

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΦΥΤΩΝ

**«Αξιολόγηση γονοτύπων μπρόκολου ως προς την
ανθεκτικότητά τους σε υδατική καταπόνηση και καταπόνηση αλατότητας σε
πρώιμο αναπτυξιακό στάδιο».**



Κουκουμτζή Αντιγόνη

Επιβλέπων καθηγητής: Αβραάμ Χα

Βόλος, 2021

Περιεχόμενα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	IX
Περίληψη	X
Abstract	XI
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	12
1.1 Καλλιέργεια μπρόκολου	12
<i>1.1.1 Γενικά χαρακτηριστικά</i>	12
<i>1.1.2 Κλιματολογικές απαιτήσεις</i>	12
<i>1.1.3 Καλλιέργεια μπρόκολου σε παγκόσμια κλίμακα</i>	13
<i>1.1.4 Καλλιέργεια μπρόκολου στην Ελλάδα</i>	13
1.2 Βοτανικά χαρακτηριστικά	14
1.3 Είδη και ποικιλίες μπρόκολου	14
1.4 Θρεπτική αξία μπρόκολου	15
<i>1.4.1 Φαινολικά</i>	15
<i>1.4.2 Αντιοξειδωτική ικανότητα</i>	16
1.5 Αβιοτικές καταπονήσεις	16
<i>1.5.1 Ξηρασία</i>	17
<i>1.5.2 Αλατότητα</i>	18
<i>1.5.3 Περιορισμός και τοξικότητα λίπανσης</i>	19
<i>1.5.4 Ακραίες θερμοκρασίες</i>	19
<i>1.5.5 Ανοξία</i>	20
<i>1.5.6 Όξινα αλκαλικά εδάφη</i>	21
<i>1.5.7 Βαρέα μέταλλα</i>	21
<i>1.5.8 Αέριοι ρύποι – Όζον</i>	22
<i>1.5.9 Υπεριώδης ακτινοβολία</i>	23
1.6 Επιπτώσεις της ξηρασίας στους φυτικούς οργανισμούς	24
<i>1.6.1 Επιπτώσεις της ξηρασίας στο μπρόκολο</i>	25
1.7 Επιπτώσεις της αλατότητας στους φυτικούς οργανισμούς	26
<i>1.7.1 Επιπτώσεις της αλατότητας στην καλλιέργεια του μπρόκολου</i>	27
1.8 Μηχανισμοί απόκρισης των φυτών στις αβιοτικές καταπονήσεις	28
Σκοπός	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	32

2.1 Υλικά και μέθοδοι.....	32
2.1.1 Συνθήκες εργαστηρίου.....	32
2.1.2 Ποικιλίες σπόρων.....	32
2.1.3 Απολύμανση σπόρων.....	32
2.1.4 Μεταχειρίσεις καταπόνησης- Εγκατάσταση πειράματος.....	33
2.1.5 Μετρήσεις.....	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	38
3.1 Αποτελέσματα	38
3.1.1 Καταπόνηση αλατότητας.....	38
3.1.1.1 Ποσοστό βλαστικότητας.....	38
3.1.1.2 Μήκος Ρίζας	40
3.1.1.3 Μήκος Βλαστού.....	44
3.1.1.4 Δείκτης ευρωστίας.....	48
3.1.1.5 Περιεχόμενη υγρασία των σποροφύτων	49
3.1.1.6 Απορρόφηση νερού σπόρων.....	51
3.1.2 Καταπόνηση ξηρασίας.....	52
3.1.2.1 Ποσοστό Βλαστικότητας.....	52
3.1.2.2 Μήκος Ρίζας	54
3.1.2.3 Μήκος Βλαστού.....	57
3.1.2.4 Δείκτης ευρωστίας.....	59
3.1.2.5 Περιεχόμενη υγρασία	61
3.1.2.6 Απορρόφηση νερού	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	64
4.1 Συμπεράσματα	64
4.1.1 Καταπόνηση αλατότητας.....	64
4.1.2 Καταπόνηση ξηρασίας.....	66
Βιβλιογραφία	69
Εικόνα 1. Πιθανοί μηχανισμοί της φωτοσύνθεσης υπό συνθήκες ξηρασίας (Farooq <i>et al.</i> , 2008).....	25
Εικόνα 2. Αλλαγές στα φυτικά είδη υπό συνθήκες ξηρασίας (Mbarki <i>et al.</i> , 2018).....	27
Εικόνα 3. Απόκριση των φυτών σε παράγοντες αβιοτικού στρες. (Pérez-Clemente <i>et al.</i> , 2012).....	29
Εικόνα 4. Η πολυπλοκότητα της απόκρισης των φυτικών οργανισμών στα είδη αβιοτικού στρες, και η διασύνδεση αυτών (Wang <i>et al.</i> , 2003).....	30
Διάγραμμα 1. Ποσοστό βλαστικότητας (GP%) ανά ποικιλία και επίπεδο στρες την 1η ημέρα καταπόνησης αλατότητας.....	38
Διάγραμμα 2. Ποσοστό βλαστικότητας (GP%) ανά ποικιλία και επίπεδο στρες την 2η ημέρα καταπόνησης αλατότητας.....	39

