις διαδικασίες ανάπτυξης (Turner, 1981). Η οσμωτική ρύθμιση συνεισφέρει με δύο τρόπους στην αντιμετώπιση των επιπτώσεων της καταπόνησης αλατότητας:

- i. Καθιστά τα φυτά ικανά να προσλαμβάνουν νερό υπό συνθήκες υψηλής αλατότητας
- ii. Συμβάλλει στη διατήρηση ανοιχτών στοιμάτων, συνεισφέροντας στη διατήρηση της σπαργής του φυτικού κυττάρου.

Σε μοριακό επίπεδο, τα φυτά συνθέτουν πρωτεΐνες στρες που μπορεί να έχουν διαφορετικές λειτουργίες στη ρύθμιση της επίδρασης της αλατότητας. Αυτές μπορεί να συμβάλλουν στην οδό αποτοξίνωσης με πολλές μορφές, όπως μέσω της δράσης αντιοξειδωτικών ενζύμων (scavenging enzymes) ή της σύνθεσης αντιοξειδωτικών ενώσεων (Mittova et al., 2002).

Τα τρία κοινά κατιόντα που σχετίζονται με την αλατότητα περιλαμβάνουν Na^+ , Ca^{2+} και Mg^{2+} , ενώ τα κοινά ανιόντα περιλαμβάνουν τα Cl^- , SO_4^{2-} και HCO_3^- . Ωστόσο, τα ανιόντα Na^+ και Cl^- συνιστούν το 50-80 % των συνολικών διαλυτών αλάτων (Rengasamy, 2010).

Σε παγκόσμιο επίπεδο, περίπου το 19,5 % των αρδευόμενων εδαφών έχουν υψηλές συγκεντρώσεις αλάτων (Jin et al., 2010), βλάπτοντας τόσο την οικονομικότητα των καλλιεργειών όσο και το περιβάλλον (Rengasamy, 2010; Yang et al., 2010). Στην Αιθιοπία, τα εδάφη που επηρεάζονται από υψηλή συγκέντρωση αλάτων επικρατούν ως επί το πλείστον στην κοιλάδα Rift και στα πεδινά. Η κοιλάδα Awash γενικά, και οι χαμηλότερες πεδιάδες ειδικότερα, κυριαρχούνται από εδάφη που επηρεάζονται από το αλάτι (Gebresellassie, 1993). Είναι δε αποθαρρυντικό το γεγονός ότι, σύμφωνα με εκτιμήσεις, η αύξηση της συγκέντρωσης αλάτων στη γεωργική γη θα επιφέρει μείωση των διαθέσιμων εκτάσεων για καλλιέργεια κατά 30 % τα επόμενα 25 χρόνια και έως και 50 % μέχρι το έτος 2050 (Rozema and Flowers, 2008).

Το σουσάμι, αν και συγκαταλέγεται στις πλέον ανθεκτικές καλλιέργειες στην ξηρασία, δεν ανέχεται την υψηλή αλατότητα του εδάφους (Langham, 2008). Είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο σε υπερβολικά ιόντα χλωριούχου ασβεστίου και νατρίου στο εδαφικό διάλυμα. Αρκετές μελέτες έχουν δείξει πως είναι αρκετά ανεκτικό σε υψηλά επίπεδα αλατότητας στα στάδια βλάστησης και στα αρχικά στάδια ανάπτυξης.

Είναι ευρέως αποδεκτό ότι το μέγεθος των επιδράσεων της καταπόνησης αλατότητας ποικίλλει αναλόγα με το είδος, τον τύπο του φυτού αλλά και τα επίπεδα αλατότητας του εδάφους (Bishnoi

et al., 1987). Ωστόσο, είναι γεγονός ότι η καλλιέργεια σε αλατούχα εδάφη προϋποθέτει απαραίτητα τη χρήση ειδών και γονοτύπων που χαρακτηρίζονται ως ανθεκτικού σε υψηλά επίπεδα άλατος. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι στο Μπαγκλαντές, πάνω από το 30 % της συνολικής καλλιεργήσιμης έκτασης βρίσκεται στην παράκτια ζώνη. Από τα 2.85 εκατομμύρια εκτάρια που απαντώνται στην παράκτια και υπεράκτια ξηρά, περίπου τα 0.83 εκατομμύρια εκτάρια επηρεάζονται από διαφορετικά επίπεδα αλατότητας (Karim et al., 1990). Επιπλέον, η αλατότητα του εδάφους της εκάστοτε περιοχής αυξάνεται μέρα με τη μέρα. Στις περιοχές αυτές καλλιεργείται όψιμο σουσάμι.

1.11 Καταπόνηση ξηρασίας

Το στρες των φυτικών οργανισμών, εξαιτίας της ξηρασίας, αποτελεί παγκόσμιο πρόβλημα, που επηρεάζει σοβαρά την παραγωγή και την ποιότητα των σιτηρών, ενώ σε συνδυασμό με την τρομερή αύξηση του πληθυσμού και την κλιματική αλλαγή, το ζήτημα γιγαντώνεται διαρκώς. Το υδατικό στρες μπορεί να οδηγήσει σε διακοπή της φωτοσύνθεσης και διαταραχή του μεταβολισμού (Jaleel et al., 2008). Το στρες ξηρασίας οδηγεί σε αύξηση της συσσώρευσης των δραστικών μορφών οξυγόνου (ROS) στα φυτά. Τα αυξημένα επίπεδα ROS προκαλούν βλάβες σε διάφορους κυτταρικούς μηχανισμούς, όπως η αναστολή της ενζυμικής δραστηριότητας, η αποικοδόμηση των πρωτεϊνών, οι βλάβες στο γενετικό υλικό (DNA ή/και RNA) και η υπεροξείδωση των λιπιδίων της μεμβράνης, οδηγώντας τελικά σε κυτταρικό θάνατο. Σε διαφορετικές καλλιέργειες, οι φυσιολογικές αποκρίσεις στην ξηρασία σχετίζονται με το γονότυπο (Anyia and Herzog, 2004; Bacelar et al., 2007; Centritto et al., 2009; Costa et al., 2012).

Το σουσάμι συνιστά μια καλλιέργεια με ικανότητα προσαρμογής σε περιβάλλοντα που χαρακτηρίζονται ως επιρρεπή στην ξηρασία, ενώ ως είδος εμφανίζει σαφώς αυξημένο ποσοστό επιβίωσης, συγκριτικά με άλλα σημαντικά είδη, υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης (Islam et al., 2016). Παρά την ικανοποιητική αντίσταση στην ξηρασία, το σουσάμι καθίσταται ιδιαίτερα ευαίσθητο στην ξηρασία που εμφανίζεται κατά τη διάρκεια των σταδίων της βλάστησης και της ανθοφορίας (Boureima et al., 2011; Sun et al., 2010). Μάλιστα, η καλλιέργειά του σε άνυδρες και ημίξηρες περιοχές, όπου απαντώνται κατά βάση υψηλές θερμοκρασίες, υψηλά επίπεδα ηλιακής

ακτινοβολίας, υψηλά επίπεδα εξάτμισης και απρόβλεπτα επεισόδια ξηρασίας, επιφέρει σημαντικότερη μείωση της παραγωγικότητας (Hassanzadeh et al., 2009; Witcombe et al., 2007).

Μεταξύ των γνωρισμάτων που επηρεάζονται από την καταπόνηση ξηρασίας, συγκαταλέγονται ο ρυθμός βλάστησης, ο ρυθμός ανάπτυξης των φυτών, η ανθοφορία, ο αριθμός των καψών ανά φυτό, η απόδοση σε σπόρο καθώς και η απόδοση και σύσταση του ελαίου (Bahrami et al., 2012; Boureima et al., 2016; Hassanzadeh et al., 2009; Kassab et al., 2012; Sun et al., 2010). Τα ανωτέρω, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η καλλιέργεια απαντάται κατά κανόνα σε συστήματα χαμηλών εισροών, επιφέρουν τη διατήρηση των συνολικών αποδόσεων σε χαμηλά επίπεδα, περί τα 300–400 kg/ha, στην πλειοψηφία των άνυδρων και ημίξηρων περιοχών (Islam et al., 2016).

Ένα βασικό βήμα προς την ανάπτυξη κάποιας ποικιλίας σουσαμιού, ανθεκτικής στην ξηρασία, είναι η αποσαφήνιση της γενετικής βάσης της ανοχής στο υδατικό στρες. Δυστυχώς, μέχρι σήμερα, οι μελέτες που εστιάζουν στην αποσαφήνιση των μηχανισμών αντοχής στην υδατική καταπόνηση είναι σαφώς περιορισμένες για το σουσάμι (Dossa, 2016). Η βελτίωση της αντοχής των φυτών στην ξηρασία συλλήβδην θα ήταν η πιο οικονομική και αειφόρος προσέγγιση για τη ενίσχυση της γεωργικής παραγωγικότητας αλλά και τη μείωση της γεωργικής χρήσης των πόρων γλυκού νερού.

Σύμφωνα με τον Juenger (2013), υπάρχουν αποκλίσεις στην αντοχή στην ξηρασία, μεταξύ των διαφόρων ποικιλιών σουσαμιού. Το σουσάμι εμφανίζει τεράστια ποικιλομορφία, που πιθανώς να συνδέεται με την καλλιέργειά του σε ένα μεγάλο εύρος περιβαλλόντων σε συνδυασμό με μακροπρόθεσμες φυσικές και τεχνητές επιλογές (Bedigian και Harlan, 1986; Wei et al., 2015).

Είναι γενικά αποδεκτό ότι οι επεμβάσεις με φυτοορμόνες μπορούν να οδηγήσουν σε ρύθμιση του μεταβολισμού των φυτών και κατά συνέπεια αύξηση της απόδοσης των καλλιεργειών (Itai et al., 1978). Παρομοίως, η εφαρμογή φυτοορμονών σε φυτά, που καταπονούνται από διάφορους παράγοντες, μπορεί να οδηγήσει σε εξουδετέρωση των δυσμενών επιπτώσεων που ασκούνται υπό συνθήκες στρες (Heikal et al., 1982). Με βάση αυτά τα δεδομένα, έχει αποδειχτεί πως οι εξωγενείς εφαρμογές φυτοορμονών, όπως το σαλικυλικό οξύ (SA) και η κινετίνη (Kin), μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στην άμβλυνση των επιπτώσεων που επιφέρει η καταπόνηση ξηρασίας στο σουσάμι (Cagrgan, 2006).

Η προεπεξεργασία των φυτών με SA είχε ως αποτέλεσμα υψηλότερη περιεκτικότητα σε νερό στους ιστούς, αυξημένη δραστηριότητα αντιοξειδωτικών ενζύμων, μειωμένο επίπεδο υπεροξειδωσής λιπιδίων και τραυματισμό της μεμβράνης. Επίσης, προστατεύει τη δραστηριότητα της αναγωγάσης νιτρικών υπό συνθήκες έλλειψης νερού (Sakhabutdinova et al., 2003; Umebese et al., 2009).

Επιπρόσθετα, οι κυτοκινίνες (CKs) συμβάλλουν στη διατήρηση της ανοχής των φυτών σε αντίξοες αβιοτικές συνθήκες και καταστέλλουν παθολογικούς φαινοτύπους, κυρίως λόγω της ικανότητάς τους να προάγουν την κυτταρική διαίρεση, να διατηρούν την κυτταρική ομοιότητα και να διατηρούν υψηλά κυτταρικά δυναμικά οξειδοαναγωγής, κατά τη διάρκεια της ξηρασίας (Werner and Schmulling, 2009).

Τέλος, η σύνθεση πρωτεϊνών στρες αποτελεί τη λύση στο πρόβλημα των επικρατούντων στρεσογόνων συνθηκών, συμπεριλαμβανομένης καταπόνησης ξηρασίας. Οι περισσότερες από τις πρωτεΐνες στρες είναι διαλυτές στο νερό. Επομένως, συμβάλλουν στα φαινόμενα ανοχής στο στρες με την ενυδάτωση των κυτταρικών δομών. Η σύνθεση μιας ποικιλίας μεταγραφικών παραγόντων και πρωτεϊνών στρες εμπλέκονται αποκλειστικά στην ανοχή στην ξηρασία (Wahid et al., 2007). Η συσσώρευση ορισμένων οργανικών συμβατών ενώσεων, όπως η προλίνη, παίζει σπουδαίο ρόλο στην προστασία των φυτών και στην προσαρμογή σε ένα ευρύ φάσμα καταπονήσεων. Ένας από τους ρόλους της προλίνης στα φυτά είναι η άμεση αντίδραση ενάντια στο στρες της ξηρασίας (Ashraf and Foolad, 2007; Dias et al., 2014).

Σκοπός της μελέτης

Ο σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η αξιολόγηση της απόκρισης γενετικού υλικού σουσαμιού (*Sesamum indicum* L.) σε καταπονήσεις υψηλής αλατότητας και ξηρασίας. Το γενετικό υλικό αποτέλεσαν δύο πληθυσμοί σουσαμιού, ο Πληθυσμός 6 και ο Πληθυσμός 8, οι οποίοι παραχωρήθηκαν από το Ινστιτούτο Βιομηχανικών και Κτηνοτροφικών Φυτών (IBKΦ). ενώ ως παράγοντες καταπόνησης χρησιμοποιήθηκαν διαλύματα χλωριούχου νατρίου και πολυαιθυλενικής γλυκόλης 600 PEG. Για την αξιολόγηση της ανθεκτικότητας, οι σπόροι των ανωτέρω πληθυσμών τοποθετήθηκαν προς βλάστηση σε διαφορετικά επίπεδα καταπόνησης αλατότητας (50, 100, 150 και 200 mM NaCl) και ξηρασίας (5, 10, 15 και 20 % PEG). Σε όλα τα πειράματα αξιολόγησης της ανθεκτικότητας συμπεριλήφθηκαν μάρτυρες, που αφορούσαν σε σπόρους που τοποθετήθηκαν προς βλάστηση απουσία του παράγοντα καταπόνησης. Το επίπεδο ανθεκτικότητας των πληθυσμών προσδιορίστηκε βάσει φυσιολογικών και αναπτυξιακών παραμέτρων και εκτιμήθηκε κατά τα στάδια της βλάστησης και της αρχικής ανάπτυξης των σποροφύτων.

2. Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Γενετικό υλικό

Για την πραγματοποίηση των πειραμάτων αξιολόγησης της ανθεκτικότητας στις καταπονήσεις υψηλής αλατότητας και ξηρασίας, αξιοποιήθηκαν δύο πληθυσμοί σουσαμιού, ο Πληθυσμός 6 και ο Πληθυσμός 8. Το υπό μελέτη γενετικό υλικό παραχωρήθηκε από το Ινστιτούτο Βιομηχανικών και Κτηνοτροφικών Φυτών που εδρεύει στη Λάρισα και δραστηριοποιείται στη βελτίωση σουσαμιού.

Οι υπό αξιολόγηση πληθυσμοί θεωρείται ότι φέρουν σημαντική γενετική παραλλακτικότητα καθώς αποτελούν μείγματα ομοζύγων γονοτύπων. Οι εν λόγω πληθυσμοί έχουν μελετηθεί ως προς την απόδοση και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους, ωστόσο δεν έχουν τύχει μελέτης ως προς την απόκρισή τους σε αβιοτικές καταπονήσεις.

2.2 Απολύμανση των σπόρων

Στο πλαίσιο εγκατάστασης των πειραμάτων αξιολόγησης της ανθεκτικότητας, προηγήθηκε καταμέτρηση του απαιτούμενου αριθμού σπόρων με χρήση ειδικής συσκευής μέτρησης μικρού και μεσαίου μεγέθους σπόρων. Με βάση τον πειραματικό σχεδιασμό, υπολογίστηκε ότι συνολικά απαιτούνται 540 σπόροι ανά πληθυσμό.

Ακολούθησε επιφανειακή απολύμανση με διάλυμα χλωρίνης. Ειδικότερα, οι σπόροι τοποθετήθηκαν σε αποστειρωμένα δοχεία τύπου falcon (50 ml), τα οποία περιείχαν διάλυμα χλωρίνης (10 %) σε dH₂O. Η απολύμανση έγινε με παραμονή των σπόρων στο διάλυμα για 5 λεπτά σε συνθήκες συνεχούς ανακινήσεως. Στη συνέχεια, οι σπόροι ξεπλύθηκαν 3 φορές και αφού προστέθηκε απιονισμένο νερό στα δοχεία, παρέμειναν σε αυτά για 5 λεπτά υπό συνεχή ανάδευση. Οι διαδικασίες απολύμανσης πραγματοποιήθηκαν εντός της τράπεζας νηματικής ροής. Όλα τα σκέυη και εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν είχαν προηγουμένως αποστειρωθεί σε αυτόκαυστο (121 °C).

2.3 Εγκατάσταση πειράματος

Το πείραμα έλαβε μέρος στο Εργαστήριο Γενετικής Βελτίωσης Φυτών του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Τα πειράματα αξιολόγησης της ανθεκτικότητας του σουσαμιού στις καταπονήσεις της υψηλής αλατότητας και ξηρασίας αφορούσαν σε τοποθέτηση των σπόρων προς βλάστηση σε συνθήκες καταπόνησης. Η καταπόνηση αλατότητας επετεύχθη με τη χρήση NaCl, ενώ οι συνθήκες καταπόνησης ξηρασίας προσομοιώθηκαν με χρήση πολυαιθυλενικής γλυκόλης (PEG 6000).

Συγκεκριμένα, για την καταπόνηση υψηλής αλατότητας, οι σπόροι του κάθε πληθυσμού τοποθετήθηκαν προς βλάστηση σε διαλύματα διαφορετικών συγκεντρώσεων χλωριούχου νατρίου: 50 mM, 100 mM, 150 mM και 200 mM NaCl. Για τα πειράματα που αφορούσαν στην καταπόνηση ξηρασίας, οι σπόροι τοποθετήθηκαν σε διαλύματα διαφορετικής συγκέντρωσης πολυαιθυλενικής γλυκόλης: 5 %, 10 %, 15 % και 20 % PEG 6000. Σε όλα τα πειράματα αξιολόγησης της ανθεκτικότητας χρησιμοποιήθηκαν ως μάρτυρες σπόροι οι οποίοι τοποθετήθηκαν προς βλάστηση απουσία του εκάστοτε παράγοντα καταπόνησης (NaCl / PEG 6000).