Διάγραμμα 3. Ποσοστό βλαστικότητα (GP%) ανά ποικιλία και επίπεδο στρες από την 3 ^η έως την 8 ^η ημέρα καταπόνησης αλατότητας.....	40
Διάγραμμα 4. Μήκος ρίζας των σποροφύτων την 4 ^η ημέρα καταπόνησης ανά ποικιλία και επίπεδο στρες.....	41
Διάγραμμα 5. Μήκος ρίζας των σποροφύτων την 8 ^η ημέρα καταπόνησης ανά ποικιλία και επίπεδο στρες.....	42
Διάγραμμα 6. Μήκος ρίζας των σποροφύτων την 11 ^η ημέρα καταπόνησης ανά ποικιλία και επίπεδο στρες.....	43
Διάγραμμα 7. Μήκος ρίζας των σποροφύτων την 15 ^η ημέρα καταπόνησης ανά ποικιλία και επίπεδο στρες.....	44
Διάγραμμα 8 Μήκος βλαστού των σποροφύτων την 4 ^η ημέρα καταπόνησης ανά ποικιλία και επίπεδο στρες.....	45
Διάγραμμα 9. Μήκος βλαστού των σποροφύτων την 8 ^η ημέρα καταπόνησης ανά ποικιλία και επίπεδο στρες.....	46
Διάγραμμα 10. Μήκος βλαστού των σποροφύτων την 11 ^η ημέρα καταπόνησης ανά ποικιλία και επίπεδο στρες.....	47
Διάγραμμα 11. Μήκος βλαστού των σποροφύτων την 15 ^η ημέρα καταπόνησης ανά ποικιλία και επίπεδο στρες.....	48
Διάγραμμα 12. Ποσοστό βλαστικότητα (GP%) ανά ποικιλία και επίπεδο στρες την 1η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.....	52
Διάγραμμα 13. Ποσοστό βλαστικότητα (GP%) ανά ποικιλία και επίπεδο στρες την 2η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.....	53
Διάγραμμα 14. Ποσοστό βλαστικότητα (GP%) ανά ποικιλία και επίπεδο στρες την 2η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.....	54
Διάγραμμα 15. Μήκος ρίζας των σποροφύτων την 4 ^η ημέρα καταπόνησης ανά ποικιλία και επίπεδο στρες σε καταπόνηση ξηρασίας.....	54
Διάγραμμα 16. Μήκος ρίζας των σποροφύτων την 8 ^η ημέρα καταπόνησης ανά ποικιλία και επίπεδο στρες σε καταπόνηση ξηρασίας.....	55
Διάγραμμα 17. Μήκος ρίζας των σποροφύτων την 11 ^η ημέρα καταπόνησης ανά ποικιλία και επίπεδο στρες σε καταπόνηση ξηρασίας.....	56
Διάγραμμα 18. Μήκος ρίζας των σποροφύτων την 15 ^η ημέρα καταπόνησης ανά ποικιλία και επίπεδο στρες σε καταπόνηση ξηρασίας.....	56
Διάγραμμα 19. Μήκος βλαστού των σποροφύτων την 4 ^η ημέρα καταπόνησης ανά ποικιλία και επίπεδο στρες.....	57
Διάγραμμα 20. Μήκος βλαστού των σποροφύτων την 8 ^η ημέρα καταπόνησης ανά ποικιλία και επίπεδο στρες.....	58
Διάγραμμα 21. Μήκος βλαστού των σποροφύτων την 11 ^η ημέρα καταπόνησης ανά ποικιλία και επίπεδο στρες.....	58
Διάγραμμα 22. Μήκος βλαστού των σποροφύτων την 11 ^η ημέρα καταπόνησης ανά ποικιλία και επίπεδο στρες.....	59
Πίνακας 1. Καλλιεργούμενη έκταση και αποδόσεις συνολικά για το μπρόκολο και το κουνουπίδι σε παγκόσμιο επίπεδο (Πηγή: FAO, ανεπίσημα στοιχεία 2018).....	13
Πίνακας 2. Δείκτης Ευρωστίας των σπόρων (SVI) ανά ποικιλία και επίπεδο στρες (συγκέντρωση NaCl) την 8η ημέρα της καταπόνησης αλατότητας.....	49