Πριν την εγκατάσταση των πειραμάτων, προηγήθηκε αποστείρωση των δοχείων βλάστησης σε θάλαμο UV για χρονικό διάστημα 20 λεπτών προκειμένου να αποφευχθεί η παρουσία μικροβιακού φορτίου. Στη συνέχεια, δημιουργήθηκαν τα διαλύματα διαφορετικής συγκέντρωσης NaCl και PEG 6000 και ακολούθησε αποστείρωση σε αυτόκαυστο στους 121°C για 20 λεπτά. Για την προετοιμασία των δοχείων βλάστησης, διπλώθηκαν διηθητικά χαρτιά ώστε να δημιουργηθούν τέσσερις πτυχώσεις, στις οποίες επρόκειτο να τοποθετηθούν 12 σπόροι. Ακολούθησε αποστείρωση των διηθητικών χαρτιών, προς αποφυγή μολύνσεων, και τοποθέτησή τους στα δοχεία βλάστησης. Εντός των πτυχώσεων, τοποθετήθηκαν οι απολυμασμένοι σπόροι και ακολούθησε ο εμποτισμός με τα κατάλληλα διαλύματα. Η εγκατάσταση των σπόρων στα δοχεία βλάστησης έγινε εντός της τράπεζας νηματικής ροής, ενώ το σύνολο των σκευών και εργαλείων που χρησιμοποιήθηκαν είχαν προηγουμένως αποστειρωθεί σε αυτόκαυστο (121 °C).

Για κάθε συνδυασμό πληθυσμού – επιπέδου καταπόνησης, χρησιμοποιήθηκαν 3 επαναλήψεις, η κάθε μία εκ των οποίων αφορούσε σε 12 σπόρους.

Το σύνολο των δοχείων βλάστησης σημάνθηκε με κωδικούς που αντιστοιχούσαν i) στον πληθυσμό, ii) στο επίπεδο καταπόνησης NaCl ή PEG 6000 και iii) στην επανάληψη.

Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας, τα κουτιά μεταφέρθηκαν και παρέμειναν σε συνθήκες εργαστηρίου. Οι συνθήκες που επικρατούσαν κατά την εκπόνηση του πειράματος ήταν θερμοκρασία $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$ και σχετική υγρασία $60 \pm 10 \%$.



Εικόνα 2.1: Τοποθέτηση σπόρων προς βλάστησης σε δοχεία που περιέχουν κατάλληλα διαλύματα για την προσομοίωση συνθηκών καταπόνησης αλατότητας ή ξηρασίας.



Εικόνα 2.2: Μεταφορά δοχείων σε ελεγχόμενες συνθήκες.

2.4 Παρατηρήσεις-Μετρήσεις

Η έναρξη της λήψης παρατηρήσεων τοποθετείται μία ημέρα μετά την εγκατάσταση του πειράματος. Τα γνωρίσματα που εξετάστηκαν και για τα οποία λήφθηκαν μετρήσεις είναι: i) το ποσοστό βλαστικότητας των σπόρων, ii) το ποσοστό απορρόφησης νερού των σπόρων, iii) το μήκος της ρίζας, iv) το μήκος του βλαστού και v) το νωπό και το ξηρό βάρος των σποροφύτων και vi) ο δείκτης ευρωστίας.

- i. Οι μετρήσεις του ποσοστού βλαστικότητας ελήφθησαν κατά τις πρώτες 7 ημέρες από τους σπόρους που είχαν βλαστήσει και το μήκος του ριζιδίου που είχε αναπτυχθεί υπερέβαινε τα 2 mm. Για τον υπολογισμό χρησιμοποιήθηκε ο τύπος $GP (\%) = (\text{αριθμός σπόρων που βλάστησαν} / \text{συνολικός αριθμός σπόρων}) \times 100$.
- ii. Η μέτρηση του μήκους ρίζας και βλαστού πραγματοποιήθηκε με τη χρήση χάρακα την 3^η, 7^η, 11^η και 15^η ημέρα. Για κάθε συνδυασμό πληθυσμού – επιπέδου καταπόνησης, έγινε μέτρηση του μήκους ρίζας και βλαστού σε 5 σπορόφυτα ανά επανάληψη ($n = 3$). Ακολούθησε ο υπολογισμός του μέσου όρου για κάθε μεταχείριση και επανάληψη.
- iii. Από μετρήσεις που λήφθηκαν κατά την 7^η και 15^η ημέρα, υπολογίστηκε ο δείκτης ευρωστίας (SVI). Για τον υπολογισμό του δείκτη χρησιμοποιήθηκε ο τύπος $SVI = \text{Μήκος βλαστού} \times \text{ποσοστό βλαστικότητας}$.
- iv. Επιπλέον, υπολογίστηκε η περιεχόμενη υγρασία των σπόρων την 7^η και 15^η ημέρα. Για σκοπό αυτό, αρχικά έγινε προσδιορισμός του νωπού βάρους των σποροφύτων, μέσω ζύγισης του βάρους 5 σποροφύτων για κάθε συνδυασμό πληθυσμού – επιπέδου καταπόνησης ($n = 3$). Στη συνέχεια, τα σπορόφυτα εναποτέθηκαν στο ξηραντήριο για 48 ώρες σε θερμοκρασία 70 °C. Το ξηρό βάρος των σποροφύτων καταμετρήθηκε μετά το πέρας του χρονικού αυτού διαστήματος με τη χρήση ζυγού ακριβείας. Για την εκτίμηση του ποσοστού υγρασίας έγινε χρήση του τύπου $WC(\%) = [(\text{νωπό βάρος} - \text{ξηρό βάρος}) / \text{νωπό βάρος}] \times 100$.
- v. Τέλος, για τον υπολογισμό του ποσοστού απορρόφησης νερού των σπόρων (WU %) έγινε μέτρηση του βάρους 5 σπόρων για κάθε συνδυασμό πληθυσμού – επιπέδου καταπόνησης ($n = 3$), κατά την 3^η και την 7^η ημέρα. Για τον υπολογισμό του WU, χρησιμοποιήθηκε ο τύπος $WU (\%) = [(W2 - W1) / W1] \times 100$, όπου W1 είναι το αρχικό βάρος των σπόρων και W2 το βάρος των σποροφύτων μετά την απορρόφηση του νερού.

3. Αποτελέσματα

3.1 Καταπόνηση υψηλής αλατότητας

3.1.1 Ποσοστό βλάστησης

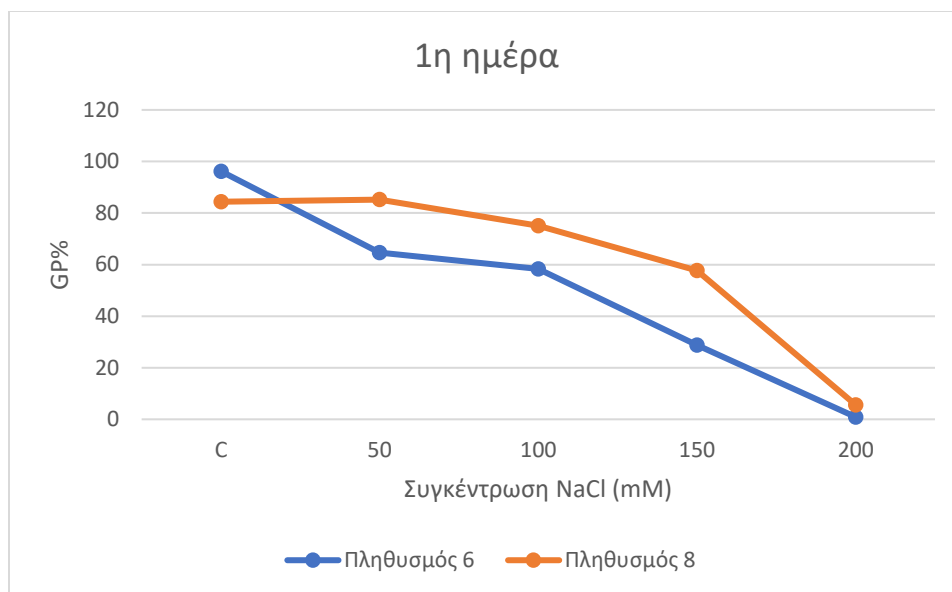
Κατά τις μετρήσεις που λήφθηκαν για τον προσδιορισμό του ποσοστού βλάστησης υπό συνθήκες αλατότητας, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικές σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο πληθυσμών. Σε επίπεδο μεταχειρίσεων ωστόσο, οι διαφορές ήταν εμφανείς, με το μάρτυρα να σημειώνει το μεγαλύτερο ποσοστό βλάστησης, ενώ το επίπεδο των 200 mM NaCl να επιφέρει το μικρότερο ποσοστό βλάστησης και στους δύο πληθυσμούς σουσαμιού.

Κατά την 1^η ημέρα, παρόλο που ο μάρτυρας του Πληθυσμού 6 παρουσίασε τη μεγαλύτερη βλαστικότητα, στο σύνολο των μεταχειρίσεων καταπόνησης σημειώθηκε υπεροχή του Πληθυσμού 8. Για το χρονικό διάστημα από την 2^η έως την 7^η ημέρα, παρατηρήθηκαν στατιστικές διαφορές στο μάρτυρα και στο επίπεδο των 100 mM NaCl, με τον Πληθυσμό 6 να υπερέχει εν συνόλω. Μεταξύ των πληθυσμών, δεν παρατηρήθηκαν περεταίρω αποκλίσεις. Στον Πίνακα 3.1 και στα Γραφήματα 3.1 – 3.7 παρουσιάζονται τα ποσοστά βλάστησης των σπόρων των δύο πληθυσμών σουσαμιού στα υπό μελέτη επίπεδα καταπόνησης.

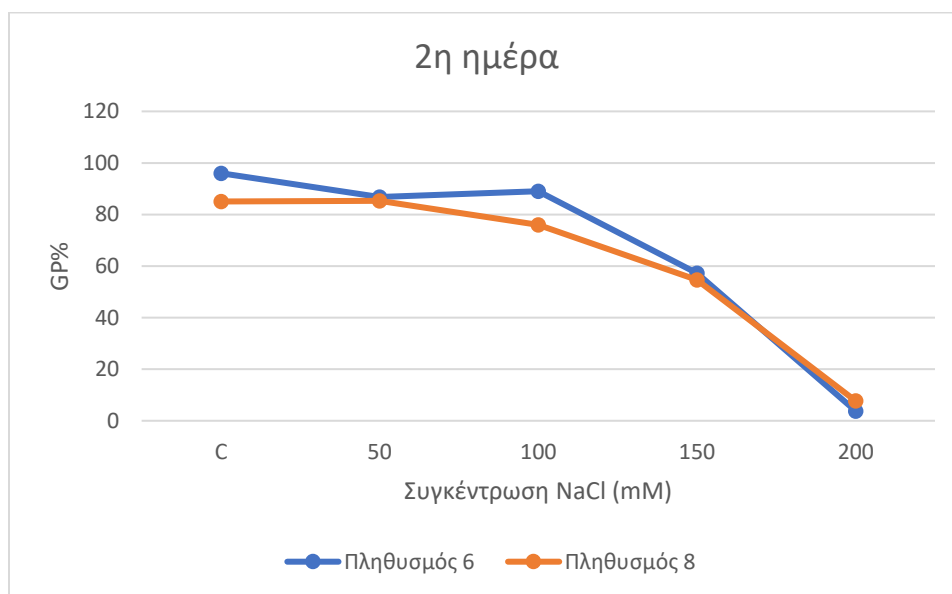
Πίνακας 3.1: Ποσοστό βλάστησης των σπόρων (GP %) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) σε επτά χρονικά διαστήματα (1^η έως 7^η ημέρα).

Ημέρα	Ποικιλίες	Συγκέντρωση NaCl (mM)					M.O. (Π)
		C	50	100	150	200	
1η	Πληθυσμός 6	96,2a	64,7a	58,3b	28,8b	0,9b	49,8a
	Πληθυσμός 8	84,4b	85,2a	75,1a	52,7a	5,6a	60,6a
	M.O (M)	90,3a	75ab	66,7b	40,9c	3,3d	
2η	Πληθυσμός 6	96,0a	86,8a	89,0a	57,3a	3,8a	66,6a
	Πληθυσμός 8	85,0b	85,3a	76,0b	54,7a	7,7a	61,7a
	M.O (M)	90,5a	86,1a	82,5a	56b	5,8c	

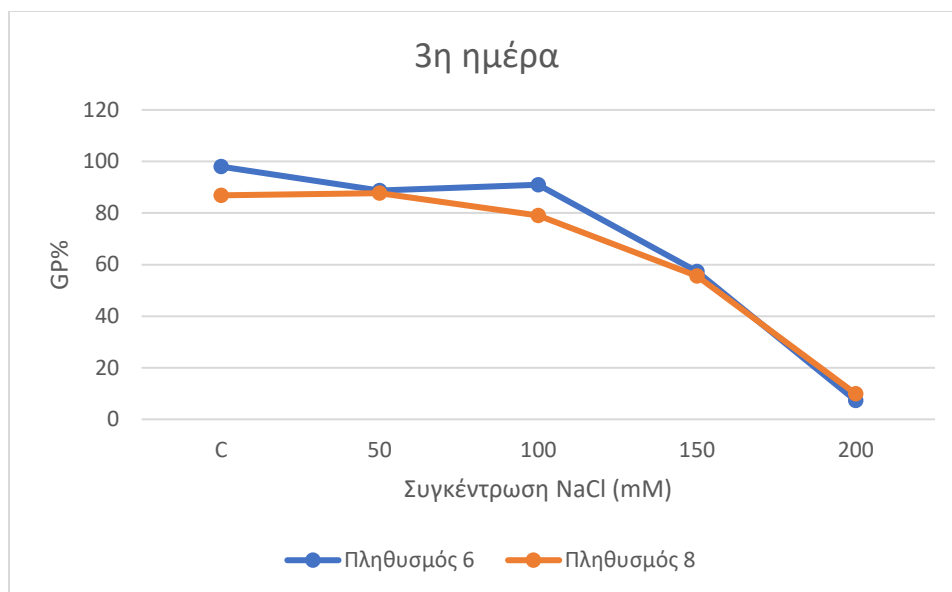
3η	Πληθυσμός 6	98,0a	88,7a	91,0a	57,3a	7,3a	68,5a
	Πληθυσμός 8	86,9b	87,7a	79,0b	55,6a	9,9a	63,8a
	M.O (M)	92,4a	88,2a	85a	56,5b	8,6c	
4η	Πληθυσμός 6	98,0a	94,1a	93,2a	59,2a	9,2a	70,7a
	Πληθυσμός 8	89,0b	88,7a	80,4b	56,5a	13,7a	65,7a
	M.O (M)	93,5a	91,4a	86,8a	57,9b	11,4c	
5η	Πληθυσμός 6	99,0a	96,0a	94,3a	9,3a	11,3a	72,0a
	Πληθυσμός 8	91,0b	90,7a	80,7b	56,7a	15,6a	66,9a
	M.O (M)	95a	93,3a	87,5a	58b	13,5c	
6η	Πληθυσμός 6	100,0a	97,0a	94,3a	59,3a	11,3a	65,9a
	Πληθυσμός 8	91,0b	91,7b	82,3b	57,3a	15,7a	67,6a
	M.O (M)	95,5a	78,2ab	88,3ab	58,3b	13,5c	
7η	Πληθυσμός 6	100,0a	97,0a	94,3a	60,3a	11,3a	66,1a
	Πληθυσμός 8	91,0b	91,7a	82,3b	58,3a	16,7a	68,0a
	M.O (M)	95,5a	78,2ab	88,3ab	59,3b	14c	



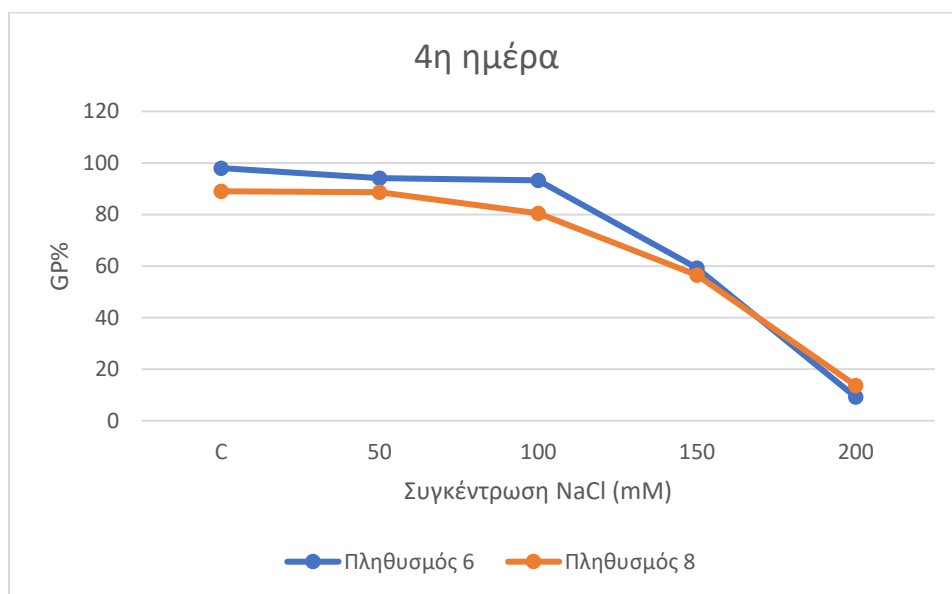
Γράφημα 3.1: Ποσοστό βλάστησης των σπόρων (GP %) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) την 1^η ημέρα καταπόνησης υψηλής αλατότητας.



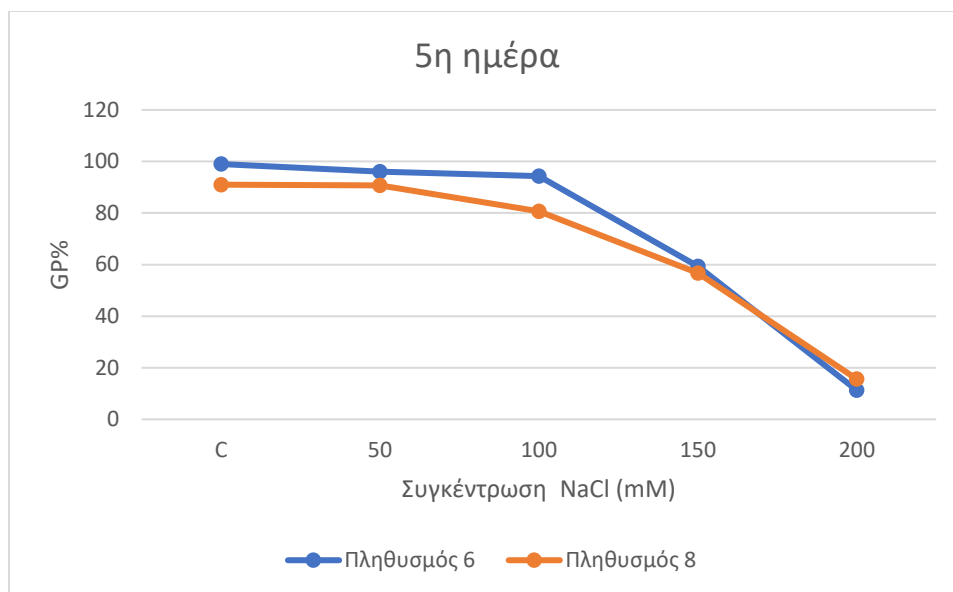
Γράφημα 3.2: Ποσοστό βλάστησης των σπόρων (GP %) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) κατά την 2^η ημέρα καταπόνησης υψηλής αλατότητας.



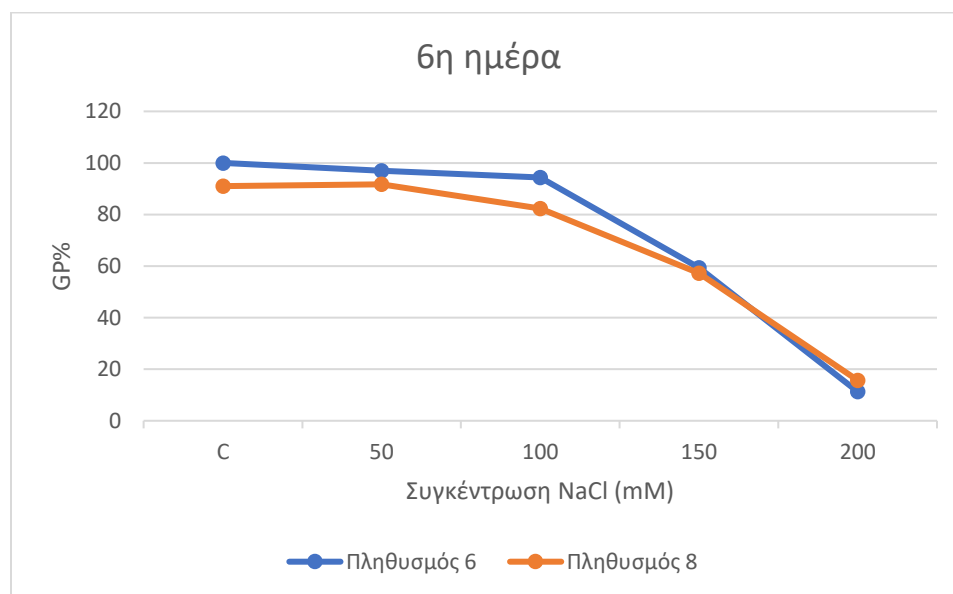
Γράφημα 3.3: Ποσοστό βλάστησης των σπόρων (GP %) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) κατά την 3^η ημέρα καταπόνησης υψηλής αλατότητας.



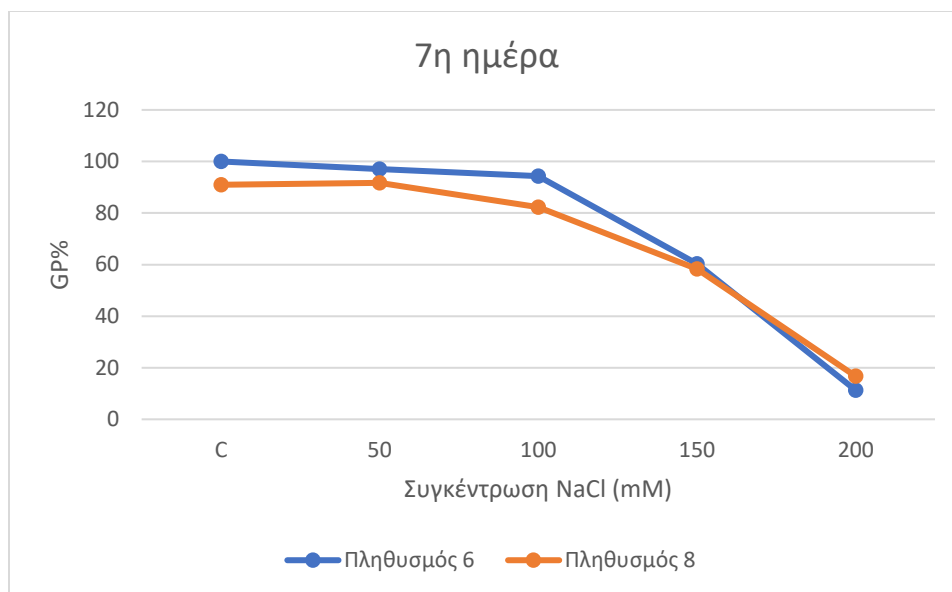
Γράφημα 3.4: Ποσοστό βλάστησης των σπόρων (GP %) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) κατά την 4^η ημέρα καταπόνησης υψηλής αλατότητας.



Γράφημα 3.5: Ποσοστό βλάστησης των σπόρων (GP %) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) κατά την 5^η ημέρα καταπόνησης υψηλής αλατότητας.



Γράφημα 3.6: Ποσοστό βλάστησης των σπόρων (GP %) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) κατά την 6^η ημέρα καταπόνησης υψηλής αλατότητας.



Γράφημα 3.7: Ποσοστό βλάστησης των σπόρων (GP %) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) κατά την 7^η ημέρα καταπόνησης υψηλής αλατότητας.

3.1.2 Ποσοστό απορρόφησης νερού σπόρων (WU %)

Κατά την 3^η ημέρα από την έναρξη της καταπόνησης, καταγράφηκε απουσία διαφορών μεταξύ των πληθυσμών. Σε επίπεδο μεταχειρίσεων, οι σπόροι του μάρτυρα παρουσίασαν το υψηλότερο ποσοστό υγρασίας, ενώ οι τιμές μειώνονταν σταδιακά με την αυξανόμενη συγκέντρωση NaCl, οδηγώντας στο χαμηλότερο ποσοστό στο επίπεδο των 200 mM NaCl. Εντός των μεταχειρίσεων, σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές στους σπόρους του μάρτυρα και σε αυτούς που τοποθετήθηκαν σε 50 mM NaCl, με τις υψηλότερες τιμές να αφορούν στον Πληθυσμό 8.

Κατά την 7^η ημέρα από την έναρξη των πειραμάτων καταπόνησης, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο πληθυσμών, τόσο στις μέσες τιμές αυτών για όλες τις μεταχειρίσεις όσο και στις επιμέρους τιμές αυτών στις διαφορετικές μεταχειρίσεις. Σε επίπεδο μεταχειρίσεων, οι σπόροι του μάρτυρα παρουσίασαν το υψηλότερο ποσοστό υγρασίας, ενώ στο επίπεδο των 200 mM NaCl σημειώθηκε το χαμηλότερο ποσοστό. Στον Πίνακα 3.2 παρουσιάζονται τα ποσοστά απορρόφησης νερού σπόρων των δύο πληθυσμών σουσαμιού στα υπό μελέτη επίπεδα καταπόνησης.

Πίνακας 3.2: Ποσοστό απορρόφησης νερού σπόρων (WU) (%) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) σε δύο χρονικά διαστήματα (3^η και 7^η ημέρα).

Ημέρα	Ποικιλίες	Συγκέντρωση NaCl (mM)					
		C	50	100	150	200	M.O.(Π)
3η	Πληθυσμός 6	13,1b	9,5b	10,0a	4,8a	1,7a	7,8a
	Πληθυσμός 8	16,9a	13,5a	9,0a	5,5a	2,5a	9,5a
	M.O (M)	15,0a	11,5b	9,5b	5,1c	2,1d	
7η	Πληθυσμός 6	12,3a	7,1a	11,1a	6,2a	3,0a	7,9a
	Πληθυσμός 8	15,4a	16,0a	9,7a	6,9a	2,8a	10,2a
	M.O (M)	13,8a	11,5a	10,4ab	6,6bc	2,9c	

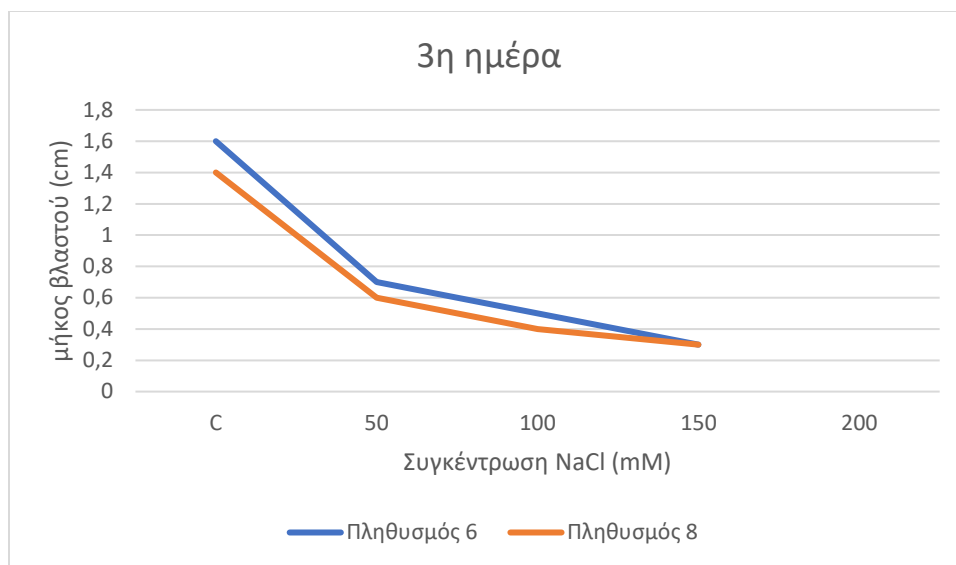
3.1.3 Μήκος βλαστού

Κατά την έναρξη των μετρήσεων, τα σπορόφυτα των δύο πληθυσμών εμφάνιζαν παρόμοιο μήκος βλαστού, ενώ η αυξανόμενη συγκέντρωση της αλατότητας συνετέλεσε σε εμφανή μείωση του μήκους βλαστού. Παρά το γεγονός ότι δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των πληθυσμών σε όλο το διάστημα λήψης παρατηρήσεων (3^η, 7^η, 11^η και 15^η ημέρα), σημειώθηκαν εμφανείς διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων.

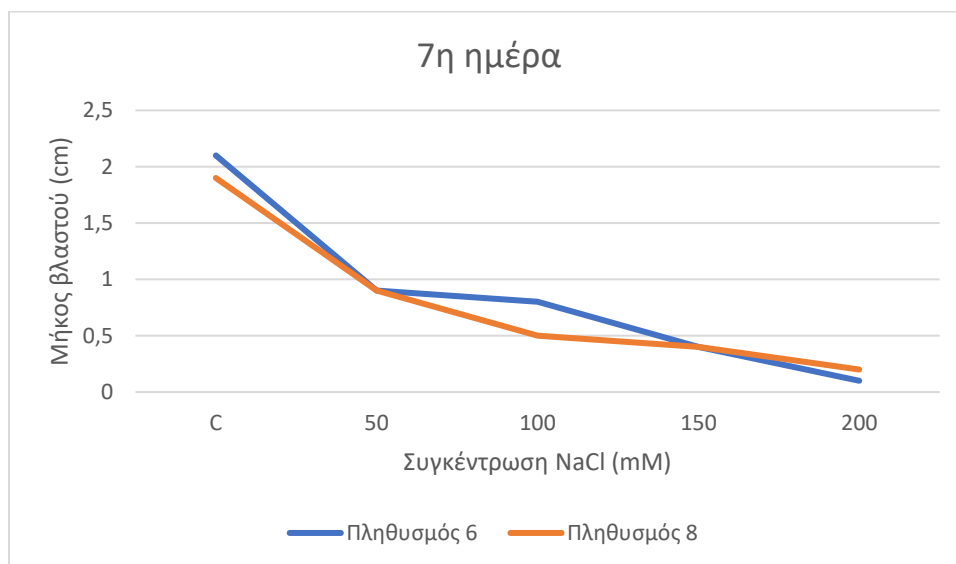
Όπως ήταν αναμενόμενο, το μεγαλύτερο μήκος βλαστού παρατηρήθηκε στα φυτά του μάρτυρα, σημειώνοντας στατιστικώς σημαντική διαφορά με τις μεταχειρίσεις των 50, 100 και 150 mM NaCl. Στο επίπεδο καταπόνησης 150 mM NaCl, σημειώθηκε το μικρότερο μήκος βλαστού, ενώ στο επίπεδο των 200 mM NaCl η πλειοψηφία των φυτών εμφάνισε πλήρη ανάσχεση της ανάπτυξης βλαστού. Μεταξύ των πληθυσμών, κατά την 11^η ημέρα παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στα επίπεδα καταπόνησης των 100 και 150 mM NaCl, όπου σημείωσε υπεροχή ο Πληθυσμός 8 και 6, αντίστοιχα. Κατά τη 15^η ημέρα, αντίστοιχες διαφορές σημειώθηκαν στα επίπεδα των 50 και 100 mM NaCl αλλά και στα φυτά του μάρτυρα, με τις διαφορές να έγκεινται σε όλες τις περιπτώσεις σε υπεροχή του Πληθυσμού 6. Στον Πίνακα 3.3 και στα Γραφήματα 3.8 – 3.11 παρουσιάζονται τα καταγεγραμμένα μήκη των βλαστών των σποροφύτων των δύο πληθυσμών σουσαμιού στα υπό μελέτη επίπεδα καταπόνησης.

Πίνακας 3.3: Μήκος βλαστού των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) σε τέσσερα χρονικά διαστήματα (3^η, 7^η, 11^η και 15^η ημέρα).

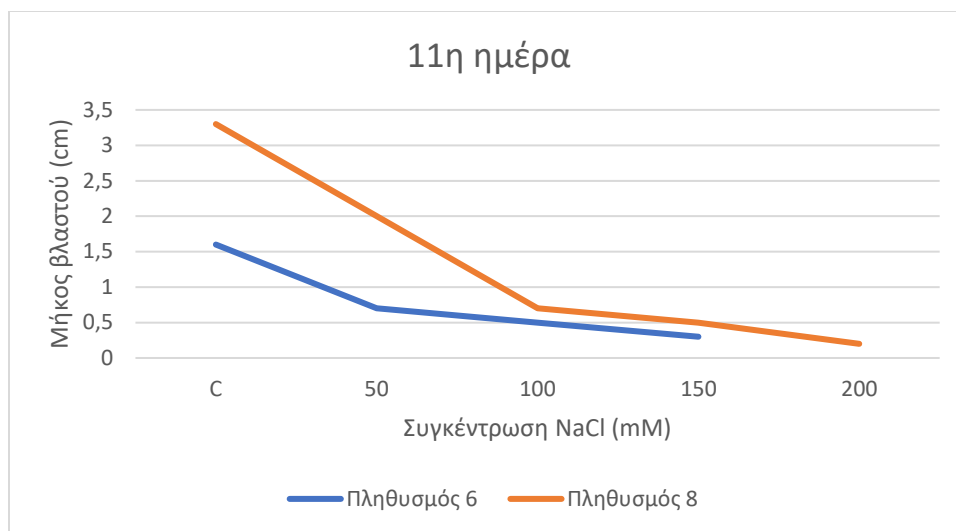
Ημέρα	Ποικιλίες	Συγκέντρωση NaCl (mM)					
		C	50	100	150	200	M.O.(Π)
3η	Πληθυσμός 6	1,6a	0,7a	0,5a	0,3a		0,8a
	Πληθυσμός 8	1,4a	0,6a	0,4a	0,3a		0,7a
	M.O (M)	1,5a	0,6b	0,4c	0,3c		
7η	Πληθυσμός 6	2,1a	0,9a	0,8a	0,4a	0,1	1,0a
	Πληθυσμός 8	1,9a	0,9a	0,5a	0,4a	0,2	0,8a
	M.O (M)	2,0a	0,9b	0,7bc	0,4c		
11η	Πληθυσμός 6	3,7a	1,2a	1,0a	0,6a		1,7a
	Πληθυσμός 8	3,3a	2,0a	0,7b	0,5b	0,2	1,3a
	M.O (M)	3,5a	1,7b	0,8c	0,6c		
15η	Πληθυσμός 6	4,2a	1,2b	1,1a	0,7a		1,9a
	Πληθυσμός 8	3,5b	2,2a	0,7b	0,5a	0,2	1,5a
	M.O (M)	3,9a	1,8b	0,9c	0,6c		



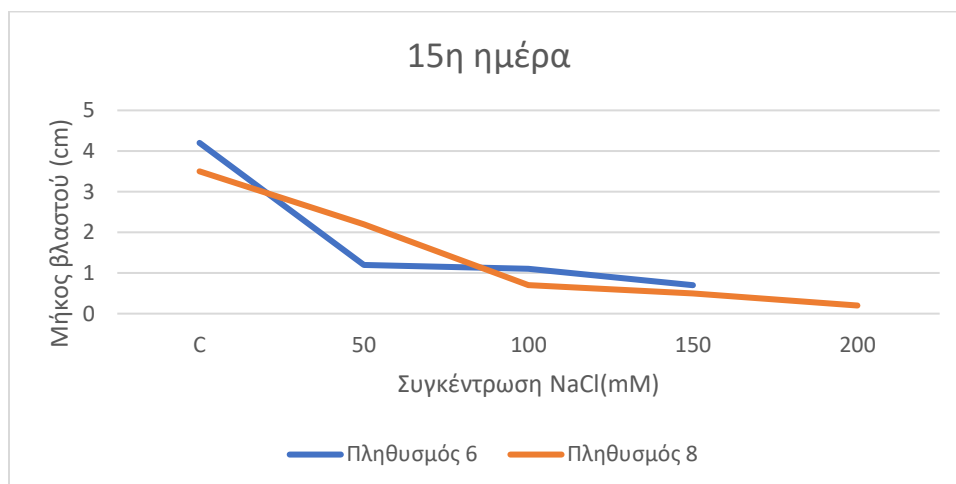
Γράφημα 3.8: Μήκος βλαστού των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) κατά την 3^η ημέρα καταπόνησης υψηλής αλατότητας.



Γράφημα 3.9: Μήκος βλαστού των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) κατά την 7^η ημέρα καταπόνησης υψηλής αλατότητας.



Γράφημα 3.10: Μήκος βλαστού των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) κατά την 11^η ημέρα καταπόνησης υψηλής αλατότητας.



Γράφημα 3.11: Μήκος βλαστού των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) κατά την 15^η ημέρα καταπόνησης υψηλής αλατότητας.