Πίνακας 3. Δείκτης Ευρωστίας των σπόρων (SVI) ανά ποικιλία και επίπεδο στρες (συγκέντρωση NaCl) την 15η ημέρα της καταπόνησης αλατότητας.	49
Πίνακας 4. Ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας των σποροφύτων (WC %) ανά ποικιλία και επίπεδο στρες (συγκέντρωση NaCl) την 8η ημέρα της καταπόνησης αλατότητας.	50
Πίνακας 5. Ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας των σποροφύτων (WC %) ανά ποικιλία και επίπεδο στρες (συγκέντρωση NaCl) την 15η ημέρα της καταπόνησης αλατότητας.	50
Πίνακας 6. Ποσοστό απορρόφησης νερού των σπόρων (WU %) ανά ποικιλία και επίπεδο στρες (συγκέντρωση NaCl) την 3η ημέρα καταπόνησης αλατότητας.	51
Πίνακας 7. Ποσοστό απορρόφησης νερού των σπόρων (WU %) ανά ποικιλία και επίπεδο στρες (συγκέντρωση NaCl) την 7η ημέρα καταπόνησης αλατότητας.	52
Πίνακας 8. Δείκτης Ευρωστίας των σπόρων (SVI) ανά ποικιλία και επίπεδο στρες (περιεκτικότητα PEG) την 8η ημέρα της καταπόνησης ξηρασίας.	60
Πίνακας 9. Δείκτης Ευρωστίας των σπόρων (SVI) ανά ποικιλία και επίπεδο στρες (περιεκτικότητα PEG) την 15η ημέρα της καταπόνησης ξηρασίας.	60
Πίνακας 10. Ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας των σποροφύτων (WC %) ανά ποικιλία και επίπεδο στρες (περιεκτικότητα PEG) την 8η ημέρα της καταπόνησης ξηρασίας.	61
Πίνακας 11. Ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας των σποροφύτων (WC %) ανά ποικιλία και επίπεδο στρες (περιεκτικότητα PEG) την 15η ημέρα της καταπόνησης ξηρασίας.	62
Πίνακας 12. Ποσοστό απορρόφησης νερού των σπόρων (WU %) ανά ποικιλία και επίπεδο στρες (περιεκτικότητα PEG) την 3η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.	62
Πίνακας 13. Ποσοστό απορρόφησης νερού των σπόρων (WU %) ανά ποικιλία και επίπεδο στρες (περιεκτικότητα PEG) την 7η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.	63

**«Αξιολόγηση γονοτύπων μπρόκολου ως προς την
ανθεκτικότητά τους σε υδατική καταπόνηση και καταπόνηση αλατότητας σε
πρώιμο αναπτυξιακό στάδιο».**

**«Drought and salinity tolerance evaluation in the early seedling stages of broccoli
genotypes»**

Μέλη τριμελούς εξεταστικής επιτροπής

**Αβραάμ Χα, Καθηγητής Γενετικής Βελτίωσης Φυτών, Πανεπιστήμιο
Θεσσαλίας**

**Ουρανία Παυλή, Επίκουρος Καθηγήτρια Γενετικής Βελτίωσης Φυτών,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας**

**Πετρόπουλος Σπυρίδων, Αναπληρωτής Καθηγητής (Λαχανοκομία),
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας**

«Την παρούσα διατριβή θα ήθελα να την αφιερώσω στην Μπασιακούρα Παναγιώτα, της οποίας οι συμβουλές και τα μαθήματα θα με συνοδεύουν για πάντα»

**«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»**

Κουκουμτζή Αντιγόνη

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η διατριβή αυτή εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Γενετικής Βελτίωσης Φυτών του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Για την πραγματοποίηση των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκαν εγκαταστάσεις και εξοπλισμός του οικείου Εργαστηρίου.

Ευχαριστώ τον καθηγητή κ. Χα-Ιμπραχίμ Αβραάμ, καθώς και τη γεωπόνο κα. Παναγιωτάκη Ευαγγελία για την καθοδήγηση καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τις φοιτήτριες Ρούντου Ευτυχία και Μαρκοπούλου Ευρυδίκη-Μαρία για την ηθική υποστήριξη. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω, τα μέλη του Εργαστηρίου για τη βοήθεια και καλή συνεργασία.

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διατριβής αποτέλεσε η αξιολόγηση δύο γονοτύπων μπρόκολου (*Brassica oleraceae* var. *Italica*) ως προς την ανθεκτικότητα αυτών σε υδατική καταπόνηση και καταπόνηση αλατότητας σε πρώιμο αναπτυξιακό στάδιο. Αξιολογήθηκαν οι ποικιλίες Centoventino και Riccia san Marzano.

Η υδατική καταπόνηση έγινε με προσομοίωση *in vitro* και επιτεύχθηκε με τη χρήση του μακρομορίου της πολυαιλενικής γλυκόλης (PEG-6000) και η καταπόνηση αλατότητας με διαλύματα διάφορων συγκεντρώσεων NaCl. Οι σπόροι τοποθετήθηκαν σε αποστειρωμένα κουτιά με αποστειρωμένο χαρτί εμποτισμένα με διαλύματα αντίστοιχα για το κάθε επίπεδο καταπόνησης. Για την καταπόνηση της ξηρασίας χρησιμοποιήθηκαν διαλύματα με περιεκτικότητα PEG- 6000 0, 5, 10, 15, 20% βάρος ανά όγκο και για την καταπόνηση αλατότητας χρησιμοποιήθηκαν διαλύματα περιεκτικότητας 0, 50, 100, 150, 200 mM. Ακολουθήθηκε πλήρως τυχαιοποιημένο σχέδιο και πάρθηκαν μετρήσεις σχετικά για τα ακόλουθα γνωρίσματα: ποσοστό βλαστικότητας, ποσοστό απορρόφησης νερού των σπόρων, ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας των σποροφύτων, μήκος του βλαστού και της ρίζας και δείκτη ευρωστίας. Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του στατιστικού πακέτου SPSS 26.0.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το πείραμα τόσο στην καταπόνηση αλατότητας όσο και στην καταπόνηση ξηρασίας επηρεάστηκαν σημαντικά τα υπό μέτρηση γνωρίσματα και ειδικότερα στην ξηρασία. Η επίδραση ήταν ανάλογη του επιπέδου καταπόνησης. Συμπερασματικά, ανάμεσα στις δύο ποικιλίες περισσότερο ανθεκτική αποδείχθηκε η ποικιλία Centoventino συγκρινόμενη με την ποικιλία Riccia san Marzano και στις δύο καταπονήσεις. Σκόπιμη θα ήταν η αξιολόγηση των ανωτέρω δύο ποικιλιών σε συνθήκες αγρού.

Abstract

The purpose of this thesis is to evaluate to genotypes of broccoli (*Brassica oleraceae* var. *italica*), under induced drought and salinity stress conditions, in primal development stage. The duration of the experiment was 15 days.

The drought stress conditions were induced *in vitro*, using the macromolecule polythelene glycole (PEG-6000) and the salinity stress conditions were induced with solutions with different concentrations of NaCl. The seeds were placed in sterilized boxes, on sterilized paper, coated with the solutions regarding each level of stress condition. In order to create in vitro drought stress conditions, repetitions of PEG 6000, in different levels, solutions were manufactured, each containing 0%, 5%, 10% 15% and 20%. For the salinity stress conditions, the concentration of the solutions that were used was 0mM, 50 mM, 100 mM, 150 mM and 200 mM respectively. The design of the experiment was fully randomized plan and measurements were taken regarding characteristics such as germination percentage, water intake percentage, the percentage of moisture content, the length of the shoot and the root and the seed vigor index. For the statistical analysis, the statistical package SPSS 26.0 was used.