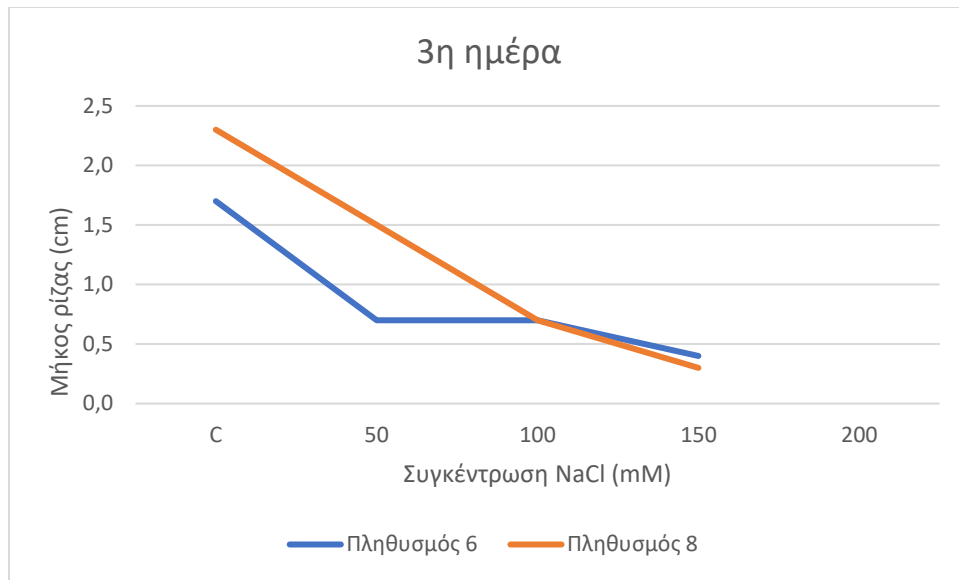
3.1.4 Μήκος ρίζας

Όσον αφορά το μήκος της ρίζας, δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο πληθυσμών. Σε επίπεδο μεταχειρίσεων, τα φυτά του μάρτυρα υπερείχαν συγκριτικά με τις καταπονήσεις των 50, 100 και 150 mM NaCl καθόλη τη διάρκεια των μετρήσεων. Όπως αναμενόταν, στο επίπεδο των 150 mM NaCl, σημειώθηκε το μικρότερο μήκος ρίζας. Μεταξύ των

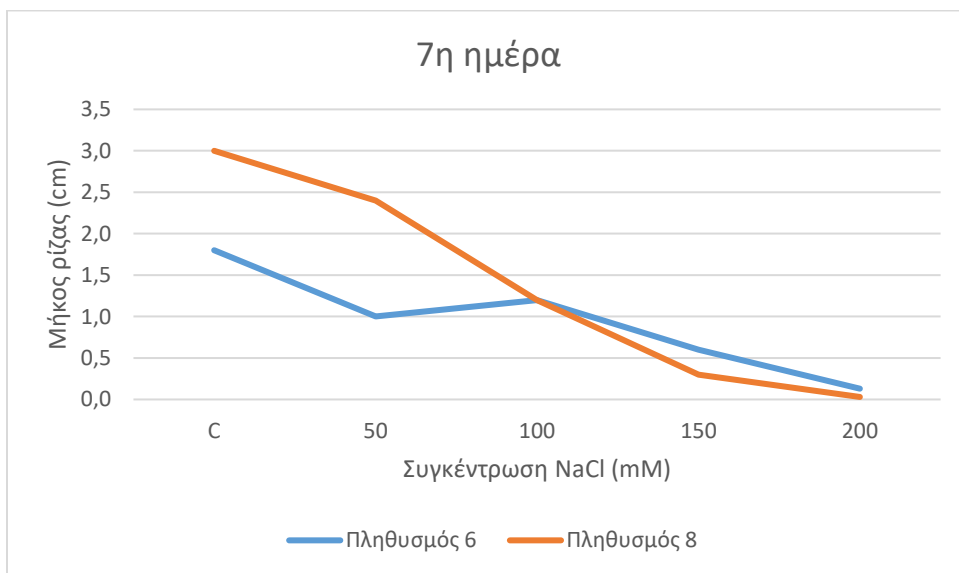
πληθυσμών, είναι αξιοσημείωτο ότι στο επίπεδο των 50 mM NaCl, ο Πληθυσμός 8 εμφάνισε σημαντικά μεγαλύτερο μήκος ρίζας, συγκριτικά με τον Πληθυσμό 6, καθόλη τη διάρκεια λήψης παρατηρήσεων. Αντίστοιχα, η υπεροχή του Πληθυσμού 8 αναδείχθηκε και στο επίπεδο των 100 mM NaCl, με την υπεροχή ωστόσο να σημειώνεται από την 11^η ημέρα και έπειτα. Είναι ωστόσο ενδιαφέρον, ότι στο επίπεδο των 150 mM NaCl, οι πληθυσμοί εμφάνισαν αντίθετη συμπεριφορά, καθώς παρατηρήθηκε υπεροχή του Πληθυσμού 6 καθόλο το διάστημα λήψης παρατηρήσεων. Διαφορές παρατηρήθηκαν ακόμη στα φυτά του μάρτυρα κατά την 3^η και 7^η ημέρα, όπου καταγράφηκαν μεγαλύτερα μήκη ριζών για τα φυτά του Πληθυσμού 8. Στον Πίνακα 3.4 και στα Γραφήματα 3.12 – 3.15 παρουσιάζονται τα καταγεγραμμένα μήκη των ριζών των φυτών των δύο πληθυσμών σουσαμιού στα υπό μελέτη επίπεδα καταπόνησης.

Πίνακας 3.4: Μήκος ρίζας των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) σε τέσσερα χρονικά διαστήματα (3^η, 7^η, 11^η και 15^η ημέρα).

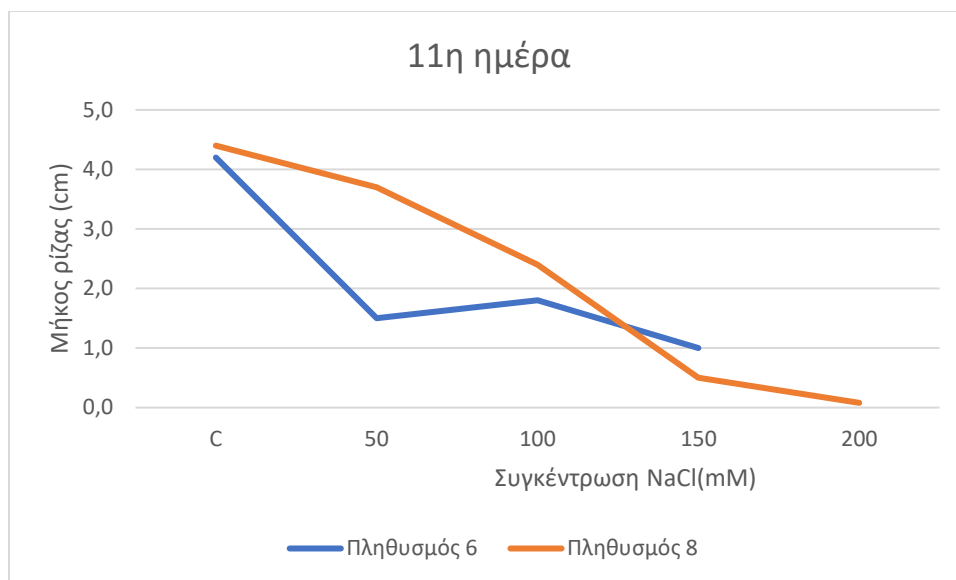
Ημέρα	Ποικιλίες	Συγκέντρωση NaCl (mM)					M.O. (Π)
		C	50	100	150	200	
3η	Πληθυσμός 6	1,7b	0,7b	0,7a	0,4a		0,9a
	Πληθυσμός 8	2,3a	1,5a	0,7a	0,3a		1,2a
	M.O (M)	2,0a	1,2b	0,7c	0,4c		
7η	Πληθυσμός 6	1,8b	1,0b	1,2a	0,6a	0,13	1,1a
	Πληθυσμός 8	3,0a	2,4a	1,2a	0,3b	0,03	1,4a
	M.O (M)	2,4a	1,8ab	1,2bc	0,5c		
11η	Πληθυσμός 6	4,2a	1,5b	1,8a	1,0a		2,2a
	Πληθυσμός 8	4,4a	3,7a	2,4a	0,5b	0,08	2,2a
	M.O (M)	4,3a	2,8b	2,1b	0,8c		
15η	Πληθυσμός 6	4,4a	1,6b	1,9a	1,0a		2,3a
	Πληθυσμός 8	5,1a	4,0a	2,5a	0,5b	0,09	2,6a
	M.O (M)	4,8a	3,1b	2,2b	0,8c		



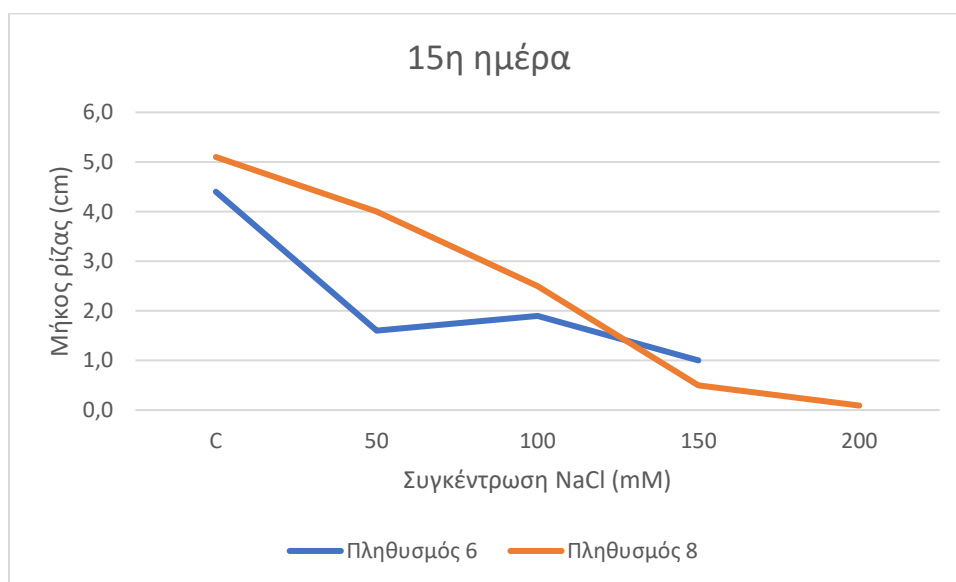
Γράφημα 3.12: Μήκος ρίζας των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) κατά την 3^η ημέρα καταπόνησης υψηλής αλατότητας.



Γράφημα 3.13: Μήκος ρίζας των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) κατά την 7^η ημέρα καταπόνησης υψηλής αλατότητας.



Γράφημα 3.14: Μήκος ρίζας των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) κατά την 11^η ημέρα καταπόνησης υψηλής αλατότητας.



Γράφημα 3.15: Μήκος ρίζας των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) κατά την 15^η ημέρα καταπόνησης υψηλής αλατότητας.

3.1.5 Ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας σποροφύτων (WC %)

Κατά την 7^η ημέρα έπειτα από την έναρξη της καταπόνησης αλατότητας, δεν σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των πληθυσμών. Μεταξύ των μεταχειρίσεων, τα σπορόφυτα του μάρτυρα και της καταπόνησης των 50 mM NaCl παρουσίασαν υψηλότερα ποσοστά υγρασίας συγκριτικά με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Εντός των μεταχειρίσεων, σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές στα φυτά του μάρτυρα και σε αυτά που καταπονήθηκαν στο επίπεδο των 100 mM NaCl, με τον Πληθυσμό 6 να εμφανίζει υψηλότερες τιμές περιεχόμενης υγρασίας.

Κατά την 15^η ημέρα από την έναρξη του πειράματος, απουσίαζαν διαφορές στις μέσες τιμές των πληθυσμών. Σε επίπεδο μεταχειρίσεων, τα σπορόφυτα στα οποία εφαρμόστηκαν 150 και 200 mM NaCl, παρουσίασαν χαμηλότερα ποσοστά υγρασίας συγκριτικά με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Μεταξύ των πληθυσμών, η ανάλυση κατέδειξε την απουσία διαφορών σε όλα τα επίπεδα καταπόνησης. Στον Πίνακα 3.5 παρουσιάζονται τα ποσοστά περιεχόμενης υγρασίας των σποροφύτων των δύο πληθυσμών σουσαμιού στα υπό μελέτη επίπεδα καταπόνησης.

Πίνακας 3.5: Ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας των σποροφύτων (WC) (%) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) σε δύο χρονικά διαστήματα (7^η και 15^η ημέρα).

Ημέρα	Ποικιλίες	Συγκέντρωση NaCl (mM)					M.O.(Π)
		C	50	100	150	200	
7η	Πληθυσμός 6	13,2a	7,7a	8,8a	6,3a	5,6a	8,4a
	Πληθυσμός 8	8,3b	11,1a	5,8b	6,6a	5,1a	7,4a
	M.O (M)	10,7a	9,7a	7,3b	6,4b	5,3b	
15η	Πληθυσμός 6	10,1a	8,0a	8,8a	6,4a	4,6a	7,5a
	Πληθυσμός 8	9,0a	7,9a	7,8a	5,2a	4,0a	6,8a
	M.O (M)	9,5a	7,9a	8,3a	5,8b	4,3b	

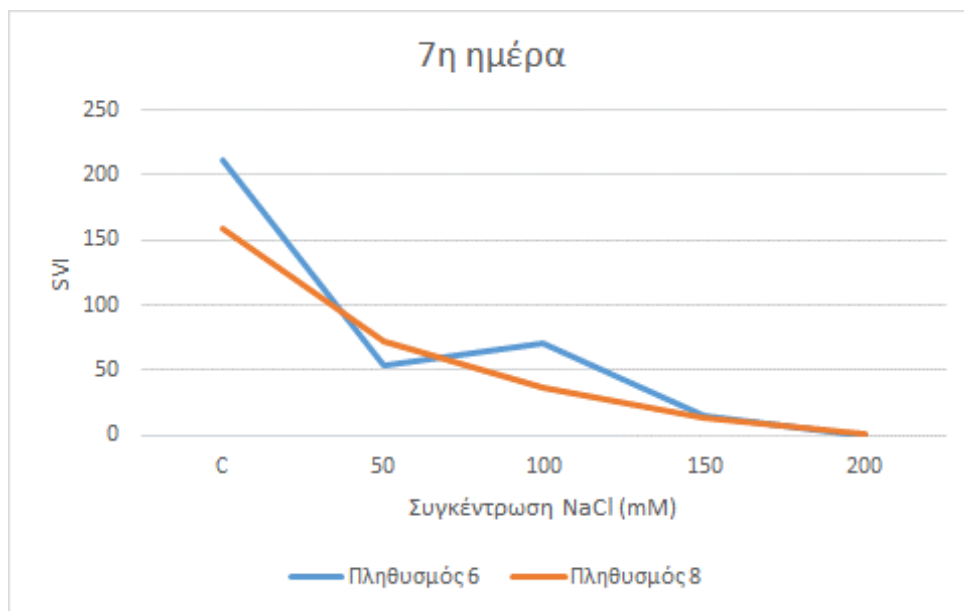
3.1.6 Δείκτης Ευρωστίας

Κατά την 7^η ημέρα από την έναρξη της καταπόνησης, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των πληθυσμών. Μεταξύ των μεταχειρίσεων, οι σπόροι του μάρτυρα παρουσίασαν τον υψηλότερο δείκτη ευρωστίας, ενώ οι σπόροι της καταπόνησης στο επίπεδο των 200 mM NaCl εμφάνισαν τις χαμηλότερες αντίστοιχες τιμές. Εντός των μεταχειρίσεων, παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στο επίπεδο των 100 mM NaCl, όπου εμφάνισε σαφή υπεροχή ο Πληθυσμός 6.

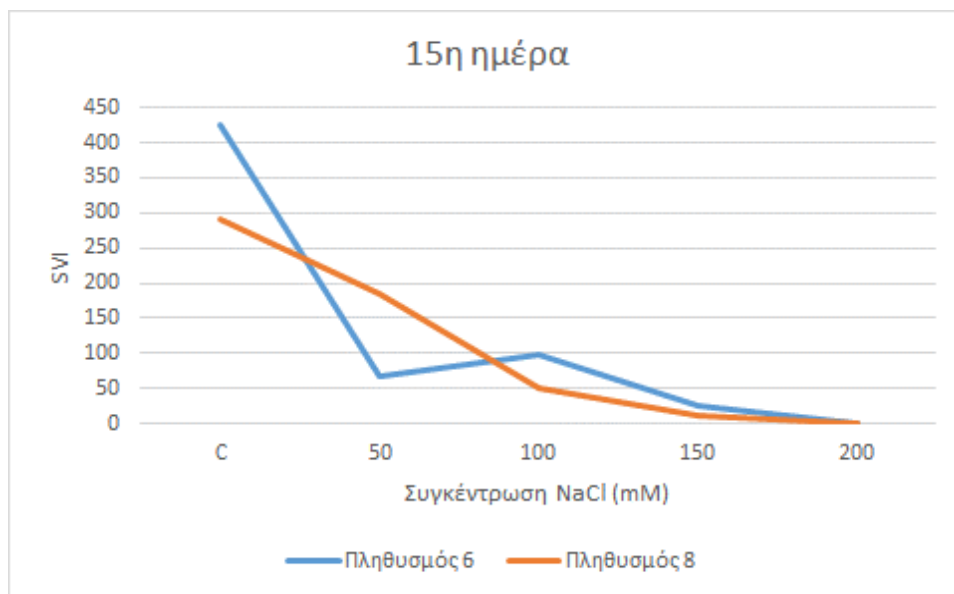
Κατά την 15^η ημέρα, οι πληθυσμοί δε διέφεραν μεταξύ τους λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των μεταχειρίσεων. Σε επίπεδο μεταχειρίσεων, όπως αναμενόταν, οι σπόροι του μάρτυρα παρουσίασαν τον υψηλότερο δείκτη ευρωστίας, και ακολούθως σημειώθηκε μείωση του δείκτη ευρωστίας με τη σταδιακή αύξηση της συγκέντρωσης NaCl. Συνεπώς, στο επίπεδο των 200 mM NaCl καταγράφηκε ο χαμηλότερος δείκτης ευρωστίας. Εντός των μεταχειρίσεων, σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές στα φυτά του μάρτυρα και σε αυτά που καταπονήθηκαν στα 100 mM NaCl, με σαφή υπεροχή του Πληθυσμού 6. Στον Πίνακα 3.6 και στα Γραφήματα 3.16 και 3.17 παρουσιάζονται οι τιμές που αφορούν στο δείκτη ευρωστίας των δύο πληθυσμών σουσαμιού στα υπό μελέτη επίπεδα καταπόνησης.

Πίνακας 3.6: Δείκτης ευρωστίας των σπόρων (SVI) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) σε δύο χρονικά διαστήματα (7^η και 15^η ημέρα).

Ημέρα	Ποικιλίες	Συγκέντρωση NaCl (mM)					
		C	50	100	150	200	M.O.(Π)
7 ^η	Πληθυσμός 6	211,7a	54,0a	70,9a	15,8a	0,3a	70,5a
	Πληθυσμός 8	159,0a	71,7a	37,0b	13,8a	0,5a	56,4a
	M.O (M)	185,3a	62,8b	53,9b	14,8c	0,4c	
15 ^η	Πληθυσμός 6	424,0a	68,2a	97,2a	24,0a	0,0a	122,7a
	Πληθυσμός 8	291,2b	183,7a	50,8b	10,3a	0,7a	107,3a
	M.O (M)	357,6a	126,0b	74,0c	17,2d	0,3d	



Γράφημα 3.16: Δείκτης ευρωστίας των σπόρων (SVI) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) κατά την 7^η ημέρα καταπόνησης υψηλής αλατότητας.



Γράφημα 3.17: Δείκτης ευρωστίας των σπόρων (SVI) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) κατά την 15^η ημέρα καταπόνησης υψηλής αλατότητας.