According to the experiment's results, both the drought and salinity stress conditions were influenced by the measured characteristics, especially the latter. Concluding, Centoventino cultivar was more resistant than the Riccia san Marzano in both stress conditions. It is advised to further investigate in the field.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Καλλιέργεια μπρόκολου

1.1.1 Γενικά χαρακτηριστικά

Το μπρόκολο *Brassica oleraceae* var. *Italica* ανήκει στην οικογένεια Brassicaceae, που είναι γνωστή για τα οφέλη στη διατροφή των ανθρώπων. Η καταγωγή του, όπως υποδεικνύει και το όνομα του φυτού είναι ρωμαϊκής προέλευσης και θεωρείται ότι προέκυψε από την εξέλιξη του άγριου λάχανου και επεκτάθηκε στην υπόλοιπη Ευρώπη τα τελευταία 400 χρόνια (Χα και Πετρόπουλος, 2014).

Το είδος αυτό μπορεί να καλλιεργηθεί ως μονοετές, διετές ή και ως πολυετές. Όσον αφορά τη γονιμοποίηση τα φυτά χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τις αυτογονιμοποιούμενες και τις σταυρογονιμοποιούμενες ποικιλίες (Χα και Πετρόπουλος, 2014).

1.1.2 Κλιματολογικές απαιτήσεις

Το μπρόκολο ανήκει στην κατηγορία των λαχανικών ψυχρής εποχής, γι' αυτό και προτιμά ψυχρά και ξηρά κλίματα (Χα και Πετρόπουλος, 2014). Καλλιεργούνται κυρίως φθινόπωρο, άνοιξη, καλοκαίρι, αφού η βέλτιστη θερμοκρασία επαγωγής της κεφαλής είναι 22° C. Βάση αυτού επιλέγεται η ποικιλία. Συνήθως σε πιο βόρεια γεωγραφικά πλάτη προτιμάται ως εποχή καλλιέργειας το καλοκαίρι. Οι θερμοκρασίες ανάπτυξης είναι 18°C με 30°C όταν η παραγωγή του φυτού είναι βλαστική. Για το σχηματισμό ανθοκεφαλών το φυτό χρειάζεται υψηλές θερμοκρασίες και μεγάλης διάρκειας ημέρες. Για να ξεκινήσει η άνθιση του φυτού σκόπιμες είναι οι χαμηλές θερμοκρασίες νύχτας για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα 30 ημερών. Ωστόσο, όταν οι θερμοκρασίες είναι πιο υψηλές από τις ιδανικές πιθανή είναι η καθυστέρηση του σχηματισμού της ανθοκεφαλής και ο κακός σχηματισμός αυτής (Molmann *et al.*, 2015). Η απόδοση εξαρτάται άμεσα με τη θερμοκρασία, δηλαδή σε θερμοκρασίες 15 έως 25°C στις φάσεις μετά τη φύτευση και πριν από τη συγκομιδή οι αποδόσεις είναι

οι βέλτιστες ενώ σε θερμοκρασίες πάνω από 20°C κατά τη διάρκεια της συγκομιδής οι αποδόσεις είναι χαμηλότερες (Kaluzewicz *et al.*, 2009).

1.1.3 Καλλιέργεια μπρόκολου σε παγκόσμια κλίμακα

Σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία που αναφέρονται στη πηγή FAO το 2018 για τις καλλιέργειες του μπρόκολου μαζί με του κουνουπιδιού η έκταση που καλύπτουν οι παραπάνω καλλιέργειες είναι 14.178.050 στρέμματα. Οι αποδόσεις για το έτος αυτό ανήλθαν σε 26.504.006 τόνους παγκοσμίως (Πηγή: FAO, ανεπίσημα στοιχεία). Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται η έκταση και οι αποδόσεις κάθε ηπείρου γι' αυτά τα δύο είδη (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Καλλιεργούμενη έκταση και αποδόσεις συνολικά για το μπρόκολο και το κουνουπίδι σε παγκόσμιο επίπεδο (Πηγή: FAO, ανεπίσημα στοιχεία 2018)

Ηπειρος	Έκταση (στρέμματα)	Αποδόσεις (tn)
Αμερική	135.809	2.334.315
Ασία	11.041.670	21.107.729
Αφρική	190.230	436.143
Ευρώπη	1.456.540	2.463.704
Ωκεανία	131.520	162.115
Σύνολο	14.178.050	26.504.006

1.1.4 Καλλιέργεια μπρόκολου στην Ελλάδα

Όσον αφορά την καλλιέργεια μπρόκολου στην Ελλάδα για το έτος 2018 καλλιεργήθηκαν 28.500 στρέμματα συνολικά για μπρόκολο και κουνουπίδι. Η απόδοση παραγωγής ήταν 2.082,11 κιλά ανά στρέμμα και η συνολική παραγωγή για το έτος αυτό ήταν 59.340 τόνους (Πηγή: FAO, ανεπίσημα στοιχεία 2018).

1.2 Βοτανικά χαρακτηριστικά

Το μπρόκολο και το κουνουπίδι παρουσιάζουν αρκετές μορφολογικές ομοιότητες με τη διαφορά ότι το μπρόκολο έχει ακανόνιστες σε σχήμα ανθοκεφαλές με αραιά τοποθετημένα ανθικά στελέχη. Όσον αφορά τη ρίζα του μπρόκολου είναι κεντρική με πολλές πλευρικές ρίζες με το χαρακτηριστικό ότι στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης του φυτού είναι επιπολαιόριζο. Ο βλαστός είναι λείος και σε αυτόν στηρίζονται τα φύλλα και η ταξιανθία. Τα φύλλα είναι απλά και εναλλασσόμενα, με κεντρικό νεύρο, μικρούς μίσχους και έχουν γκριζοπράσινη απόχρωση (Χα και Πετρόπουλος, 2014, Ολύμπιος, 2009). Η ταξιανθία είναι βότρυς και πιο σπάνια μονήρη, μασχαλιαία άνθη. Τα άνθη που την αποτελούν είναι διγενή με διχλαμυδικό περιάνθιο, αποσέπαλο κάλυκα και αποπέταλη στεφάνη. Οι στήμονες είναι ελεύθεροι με τους ανθήρες να ανοίγουν κατά μήκος και το γυναικείο να είναι συγκάρπιο. (Simpson, 2017). Η ανθοκεφαλή απαρτίζεται από πυκνές ομάδες ανθικών οφθαλμών και το χρώμα της κυμαίνεται από πράσινο έως μωβ ανάλογα με τα χαρακτηριστικά κάθε ποικιλίας (Χα και Πετρόπουλος, 2014)

Οι καρποί του φυτού είναι κεράτια διαφόρου μήκους με μυτερά άκρα και φέρουν έως 30 σπόρους. Οι σπόροι έχουν λεία ή δικτυωμένη επιφάνεια και είναι χρώματος καφέ. Μπορούν να διατηρηθούν για 4 με 6 χρόνια υπό ξηρές συνθήκες (Χα και Πετρόπουλος, 2014)

1.3 Είδη και ποικιλίες μπρόκολου

Το μπρόκολο που καλλιεργείται σήμερα μπορεί να διακριθεί σε τρεις βοτανικές ποικιλίες. Αυτές είναι το Καλαμπρέζε μπρόκολο [*Brassica oleraceae* L. convar. *Botrytis* (L.) Alef var. *Italica Plenck*] που είναι ο πιο κοινός και διαδεδομένος τύπος του μπρόκολου με κεφαλές χρώματος πράσινου. Ακόμη, είναι το μπρόκολο Ρομανέσκο [*Brassica oleraceae* L. convar. *Botrytis* (L.) Alef. *Botrytis* f. *botrytis* cv. *Romanesco*] η οποία σχηματίζει κιτρινοπράσινες κεφαλές. Τέλος, είναι ο τύπος του ιώδους μπρόκολου [*Brassica oleraceae* L. Convar. *Botrytis* (L.) Alef. var. *botrytis* f. *erytrobotrys*] με απόχρωση ιώδους κεφαλής (Χα και Πετρόπουλος, 2014)