Εικόνα 3.1: Βλάστηση και ανάπτυξη των σποροφύτων σε διαφορετικά επίπεδα καταπόνησης: 0, 50, 100, 150 και 200 mM NaCl (από τα αριστερά προς τα δεξιά).

3.2 Καταπόνηση ξηρασίας

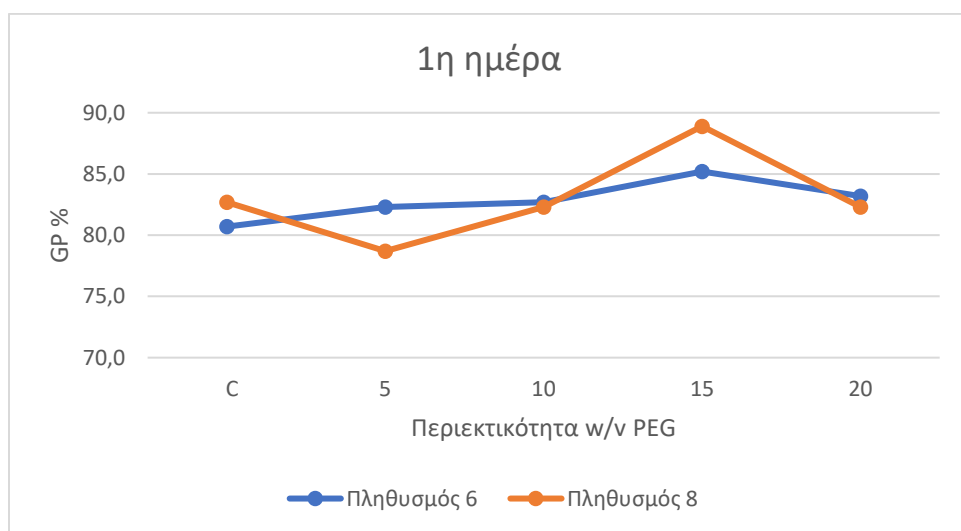
3.2.1 Ποσοστό βλάστησης

Έπειτα από στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων σχετικά με το ποσοστό βλάστησης υπό συνθήκες καταπόνησης ξηρασίας, παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο πληθυσμών, με τον Πληθυσμό 6 να υπερέχει έναντι του Πληθυσμού 8. Εξαίρεση αποτέλεσε η 1^η ημέρα, όπου δεν παρατηρήθηκε σημαντική απόκλιση αναφορικά με τα ποσοστά βλάστησης των Πληθυσμών 6 και 8. Σε επίπεδο μεταχειρίσεων, δεν παρατηρήθηκαν επίσης σημαντικές διαφορές, καθόλη τη διάρκεια του πειράματος, τους φαίνεται από τις μέσες τιμές των μεταχειρίσεων για τους δύο πληθυσμούς. Εντός των μεταχειρίσεων, σημειώθηκαν διαφορές κατά την 2^η, 3^η και 4^η ημέρα στο επίπεδο καταπόνησης 10 % PEG, όπου αναδείχθηκε η υπεροχή του Πληθυσμού 6. Κατ' αναλογία, κατά την 5^η, 6^η και 7^η ημέρα ο Πληθυσμός 6 φάνηκε να υπερέχει έναντι του Πληθυσμού 8 στο επίπεδο 20 % PEG. Στον Πίνακα 3.7 και στα Γραφήματα 3.18 – 3.24 παρουσιάζονται τα ποσοστά βλάστησης σπόρων των δύο ποικιλιών σουσαμιού στα υπό μελέτη επίπεδα καταπόνησης.

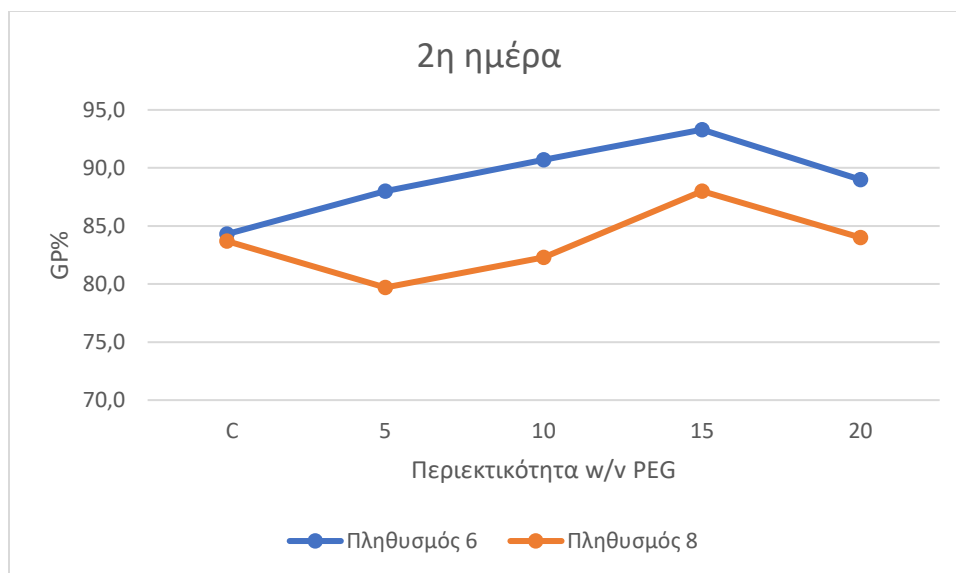
Πίνακας 3.7: Ποσοστό βλάστησης των σπόρων (GP %) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) σε επτά χρονικά διαστήματα (1^η έως 7^η ημέρα).

Ημέρα	Ποικιλίες	Περιεκτικότητα % w/v PEG					Μ.Ο.(Π)
		C	5	10	15	20	
1 ^η	Πληθυσμός 6	80,7a	82,3a	82,7a	85,2a	83,2a	82,8a
	Πληθυσμός 8	82,7a	78,7a	82,3a	88,9a	82,3a	83,0a
	Μ.Ο (Μ)	81,7a	80,5a	82,5a	87,1a	82,8a	
2 ^η	Πληθυσμός 6	84,3a	88,0a	90,7a	93,3a	89,0a	89,1a
	Πληθυσμός 8	83,7a	79,7a	82,3b	88,0a	84,0a	83,5b
	Μ.Ο (Μ)	84,0a	83,8a	86,5a	90,7a	86,5a	
3 ^η	Πληθυσμός 6	88,0a	90,7a	92,5a	94,0a	92,3a	91,5a
	Πληθυσμός 8	86,0a	85,7a	87,0b	89,9a	85,8a	86,9b
	Μ.Ο (Μ)	87,0a	88,2a	89,8a	91,9a	89,1a	

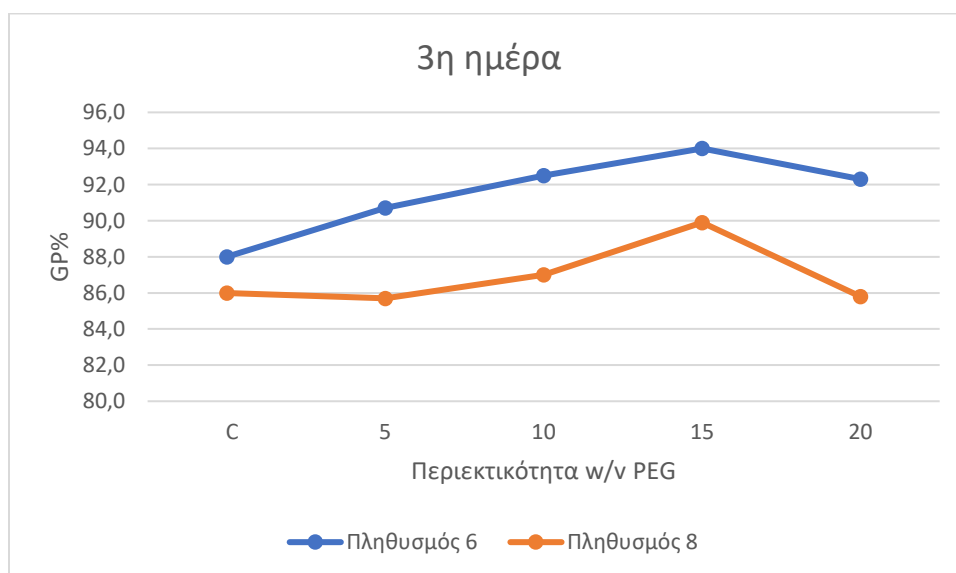
4 ^η	Πληθυσμός 6	94,2a	93,0a	96,0a	94,0a	94,3a	94,3a
	Πληθυσμός 8	87,7a	91,0a	89,0b	90,7a	88,0a	89,3b
	M.O (M)	90,9a	92,0a	92,5a	92,3a	91,2a	
5 ^η	Πληθυσμός 6	96,3a	96,0a	7,0a	94,0a	96,0a	95,9a
	Πληθυσμός 8	88,7a	93,3a	92,3a	92,3a	88,0b	90,9b
	M.O (M)	92,5a	94,7a	94,7a	93,2a	92,0a	
6 ^η	Πληθυσμός 6	98,0a	99,0a	98,0a	95,0a	96,0a	97,2a
	Πληθυσμός 8	89,7a	94,3a	92,3b	92,3a	88,0b	91,3b
	M.O (M)	93,8a	96,7a	95,2a	93,7a	92,0a	
7 ^η	Πληθυσμός 6	99,0a	99,0a	99,0a	95,0a	96,0a	97,6a
	Πληθυσμός 8	89,7a	95,0b	93,3a	92,3a	88,0b	91,7b
	M.O (M)	93,8a	96,7a	95,2a	93,7a	92,0a	



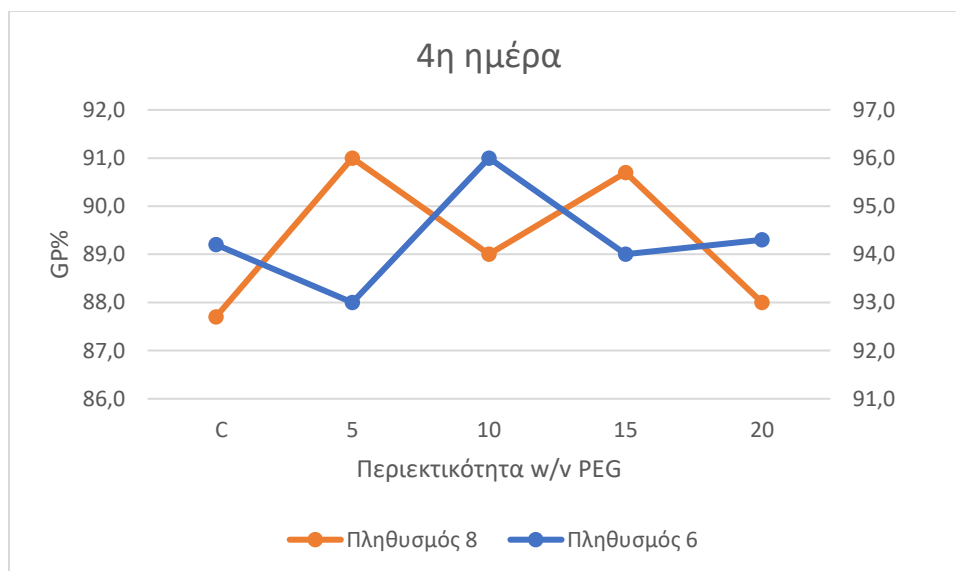
Γράφημα 3.18: Ποσοστό βλάστησης των σπόρων (GP %) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) κατά την 1^η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.



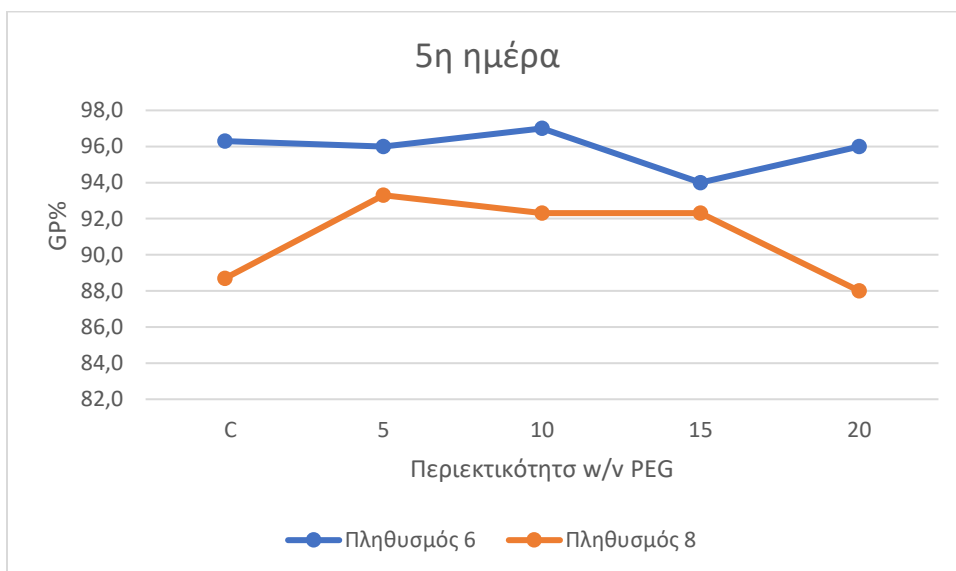
Γράφημα 3.19: Ποσοστό βλάστησης των σπόρων (GP %) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) κατά την 2^η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.



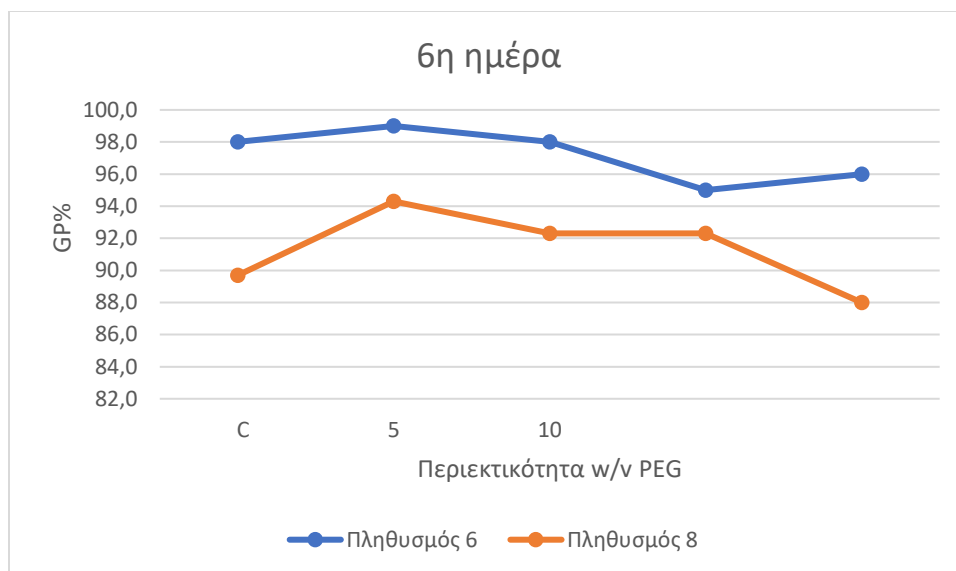
Γράφημα 3.20: Ποσοστό βλάστησης των σπόρων (GP %) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) κατά την 3^η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.



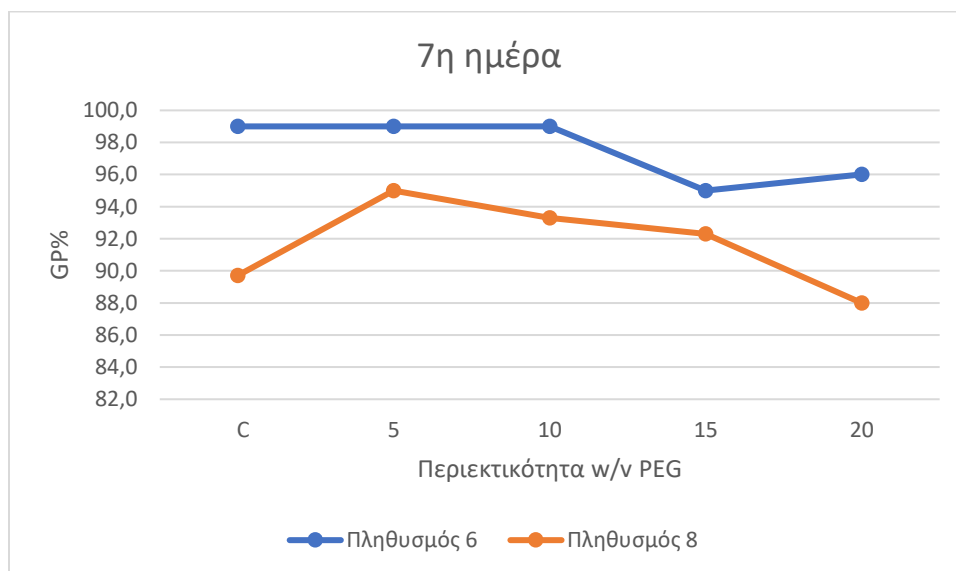
Γράφημα 3.21: Ποσοστό βλάστησης των σπόρων (GP %) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) κατά την 4^η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.



Γράφημα 3.22: Ποσοστό βλάστησης των σπόρων (GP %) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) κατά την 5^η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.



Γράφημα 3.23: Ποσοστό βλάστησης των σπόρων (GP %) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) κατά την 6^η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.



Γράφημα 3.24: Ποσοστό βλάστησης των σπόρων (GP %) ανά ποικιλία (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) κατά την 7^η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.

3.2.2 Ποσοστό απορρόφησης νερού σπόρων (WU %)

Κατά την 3^η ημέρα από την έναρξη της καταπόνησης, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε επίπεδο ποικιλίας. Σε επίπεδο μεταχειρίσεων, οι σπόροι του μάρτυρα

παρουσίασαν το υψηλότερο ποσοστό απορρόφησης νερού και σημειώθηκε μείωση των τιμών WU, η οποία υπήρξε ανάλογη της έντασης της καταπόνησης, επιφέροντας την πλέον δραστική μείωση στο υψηλό επίπεδο καταπόνησης (20 % PEG). Εντός των μεταχειρίσεων, οι πληθυσμοί δε διέφεραν μεταξύ τους.

Κατά την 7^η ημέρα από την έναρξη της καταπόνησης, οι πληθυσμοί δε διέφεραν μεταξύ τους ως προς το ποσοστό απορρόφησης νερού των σπόρων. Σε επίπεδο μεταχειρίσεων, οι σπόροι του μάρτυρα παρουσίασαν το υψηλότερο ποσοστό απορρόφησης, και οι μεταχειρίσεις καταπόνησης εμφάνισαν φθίνουσες τιμές με τη σταδιακή αύξηση της συγκέντρωσης PEG. Εντός των μεταχειρίσεων, σημειώθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στο υψηλό επίπεδο καταπόνησης (20 % PEG), όπου αναδείχθηκε σαφής υπεροχή του Πληθυσμού 6. Στον Πίνακα 3.8 παρουσιάζονται τα ποσοστά απορρόφησης νερού των σπόρων των δύο πληθυσμών σουσαμιού στα υπό μελέτη επίπεδα καταπόνησης.

Πίνακας 3.8: Ποσοστό απορρόφησης νερού σπόρων (WU) (%) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) σε δύο χρονικά διαστήματα (3^η και 7^η ημέρα).

Ημέρα	Ποικιλίες	Περιεκτικότητα % w/v PEG					
		C	5	10	15	20	M.O.(Π)
3η	Πληθυσμός 6	14,8a	12,1a	10,8a	8,4a	8,6a	10,9a
	Πληθυσμός 8	13,1a	10,7a	10,0a	8,8a	6,7a	9,9a
	M.O (M)	14,0a	11,4b	10,4bc	8,6cd	7,6d	
7η	Πληθυσμός 6	14,5a	11,3a	10,8a	7,8a	8,7a	10,6a
	Πληθυσμός 8	12,9a	10,2a	8,0a	7,5a	3,5b	8,4a
	M.O (M)	13,7a	10,7ab	9,4bc	7,7bc	6,1c	

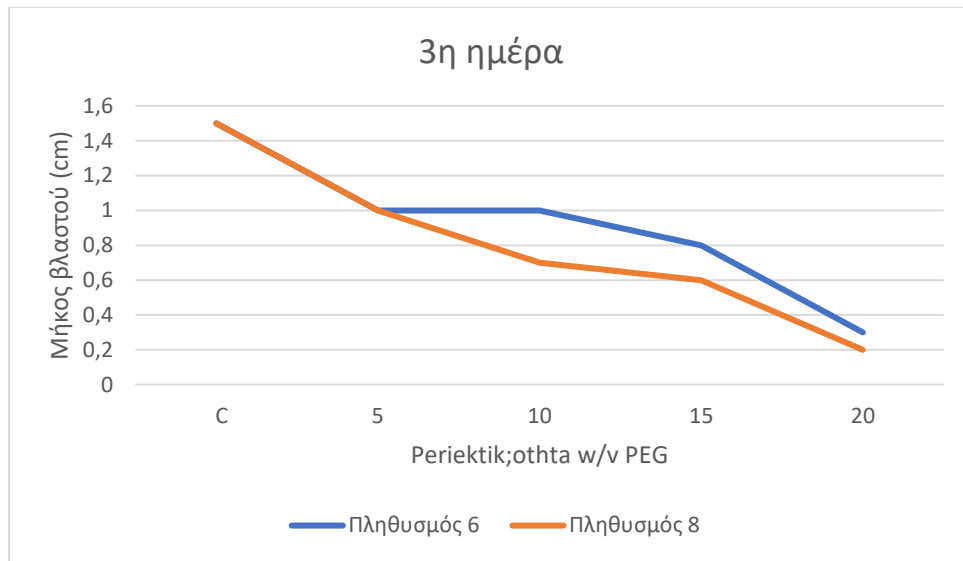
3.2.3 Μήκος βλαστού

Έπειτα από στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων σχετικά με το μήκος του βλαστού, παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των πληθυσμών κατά την 11^η και 15^η ημέρα, με τα σπορόφυτα του Πληθυσμού 6 να εμφανίζουν μεγαλύτερο μήκος βλαστού. Σε επίπεδο μεταχειρίσεων, οι διαφορές ήταν εμφανείς καθόλη τη διάρκεια των μετρήσεων, με τα φυτά του

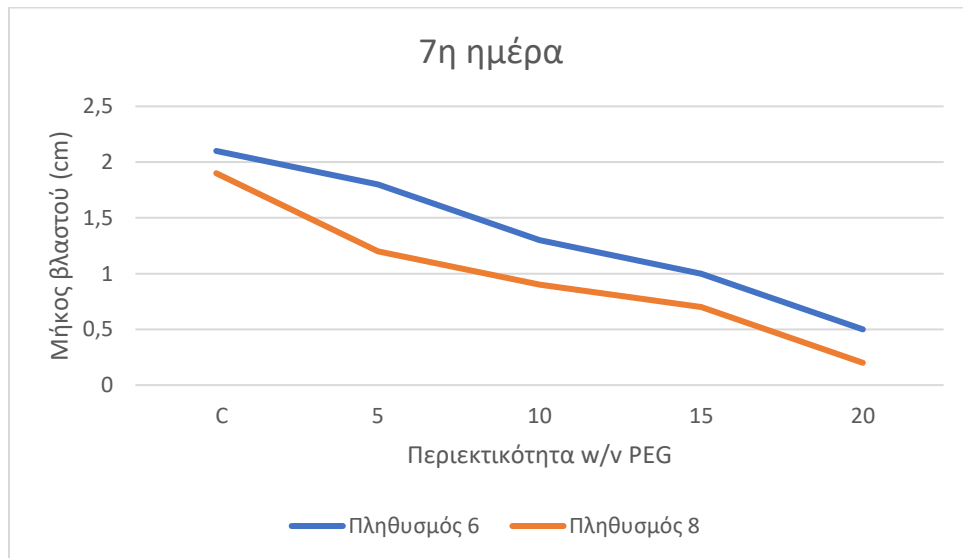
μάρτυρα να παρουσιάζουν το μεγαλύτερο μήκος βλαστού και τα φυτά που αναπτύχθηκαν παρουσία 20 % PEG το μικρότερο. Εντός των μεταχειρίσεων, καταγράφηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των πληθυσμών, με τον Πληθυσμό 6 να εμφανίζει στο πλείστο των περιπτώσεων σημαντική υπεροχή έναντι του Πληθυσμού 8. Είναι δε αξιοσημείωτο ότι τα φυτά του μάρτυρα δε διέφεραν μεταξύ των πληθυσμών, παρέχοντας ισχυρές ενδείξεις σχετικά με τη διαφορετική απόκρισή τους στην καταπόνηση ξηρασίας. Στον Πίνακα 3.9 και στα Γραφήματα 3.25 – 3.28 παρουσιάζονται τα καταγεγραμμένα μήκη βλαστού των σποροφύτων που ανήκουν στους δύο πληθυσμούς σουσαμιού στα υπό μελέτη επίπεδα καταπόνησης.

Πίνακας 3.9: Μήκος βλαστού των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) σε τέσσερα χρονικά διαστήματα (3^η, 7^η, 11^η και 15^η ημέρα).

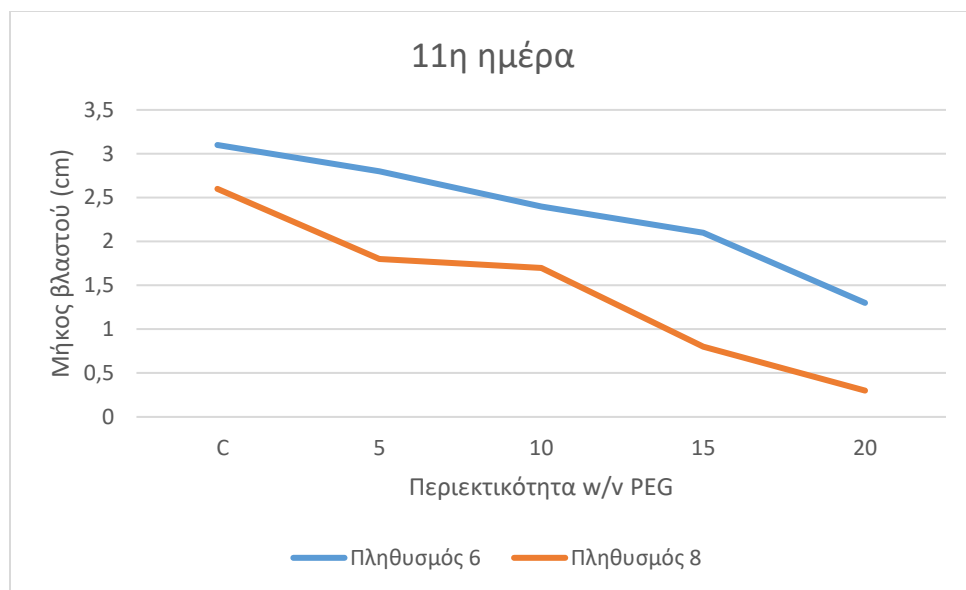
Ημέρα	Ποικιλίες	Περιεκτικότητα % w/v PEG					Μ.Ο.(Π)
		C	5	10	15	20	
3η	Πληθυσμός 6	1,5a	1,0a	1,0a	0,8a	0,3a	0,9a
	Πληθυσμός 8	1,5a	1,0a	0,7b	0,6b	0,2a	0,8a
	M.O (M)	1,5a	1,0b	0,8bc	0,7cd	0,3d	
7η	Πληθυσμός 6	2,1a	1,8a	1,3a	1,0a	0,5a	1,3a
	Πληθυσμός 8	1,9a	1,2b	0,9b	0,7b	0,2b	1,0a
	M.O (M)	2,0a	1,5b	1,1c	0,8c	0,4d	
11η	Πληθυσμός 6	3,1a	2,8a	2,4a	2,1a	1,3a	2,3a
	Πληθυσμός 8	2,6a	1,8b	1,7a	0,8b	0,3b	1,5b
	M.O (M)	2,9a	2,3ab	2,0ab	1,4cd	0,9d	
15η	Πληθυσμός 6	3,5a	3,3a	2,5a	2,4a	1,4a	2,6a
	Πληθυσμός 8	3,1a	2,3a	1,9a	1,1b	0,4b	1,9b
	M.O (M)	3,3a	2,8ab	2,2ab	1,7cd	1,0d	



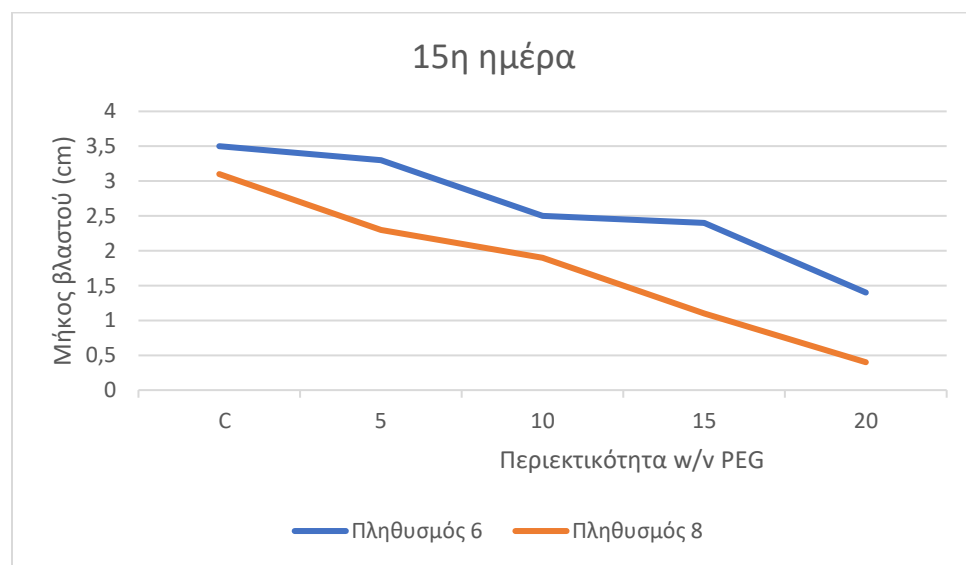
Γράφημα 3.25: Μήκος βλαστού των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) κατά την 3^η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.



Γράφημα 3.26: Μήκος βλαστού των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) κατά την 7^η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.



Γράφημα 3.27: Μήκος βλαστού των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) κατά την 11^η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.



Γράφημα 3.28: Μήκος βλαστού των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) κατά την 15^η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.

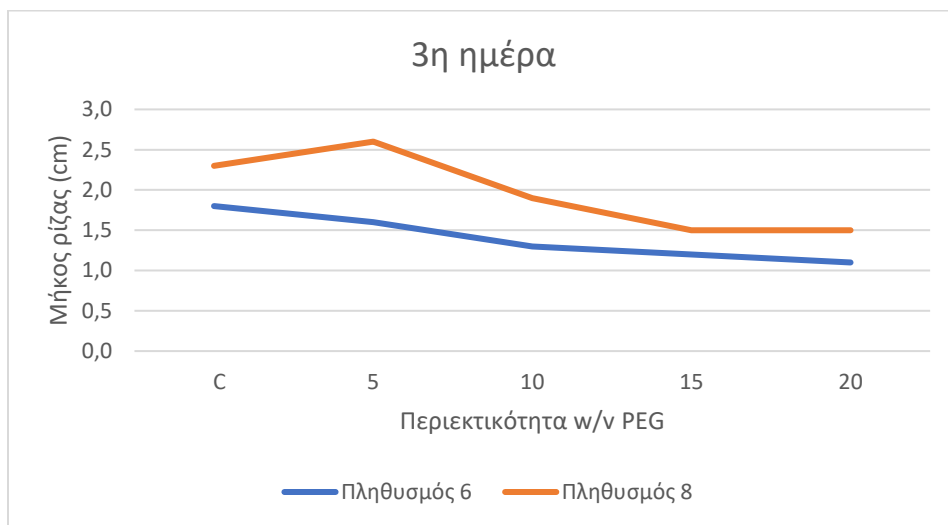
3.2.4 Μήκος ρίζας

Έπειτα από στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων, παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές τόσο μεταξύ των ποικιλιών όσο και μεταξύ των μεταχειρίσεων. Αναφορικά με το μήκος της ρίζας, ο Πληθυσμός 8 παρουσίασε υπεροχή συγκριτικά με τον Πληθυσμό 6, καθόλη τη διάρκεια των μετρήσεων, όπως φαίνεται από τις μέσες τιμές των πληθυσμών σε όλες τις μεταχειρίσεις. Σε επίπεδο μεταχείρισης, οι μεγαλύτερες τιμές καταγράφηκαν στο μάρτυρα και σημειώθηκε μείωση του μήκους ρίζας, η οποία υπήρξε ανάλογη της έντασης της καταπόνησης.

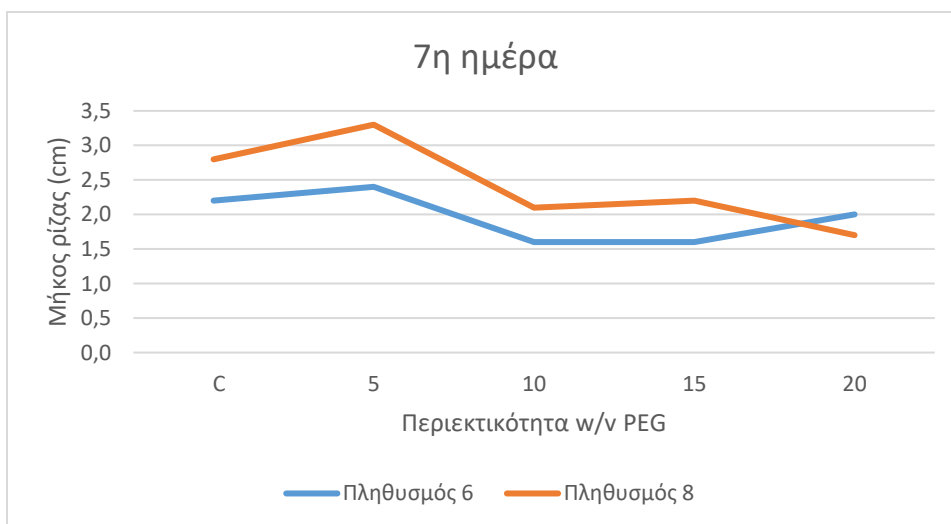
Πίνακας 3.10: Μήκος ρίζας των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) σε τέσσερα χρονικά διαστήματα (3^η, 7^η, 11^η και 15^η ημέρα).

Ημέρα	Ποικιλίες	Περιεκτικότητα % w/v PEG					Μ.Ο.(Π)
		C	5	10	15	20	
3η	Πληθυσμός 6	1,8a	1,6b	1,3a	1,2b	1,1a	1,4b
	Πληθυσμός 8	2,3a	2,6a	1,9a	1,5a	1,5a	2,0a
	Μ.Ο (Μ)	2,1a	2,1a	1,6ab	1,4ab	1,3b	
7η	Πληθυσμός 6	2,2a	2,4a	1,6a	1,6b	2,0a	2,0b
	Πληθυσμός 8	2,8a	3,3a	2,1a	2,2a	1,7a	2,4a
	Μ.Ο (Μ)	2,5ab	2,9a	1,9b	1,9b	1,9b	
11η	Πληθυσμός 6	3,0b	3,1b	2,8b	2,9a	2,4a	2,8b
	Πληθυσμός 8	4,6a	4,8a	5,5a	3,2a	2,3a	4,2a
	Μ.Ο (Μ)	3,8a	4,0a	4,2a	3,0a	2,4a	
15η	Πληθυσμός 6	3,1b	4,6a	3,0b	3,2a	2,6a	3,3b
	Πληθυσμός 8	5,0a	5,2a	5,8a	3,8a	2,6a	4,6a
	Μ.Ο (Μ)	4,1ab	4,9a	4,4a	3,5ab	2,6b	

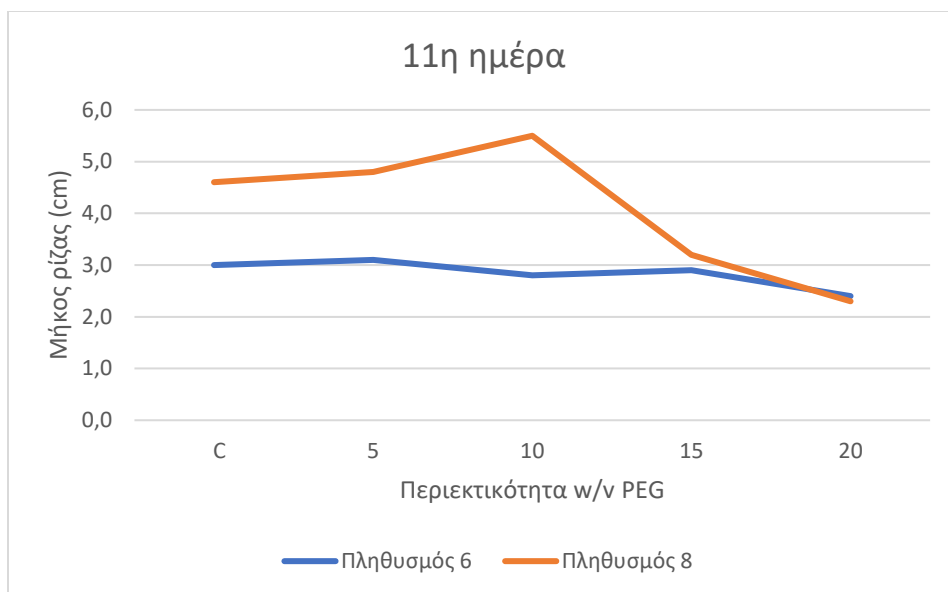
Εντός των μεταχειρίσεων, παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των πληθυσμών καθόλη το διάστημα λήψης παρατηρήσεων (3^η ημέρα: 5 % και 15 % PEG, 7^η ημέρα: 15% PEG, 11^η ημέρα: 0 %, 5 %, 10 % και 15^η ημέρα: 0 %, 10 % PEG), με τις διαφορές να καταδεικνύουν τη σαφή υπεροχή του Πληθυσμού 8. Στον Πίνακα 3.10 και στα Γραφήματα 3.29 – 3.32 παρουσιάζονται τα καταγεγραμμένα μήκη ρίζας των σποροφύτων που ανήκουν στους δύο πληθυσμούς σουσαμιού στα υπό μελέτη επίπεδα καταπόνησης.



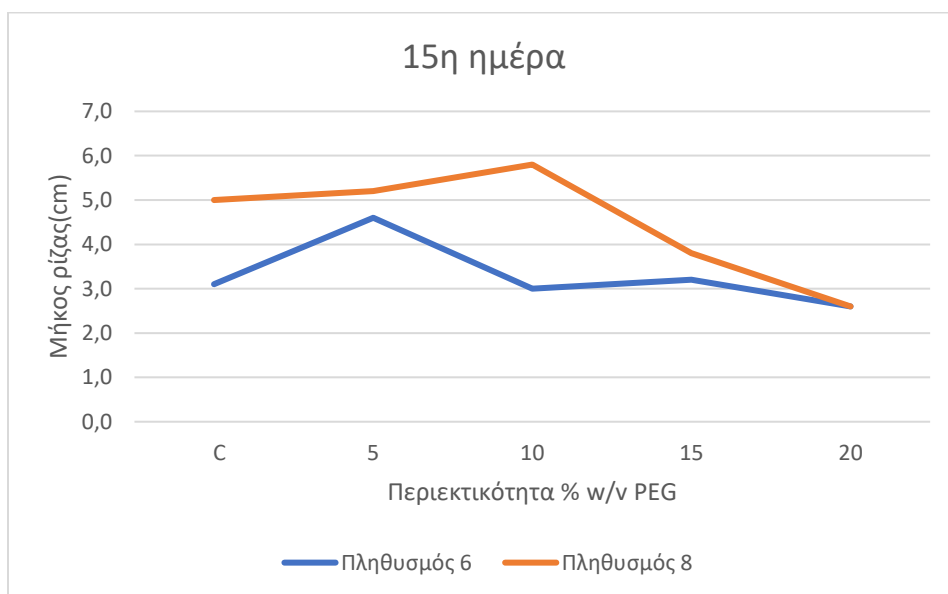
Γράφημα 3.29: Μήκος ρίζας των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) κατά την 3^η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.



Γράφημα 3.30: Μήκος ρίζας των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) κατά την 7^η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.



Γράφημα 3.31: Μήκος ρίζας των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) κατά την 11^η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.



Γράφημα 3.32: Μήκος ρίζας των σποροφύτων (cm) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) κατά την 15^η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.

3.2.5 Ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας σποροφύτων (WC %)

Κατά την 7^η ημέρα από την έναρξη της καταπόνησης ξηρασίας, παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των πληθυσμών, με τον Πληθυσμό 6 να εμφανίζει μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας των σποροφύτων συγκριτικά με τον Πληθυσμό 8. Ωστόσο, δεν προέκυψαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων, όπως προκύπτει από τις μέσες τιμές αυτών και για τους δύο πληθυσμούς. Εντός των μεταχειρίσεων, σημειώθηκε σημαντική διαφορά στο υψηλό επίπεδο καταπόνησης (20 % PEG), όπου εμφάνισε σημαντικά αυξημένες τιμές ο Πληθυσμός 6.

Κατά την 15^η ημέρα, ο Πληθυσμός 6 κατέγραψε υψηλότερα ποσοστά περιεχόμενης υγρασίας. Σε επίπεδο μεταχειρίσεων, οι υψηλότερες τιμές καταγράφηκαν στα σπορόφυτα του μάρτυρα και σε αυτά που αναπτύχθηκαν παρουσία 5 % PEG, ενώ στις υπόλοιπες μεταχειρίσεις η μείωση της υγρασίας υπήρξε ανάλογη της έντασης της καταπόνησης, επιφέροντας τη μεγαλύτερη μείωση στο επίπεδο 20 % PEG. Εντός των μεταχειρίσεων, παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στο επίπεδο 20 %, όπου αναδείχθηκε μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας στα σπορόφυτα του Πληθυσμού 6. Στον Πίνακα 3.11 παρουσιάζονται τα ποσοστά περιεχόμενης υγρασίας των σποροφύτων των δύο πληθυσμών σουσαμιού στα υπό μελέτη επίπεδα καταπόνησης.

Πίνακας 3.11: Ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας των σποροφύτων (WC) (%) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) σε δύο χρονικά διαστήματα (7^η και 15^η ημέρα).

Ημέρα	Ποικιλίες	Περιεκτικότητα % w/v PEG					
		C	5	10	15	20	M.O.(Π)
7η	Πληθυσμός 6	15,3a	18,6a	9,7a	7,8a	8,7a	12,0a
	Πληθυσμός 8	10,3a	7,1a	7,5a	6,4a	4,7b	7,2b
	M.O (M)	12,8a	12,8a	8,6a	7,1a	6,7a	
15η	Πληθυσμός 6	10,0a	9,6a	7,8a	7,2a	6,3a	8,2a
	Πληθυσμός 8	7,8a	8,1a	6,1a	6,4a	4,0b	6,5b
	M.O (M)	8,9a	8,9a	7,0ab	6,8ab	5,1b	

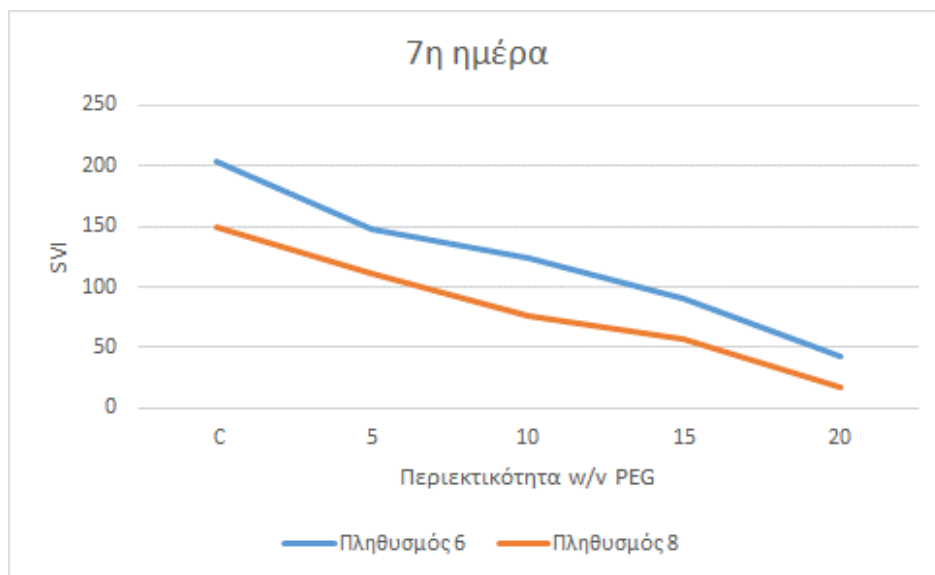
3.2.6 Δείκτης Ευρωστίας

Κατά την 7^η ημέρα από την έναρξη της καταπόνησης, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των πληθυσμών. Ωστόσο, παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων, με τις τιμές του δείκτη ευρωστίας να μειώνονται ανάλογα με την ένταση της καταπόνησης. Επίσης, σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές εντός των μεταχειρίσεων 10 %, 15 % και 20 % PEG, όπου ήταν σαφής η υπεροχή του Πληθυσμού 6.

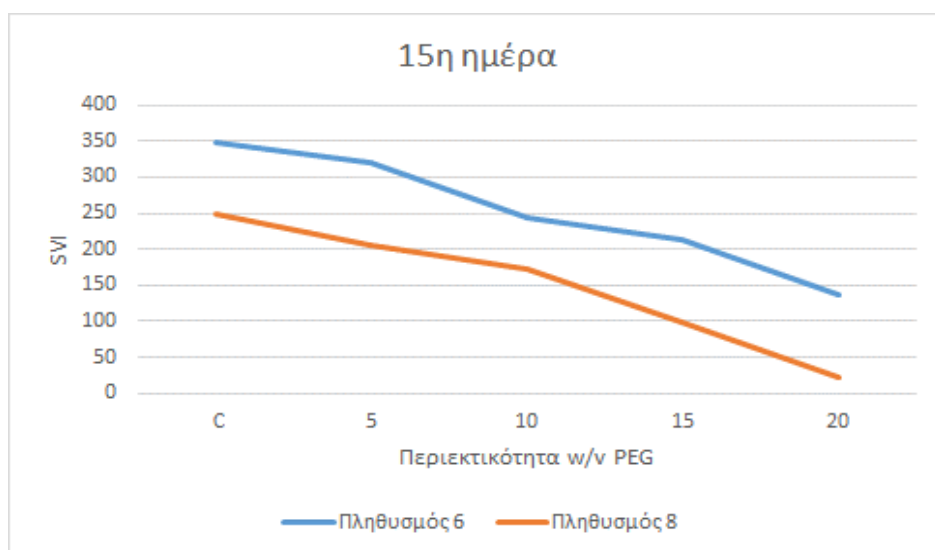
Κατά την 15^η ημέρα από την έναρξη της καταπόνησης, ο Πληθυσμός 6 εμφάνισε υψηλότερο δείκτη ευρωστίας συγκριτικά με τον Πληθυσμό 8. Επίσης, σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές σε επίπεδο μεταχειρίσεων, με τις τιμές να σημειώνουν μείωση με τη σταδιακά αυξανόμενη συγκέντρωση PEG. Εντός των μεταχειρίσεων, παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στους σπόρους όπου εφαρμόστηκε καταπόνηση σε ποσοστά 15 και 20 % PEG, με τον Πληθυσμό 6 να εμφανίζει υψηλότερο δείκτη ευρωστίας. Στον Πίνακα 3.12 και στα Γραφήματα 3.33 και 3.34 παρουσιάζονται οι τιμές του δείκτη ευρωστίας των δύο πληθυσμών σουσαμιού στα υπό μελέτη επίπεδα καταπόνησης.

Πίνακας 3.12: Δείκτης ευρωστίας των σπόρων (SVI) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) σε δύο χρονικά διαστήματα (7^η και 15^η ημέρα).

Ημέρα	Ποικιλίες	Περιεκτικότητα % w/v PEG					M.O.(Π)
		C	5	10	15	20	
7η	Πληθυσμός 6	203,0a	147,4a	123,4a	89,9a	42,8a	121,3a
	Πληθυσμός 8	149,5a	110,6a	76,1b	56,5b	17,3b	82,0a
	M.O (M)	176,2a	129,0b	99,8bc	73,2c	30,0d	
15η	Πληθυσμός 6	348,9a	320,3a	244,9a	212,4a	135,5a	252,4a
	Πληθυσμός 8	248,7a	205,6a	171,4a	97,5b	21,6b	149,0b
	M.O (M)	298,8a	262,9ab	208,2bc	155,0cd	78,5d	



Γράφημα 3.33: Δείκτης ευρωστίας των σπόρων (SVI) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) κατά την 7^η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.



Γράφημα 3.34: Δείκτης ευρωστίας των σπόρων (SVI) ανά πληθυσμό (Π) και ανά μεταχείριση (0, 5, 10, 15, 20 % PEG) κατά την 15^η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.



Εικόνα 3.2: Βλάστηση και ανάπτυξη των σποροφύτων σε διαφορετικά επίπεδα καταπόνησης: 0, 5, 10, 15 και 20 % PEG 6000 (από τα αριστερά προς τα δεξιά).

4. Συζήτηση - Συμπεράσματα

Η παρούσα πτυχιακή διατριβή πραγματεύεται την επίδραση των καταπονήσεων υψηλής αλατότητας και ξηρασίας σε γενετικό υλικού σουσαμιού, το οποίο δεν έχει τύχει μελέτης ως προς την απόκρισή του στις ανωτέρω καταπονήσεις. Η καταπόνηση υψηλής αλατότητας επετεύχθη με τη χρήση διαφορετικών συγκεντρώσεων NaCl (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl), ενώ η καταπόνηση ξηρασίας προσομοιώθηκε μέσω της χρήσης πολυαιθυλενικής γλυκόλης (0, 5, 10, 15, 20 % PEG 6000). Η απόκριση των πληθυσμών προσδιορίστηκε με βάση γνωρίσματα που σχετίζονται με την ικανότητα βλάστησης των σπόρων και ανάπτυξης των σποροφύτων υπό συνθήκες καταπόνησης. Συγκεκριμένα, λήφθηκαν μετρήσεις που αφορούσαν στο ποσοστό βλάστησης των σπόρων, στο ποσοστό απορρόφησης νερού των σπόρων, στο μήκος βλαστού και ρίζας των σποροφύτων και στην περιεχόμενη υγρασία τους καθώς και στο δείκτη ευρωστίας. Στο πλαίσιο αξιολόγησης της ανθεκτικότητας συμπεριλήφθηκαν ως μάρτυρες φυτά που αναπτύχθηκαν απουσία καταπόνησης.

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων, οδήγησε στο συμπέρασμα πως η καταπόνηση της αλατότητας επιδρά αρνητικά στο σύνολο των γνωρισμάτων που σχετίζονται με τη βλάστηση των σπόρων και την ανάπτυξη των σποροφύτων. Η επίδραση της ξηρασίας παρουσίασε ανομοιομορφία στην πληθώρα των δοκιμών για την αξιολόγηση της ανθεκτικότητας των πληθυσμών σουσαμιού. Η παρατήρηση της δυσμενέστερης επίδρασης της αλατότητας, βρίσκεται σε αντίθεση με τα ευρήματα της μελέτης των El Harfi et al. (2016), σύμφωνα με την οποία η ξηρασία περιόρισε σε μεγαλύτερο βαθμό την βλάστηση των σπόρων σουσαμιού σε σύγκριση με την αλατότητα. Ακόμη, στην πλειονότητα των δοκιμών, η βαρύτητα των επιπτώσεων της αλατότητας και της ξηρασίας βρίσκονταν σε αναλογία με το επίπεδο της καταπόνησης.

Υπό συνθήκες καταπόνησης αλατότητας, το ποσοστό βλάστησης των σπόρων παρουσίασε σημαντική διακύμανση μεταξύ των τεσσάρων επιπέδων καταπόνησης και για τους 2 πληθυσμούς. Όπως αναμενόταν, η επίδραση της αλατότητας ήταν περισσότερο εμφανής στο υψηλό επίπεδο καταπόνησης (200 mM NaCl), όπου καταγράφηκε η δραστικότερη μείωση του ποσοστού βλάστησης, σημειώνοντας σημαντική διαφορά σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις καθόλο το διάστημα λήψης παρατηρήσεων. Αντίθετα, στα επίπεδα των 50 και 100 mM NaCl δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές, εν συγκρίσει με το μάρτυρα, όπου καταγράφηκε το υψηλότερο ποσοστό βλάστησης. Η μείωση της βλαστικότητας που παρατηρήθηκε στην παρούσα μελέτη συνάδει με τα ευρήματα των Kouighat et al. (2021) που υποστηρίζουν τη δυσμενή

επίδραση της καταπόνησης αλατότητας στην ικανότητα βλάστησης των σπόρων σουσαμιού. Αξιίζει βέβαια να σημειωθεί ότι κατά την έναρξη της καταπόνησης (1^η ημέρα) σημειώθηκε υπεροχή του Πληθυσμού 8, ενώ κατά το υπόλοιπο διάστημα λήψης παρατηρήσεων ήταν σαφώς έκδηλη η υπεροχή του Πληθυσμού 6.

Όμοια ήταν η επίδραση της αλατότητας και για την απορρόφηση νερού από τους σπόρους. Έπειτα από ανάπτυξη τους σε διάλυμα NaCl υψηλής συγκέντρωσης, το ποσοστό απορρόφησης νερού σημείωσε σημαντική μείωση, ιδιαίτερα σε σύγκριση με το μάρτυρα. Παρόμοια ευρήματα έχουν αναφερθεί και σε αντίστοιχα πειράματα σε φυτά φακής (Foti et al., 2019), όπου η μείωση της απορρόφησης νερού των σπόρων συνδέθηκε με τον ανάλογο ανάσχεση της ικανότητας βλάστησης.

Το μήκος βλαστού επηρεάστηκε σε σημαντικό βαθμό από την καταπόνηση της αλατότητας. Η μείωση του βλαστού επήλθε και σε καλλιέργειες ηλιάνθου και κενταυρίου, έπειτα από έκθεσή τους σε καταπόνηση αλατότητας (Ahmad et al., 2009; Zraibi et al., 2011). Οι δύο πληθυσμοί εμφάνισαν ευαισθησία σε παρόμοιο βαθμό, με το μήκος των σποροφύτων να μειώνεται με την αύξηση της συγκέντρωσης NaCl. Πέραν της επίπτωσης της καταπόνησης αλατότητας στο μήκος βλαστού, τα ευρήματα υποστηρίζουν και τη μείωση του ρυθμού ανάπτυξης, ιδιαίτερα στο επίπεδο των 150 mM NaCl. Όπως αναμενόταν, στο επίπεδο των 200 mM NaCl η πλειοψηφία των φυτών εμφάνισε πλήρη ανάσχεση της ανάπτυξης βλαστού. Το σύνολο των αποτελεσμάτων αναφορικά με το μήκος του βλαστού καταδεικνύει την υπεροχή του Πληθυσμού 6.

Κατ' αναλογία, η καταπόνηση της αλατότητας επέδρασε δυσμενώς και στην ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των σποροφύτων. Κατά την 7^η, 11^η και 15^η ημέρα, οι ρίζες των σποροφύτων του Πληθυσμού 6 ήταν πιο ανεπτυγμένες έπειτα από την έκθεσή τους στο επίπεδο των 100 mM NaCl, συγκριτικά με το επίπεδο των 50 mM NaCl. Το γεγονός αυτό πιθανά αποδίδεται στην προσπάθεια προσαρμογής του φυτού στις συνθήκες καταπόνησης. Για την εξασφάλιση της ποσότητας νερού που είναι απαραίτητη για τις φυσιολογικές διεργασίες παρατηρείται αύξηση του μήκους της ρίζας του φυτού (Bodner et al., 2015; Farooq et al., 2012). Η καταπόνηση στο επίπεδο των 150 mM NaCl οδήγησε σε δραστική ανάσχεση της ανάπτυξης της ρίζας και στους δύο πληθυσμούς, ωστόσο στο επίπεδο αυτό ο Πληθυσμός 6 εμφάνισε υπεροχή καθόλη τη διάρκεια του πειράματος. Η παρατηρηθείσα διαφορά των πληθυσμών στο υψηλό επίπεδο καταπόνησης (150 mM NaCl),

παρέχει ισχυρές ενδείξεις σχετικά με την αυξημένη αντίσταση του Πληθυσμού 6 στην καταπόνηση υψηλής αλατότητας.

Όσον αφορά την περιεχόμενη υγρασία των σποροφύτων, η επίδραση της αλατότητας ήταν ορατή και όμοια για τις δύο ποικιλίες σουσαμιού. Τα σπορόφυτα του μάρτυρα περιείχαν το υψηλότερο ποσοστό υγρασίας, το οποίο μειώθηκε σημαντικά όταν τα φυτά εκτέθηκαν σε συγκεντρώσεις αλατότητας 150 mM και 200 mM NaCl. Η μείωση αυτή της περιεχόμενης υγρασίας, η οποία παρατηρήθηκε και σε σπορόφυτα ρυζιού (Polash et al., 2018), οφείλεται στη μειωμένη απορρόφηση νερού από το ριζικό σύστημα των καταπονημένων σποροφύτων.

Τέλος, η καταπόνηση της αλατότητας επέδρασε εξίσου αρνητικά στο δείκτη ευρωστίας και των δύο πληθυσμών. Παρά την απουσία διαφορών στις μέσες τιμές των πληθυσμών σε όλες τις μεταχειρίσεις, ήταν σαφώς έκδηλη η υπεροχή του Πληθυσμού 6, η οποία μάλιστα αναδείχθηκε και ως στατιστικώς σημαντική στο επίπεδο των 100 mM NaCl. Ωστόσο, όπως αναμενόταν, η περαιτέρω αύξηση της συγκέντρωσης NaCl, επέφερε δραστικότερη μείωση του δείκτη ευρωστίας. Μάλιστα, κατά την 15^η ημέρα από την έναρξη της καταπόνησης, στο επίπεδο των 200 mM NaCl καταγράφηκε μηδενική τιμή για το SVI, η οποία προφανώς αποδίδεται στην πλήρη ανάσχεση της ανάπτυξης βλαστού. Ανάλογα ευρήματα δραστηκής μείωσης του SVI σε συνθήκες υψηλής έντασης καταπόνησης αλατότητας έχει αναφερθεί και σε άλλα φυτικά είδη, μεταξύ των οποίων συγκαταλέγεται και το θυμάρι (Ouahzizi et al., 2023)

Σε αντίθεση με την καταπόνηση υψηλής αλατότητας, η καταπόνηση της ξηρασίας δεν αποτέλεσε ανασταλτικό παράγοντα για τη βλάστηση των σπόρων. Το ποσοστό βλάστησης διατηρήθηκε σε επίπεδα αντίστοιχα με του μάρτυρα, παρά τη μεταβολή της οσμωτικής πίεσης έπειτα από εφαρμογή διαλύματος πολυαιθυλικής αλκοόλης (Mensah, et al., 2006). Είναι δε ενδεικτικό ότι ακόμη και στο υψηλό επίπεδο καταπόνησης (20 % PEG) δε σημειώθηκε μείωση στην ικανότητα βλάστησης, ενώ στα μεσαία επίπεδα καταπόνησης (10 % και 15 % PEG) καταγράφηκαν τιμές αντίστοιχες ή μεγαλύτερες του μάρτυρα. Με εξαίρεση την 1^η ημέρα των μετρήσεων, ο Πληθυσμός 6 παρουσίασε υπεροχή συγκρινόμενος με τον Πληθυσμό 8 αναφορικά με το ποσοστό βλάστησης των σπόρων.

Παρά την έλλειψη σημαντικών διαφορών σε σχέση με το ποσοστό βλάστησης των σπόρων, το ποσοστό απορρόφησης νερού τους επηρεάστηκε σημαντικά από την καταπόνηση ξηρασίας. Είναι δε ενδεικτικό ότι στο υψηλό επίπεδο καταπόνησης (20 % PEG) οι τιμές μειώθηκαν στο ήμισυ,

συγκριτικά με τους μάρτυρες, χωρίς ωστόσο να προκύπτουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των πληθυσμών. Τα αποτελέσματα αυτά παρέχουν ενδείξεις ότι το ποσοστό απορρόφησης των σπόρων επηρεάζεται άμεσα από την καταπόνηση της ξηρασίας (Muscolo et al., 2014), γεγονός που επιβεβαιώνεται και από αντίστοιχα πειράματα σε φυτά ρεβυθιού (Koskosidiw et al., 2020).

Αν και η καταπόνηση ξηρασίας δεν επηρέασε σημαντικά την ικανότητα βλάστησης των σπόρων, σημειώθηκαν σημαντικές μεταβολές στο αναπτυξιακό δυναμικό των σποροφύτων. Η δραστική επίδραση της καταπόνησης στο μήκος του βλαστού αναφέρεται σε πληθώρα μελετών σε διαφορετικά φυτικά είδη και το γνώρισμα αυτό προτείνεται ως κατάλληλη παράμετρος αξιολόγησης της ανθεκτικότητας στην υδατική καταπόνηση (Dissanayake et al., 2019; Mensah et al., 2006; Keshavarzi, 2012). Στην παρούσα μελέτη, όπως αναμενόταν, το υψηλό επίπεδο καταπόνησης (20 % PEG) προκάλεσε ανασχεση της βλαστικής ανάπτυξης στους πληθυσμούς σουσαμιού. Παρά την απουσία σημαντικών διαφορών μεταξύ των πληθυσμών κατά την έναρξη της καταπόνησης, η πάροδος του χρόνου ανέδειξε την υπεροχή του Πληθυσμού 6, τα σπορόφυτα του οποίου εμφάνισαν σημαντικά μεγαλύτερο μήκος βλαστού ιδιαίτερα στα υψηλά επίπεδα καταπόνησης.

Σχετικά με το μήκος της ρίζας, είναι ενδιαφέρον ότι η επίδραση της καταπόνησης δεν υπήρξε ανάλογη με το μήκος του βλαστού. Μάλιστα, στο χαμηλό επίπεδο καταπόνησης (5 % PEG), σημειώθηκε αύξηση του μήκους της ρίζας, συγκριτικά με τους μάρτυρες, γεγονός που πιθανά αποδίδεται στη δράση των χαμηλών επιπέδων καταπόνησης ξηρασίας ως οσμωτική διέγερση της βλάστησης. Η αύξηση αυτή του μήκους των ριζιδίων, οφείλεται στην μικρή αύξηση της οσμωτικής πίεσης εντός των κυττάρων τους (Boureima et al., 2011). Μεταξύ των πληθυσμών, σημειώθηκαν επιμέρους διαφορές καθόλη τη διάρκεια της καταπόνησης, οι οποίες καταδεικνύουν την υπεροχή του Πληθυσμού 8 ως προς το γνώρισμα αυτό.

Η καταπόνηση της ξηρασίας δε μετέβαλε σημαντικά το ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας των σποροφύτων. Εξαιρούμενων των σποροφύτων που αναπτύχθηκαν στο υψηλό επίπεδο καταπόνησης (20 % PEG) κατά την 15^η ημέρα, τα σπορόφυτα των υπόλοιπων μεταχειρήσεων δεν παρουσίασαν στατιστικώς σημαντική διαφορά. Υπεροχή για την παράμετρο αυτή εμφάνισε ο Πληθυσμός 6, σημειώνοντας μεγαλύτερα ποσοστά υγρασίας. Η απουσία επιδράσεων της καταπόνησης στο εν λόγω γνώρισμα αναφέρεται και σε άλλες μελέτες και έχει προταθεί ότι σχετίζεται με την δραστικότητα των επιδράσεων στο μήκος της ρίζας υπό συνθήκες καταπόνησης

(Canas et al., 2006). Η πρόταση αυτή φαίνεται να υποστηρίζεται και από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, όπου τόσο το μήκος της ρίζας όσο και η περιεχόμενη υγρασία των σποροφύτων δεν επηρεάστηκαν σημαντικά από την καταπόνηση ξηρασίας, εν αντιθέσει με τα γνωρίσματα που σχετίζονται άμεσα με την ανάπτυξη του υπέργειου μέρους των σποροφύτων.

Σε συνάρτηση με τα αποτελέσματα που αφορούν στην ικανότητα βλάστησης των σπόρων και ανάπτυξης των σποροφύτων, ο δείκτης ευρωστίας αποτέλεσε γνώρισμα που επηρεάστηκε σημαντικά από τα διαφορετικά επίπεδα καταπόνησης ξηρασίας. Όπως αναμενόταν, οι επιδράσεις ήταν περισσότερο έκδηλες στο υψηλό επίπεδο καταπόνησης (20 % PEG), όπου αναδείχθηκε η υπεροχή του Πληθυσμού 6 και αντιστοίχως η ευαισθησία του Πληθυσμού 8, με τις διαφορές να μεγιστοποιούνται κατά την 15^η ημέρα των μετρήσεων. Τα ευρήματα αυτά συμφωνούν με τα αποτελέσματα σχετικών μελετών, που υπογραμμίζουν την καταλληλότητα του δείκτη ευρωστίας ως γνώρισμα για την αξιολόγηση της ανθεκτικότητας στην καταπόνηση ξηρασίας. Στο πλαίσιο αυτό, προηγούμενη έρευνα στο σιτάρι ανέδειξε το δείκτη ευρωστίας ως το γνώρισμα που αναδεικνύει τις γονοτυπικές διαφορές και συνεπώς προτείνεται για την διάκριση των γονοτύπων ως προς την ανθεκτικότητά τους στην καταπόνηση ξηρασίας (Dhanda et al, 2004).

Τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής αναδεικνύουν τις διαφορές των υπό μελέτη πληθυσμών σουσαμιού ως προς την απόκρισή τους στις καταπονήσεις της αλατότητας και της ξηρασίας. Παρά το γεγονός ότι η επίδραση των καταπονήσεων ήταν έκδηλη στις επιμέρους αναπτυξιακές και φυσιολογικές παραμέτρους που εξετάστηκαν, ο Πληθυσμός 6 εμφάνισε εν συνόλω αυξημένη ανθεκτικότητα στις καταπονήσεις αλατότητας και ξηρασίας. Επιπλέον, η εύρεση σημαντικών διαφορών τόσο μεταξύ των μεταχειρίσεων όσο και μεταξύ των πληθυσμών, καταδεικνύει την ικανότητα της μεθόδου να αναδείξει το επίπεδο ανθεκτικότητας των γονοτύπων σουσαμιού. Στοχεύοντας στην αξιοποίηση των ευρημάτων σε βελτιωτικές διαδικασίες, η αξιολόγηση των γονοτύπων σε πρώιμα στάδια παρέχει τη δυνατότητα έγκαιρης επιλογής των ανθεκτικών γονοτύπων. Με δεδομένο ότι το σουσάμι αποτελεί είδος που καλλιεργείται σε ξηρικά και χαμηλής γονιμότητας εδάφη καθώς και σε συστήματα χαμηλών εισροών, καθίσταται επιτακτική η ανάγκη ανάδειξης της γενετικής παραλλακτικότητας που σχετίζεται με την απόκριση του φυτού στις καταπονήσεις αλατότητας και ξηρασίας με στόχο τη βελτίωση των γνωρισμάτων ανθεκτικότητας στις εν λόγω καταπονήσεις.

5. Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- 1) Ahmad, S., Ahmad, R., Ashraf, M. Y., Ashraf, M., & Waraich, E. A. (2009). Sunflower (*Helianthus annuus* L.) response to drought stress at germination and seedling growth stages. *Pak. J. Bot*, 41(2), 647-654.
- 2) Alil, M., Islam, T., & Islam, M.T., (2005). Effect of salinity on some morpho-physiological characters and yield in three sesame cultivars. *J. Bangladesh Agril. Univ.* 3(2): 209-214
- 3) Bekele, A., Besufekad, Y., Adugna, S., & Yinur, D.,(2017). Screening of selected accessions of Ethiopian sesame (*Sesame indicum* L.) for salt tolerance. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*
- 4) Bodner G., Nakhforoosh A. & Kaul H.P. (2015). Management of crop water under drought: A review. *Agronomy for Sustainable Development* 35(2): 401–442. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0283-4>
- 5) Boureima, S., Eyletters, M., Diouf, M., Diop, T. A., & Van Damme, P. (2011). Sensitivity of Seed Germination and Seedling Radicle Growth to Drought Stress in Sesame *Sesamum indicum* L. *Research Journal of Environmental Sciences*, 5(6), 557.
- 6) Canas, R.A., Canovas, F.M., Canton, F.R. (2006). High levels of asparagines synthetase in hypocotyls of pine seedlings suggest a role of the enzyme in re-allocation of seed stored nitrogen. *Planta* 224:83-95
- 7) Dhanda, S.S.; Sethi, G.S.; Behl, R.K. (2004) Indices of Drought Tolerance in Wheat Genotypes at Early Stages of Plant Growth. *J. Agron. Crop. Sci.*, 190: 6–12.
- 8) Dissanayake, I. A. J. K., Ranwala, S. M. W., & Perera, S. S. N. (2019). Germination and seedling growth responses of Sri Lankan grown Sesame/Thala (*Sesamum indicum* L.) for simulated drought conditions. *Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka*, 47(4).
- 9) Dossa, K., Li1, D., Zhou1, R., Yu1, J., Wang, L., Zhang, Y., You, J., Liu, A., Mmadi, M.A., Fonceka, D., Diouf, D., Ciss, N., Wei1, X., & Zhang, X., (Oil Crops Research Institute of the Chinese Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Oil Crops, Ministry of Agriculture, Wuhan, Hubei, China). The genetic basis of drought tolerance in the high oil crop *Sesamum indicum*. *Plant Biotechnology Journal* 17(9): 1788-1803

- 10) El Harfi, M., Hanine, H., Rizki, H., Latrache, H., & Nabloussi, A. (2016). Effect of drought and salt stresses on germination and early seedling growth of different color-seeds of sesame (*Sesamum indicum*). *Int. J. Agric. Biol*, 18(6), 1088-1094.
- 11) Farooq M., Hussain M., Wahid A. & Siddique K.H.M. (2012). Drought stress in plants: an overview. *Plant Responses to Drought Stress from Morphological to Molecular Features* (eds R. Aroca), pp.1–33. Springer, Heidelberg, Berlin, Germany. DOI:<https://doi.org/10.1007/978-3-642-32653-0>
- 12) Farooq M., Wahid A., Kobayashi N., Fujita D. & Basra S.M.A. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. In: *Sustainable Agriculture* (eds E. Lichtfouse, M. Navarrete, P. Debaeke, S. Véronique & C. Alberola), pp. 153–188. Springer, Dordrecht, Netherlands. DOI: https://doi.org/10.1007/978-90-481-2666-8_12
- 13) Foti C., Khah E., M., Pavli O., 2019. Germination profiling of lentil genotypes subjected to salinity stress. *Plant Biology*, 21(3), 480-486
- 14) Gholinezhada, E., & Darvishzadehb, R., (2021). Influence of arbuscular mycorrhiza fungi and drought stress on fatty acids profile of sesame (*Sesamum indicum* L.) *Field Crops Research* 262(2):108035
- 15) Hussein, Y., Amin, G., Azab, A., & Gahin, H. Department of Botany, Faculty of Science, Zagazig University, Egypt (2015). Induction of Drought Stress Resistance in Sesame (*Sesamum indicum* L.) Plant by Salicylic Acid and Kinetin. *Journal of Plant Sciences* 10(4):128-141
- 16) Keshavarzi, M.H.B., Rafsanjani, M.O., Moussavinik, S.M. and Abdin, M.Z., (2011). Effect of salt (NaCl) stress on germination and early seedling growth of Spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Annals of Biological Research*, 2(4): 490-497.
- 17) Koskosidis A., Khah E, Mavromatis A., Pavli O., Vlachostergios D. N., 2020. Effect of PEG-induced drought stress on germination of ten chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. *Nortulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 48(1): 294-304.
- 18) Kouighat M, Hanine H, El Fechtali M, Nabloussi A. First Report of Sesame Mutants Tolerant to Severe Drought Stress during Germination and Early Seedling Growth Stages. *Plants* (Basel). 2021 Jun 8;10(6):1166. doi: 10.3390/plants10061166. PMID: 34201345; PMCID: PMC8227276.

- 19) Mensah, J.K., Obadoni, B.O., Eruotor, P.G., & Onome-Irieguna F.(2006). Simulated flooding and drought effects on germination, growth, and yield parameters of sesame (*Sesamum indicum* L.) African Journal of Biotechnology Vol. 5 (13): 1249-1253
- 20) Mili A, Das S, Nandakumar K, Lobo R. (2021) A comprehensive review on *Sesamum indicum* L.: Botanical, ethnopharmacological, phytochemical, and pharmacological aspects. J Ethnopharmacol. 2021 Dec 5;281:114503. doi:10.1016/j.jep.2021.114503. Epub 2021 Aug 6. PMID: 34364969.
- 21) Muscolo A, Sidari M, Anastasi U, Santonoceto C, Maggio A (2014). Effect of PEG-induced drought stress on seed germination of four lentil genotypes. Journal of Plant Interactions 9(1):354-363
- 22) Myint, D., Gilani, S.A., Kawase, M., & Watanabe, K.N., (2020). Sustainable Sesame (*Sesamum indicum* L.) Production through Improved Technology: An Overview of Production, Challenges, and Opportunities in Myanmar. Sustainability 2020, 12(9), 3515
- 23) Ouahzizi, B., Elbouny, H., Sellam, K., Alem, C., & Bakali, A.H.(2023) Effects of temperature, provenance, drought stress and salinity on seed germination response and early seedling stage of *Thymus atlanticus* (Ball) Roussine, Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants, Volume 34, 2023, 100482, ISSN 2214-7861, <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2023.100482>.
- 24) Polash, M. A. S. & Sakil, Md., Tahjib-Ul-Arif, Md. & Hossain, A. (2018). Effect of salinity on osmolytes and relative water content of selected rice genotypes. Tropical Plant Research. 5. 10.22271/tpr.2018.v5.i2.029. DOI: 10.22271/tpr.2018.v5.i2.029
- 25) Toan Duc Pham, Thuy-Duong Thi Nguyen, Anders S. Carlsson and Tri Minh Bui¹ (Research Institute for Biotechnology and Environment, Nong Lam University (NLU), Linh Trung ward, Thu Duc district, Ho Chi Minh city, Vietnam, 2010). Morphological evaluation of sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties from different origins.
- 26) Zraibi, L., Nabloussi, A., Kajeiou, M., Elamrani, A., Khalid, A., & Caid, H. S. (2011). Comparative germination and seedling growth response to drought and salt stresses in a set of safflower (*Carthamus tinctorius*) varieties. Seed Technology, 40-52.

Ελληνική Βιβλιογραφία

- 1) «Βιομηχανικά Φυτά» Δ. Παπακώστα- Τασοπούλου, Β' Έκδοση, Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία

Διαδικτυακές πηγές

- 1) <https://www.cbi.eu/market-information/grains-pulses-oilseeds/sesame-seeds/market-potential>
- 2) <https://www.fao.org/faostat/en/>
- 3) <https://www.tridge.com/intelligences/sesame-seed>