Το μπρόκολο ανάλογα του βιολογικού του κύκλου χωρίζεται σε πρώιμες ποικιλίες όπως η Green Magic που φυτεύονται νωρίς την άνοιξη, μεσοπρώιμες

ποικιλίες όπως η Carusso F₁ που φυτεύονται στο τέλος της άνοιξης ή αρχές καλοκαιριού και όψιμες όπως η Penta F₁ όπου η φύτευση γίνεται στα τέλη του καλοκαιριού ή αρχές φθινοπώρου (Χα και Πετρόπουλος, 2014).

1.4 Θρεπτική αξία μπρόκολου

Το μπρόκολο είναι πλούσια πηγή φυτικών ινών, βιταμινών, καλίου, σελήνιου, μετάλλων και ιχνοστοιχείων. Είναι χαμηλής θερμιδικής αξίας και κατάλληλο για δίαιτα. Είναι γνωστό ακόμη για τη μεγάλη του περιεκτικότητα σε φλαβονοειδή αλλά και σε γλυκοσινολίτες οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για το άρωμα και τη γεύση του φυτού (Χα και Πετρόπουλος, 2014).

1.4.1 Φαινολικά

Οι φαινολικές ενώσεις του μπρόκολου παρουσιάζουν τόσο χημικά όσο βιολογικά χαρακτηριστικά. Και τα απλά φαινολικά αλλά και τα φαινολικά οξέα και οι πολυφαινόλες όπως είναι τα φλαβονοειδή έχουν αντιοξειδωτικές, αντικαρκινογόνες, και αγγειοδιασταλτικές ικανότητες. Τα φαινολικά και τα φλαβονοειδή που περιέχουν τα φύλλα του μπρόκολου όπως το γαλλικό οξύ, τα χλωρογενή φερουλικά, το σαλικιλικό οξύ και το σιναπινικό οξύ έχει βρεθεί ότι είναι στενά συνδεδεμένα με τη μείωση της εμφάνισης και της εξέλιξης καρκινικών κυττάρων στον προστάτη (Gawlik-Dziki *et al.*, 2012)

Κάποιες από τις πολυφαινόλες δεσμεύονται με άλλες ενώσεις στα τρόφιμα και έτσι δεν είναι διαθέσιμες ενώ άλλες πολυφαινόλες απορροφώνται στο έντερο και μόνο οι αγλυκόνες είναι διαπερατές μεταξύ των μεμβρανών (Radünz *et al.*, 2020).

Οι φαινολικές ενώσεις εξαρτώνται από κάποιους παράγοντες όπως είναι η επιλογή της ποικιλίας, η εποχή σποράς καθώς και οι συνθήκες συντήρησης, για παράδειγμα το χειμώνα οι συγκεντρώσεις των συγκεκριμένων ενώσεων είναι υψηλότερες. Τα φλαβονοειδή που είναι δευτερογενείς μεταβολίτες αυξάνονται υπό συνθήκες στρες του φυτού, άλλοι παράγοντες που τα επηρεάζουν είναι γονοτυπικοί,

στάδιο ανάπτυξης στη συγκομιδή, καθώς και μετασυλλεκτικοί χειρισμοί (Koh *et al.*, 2009).

1.4.2 Αντιοξειδωτική ικανότητα

Η αντιοξειδωτική ικανότητα είναι στενά συνδεδεμένη με την παρουσία των φαινολικών ενώσεων, γιατί αποτελεί ιδιότητα αυτών. Είναι γνωστή για την αντιβακτηριδιακή, αντικαρκινική και αντιγηραντική τους ικανότητα (Gawlik-Dziki *et al.*, 2012). Περιλαμβάνει επιπλέον ένα μείγμα αντιοξειδωτικών όπως το ασκορβικό οξύ, τα καροτενοειδή και η α -τοκοφερόλη που είναι γνωστό ότι αποτρέπουν την εμφάνιση χρόνιων παθήσεων (Nath *et al.*, 2015).

Το μπρόκολο διαθέτει πολλούς συνδυασμούς υδατοδιαλυτών αντιοξειδωτικών ενώσεων καθώς και λιποδιαλυτών αντιοξειδωτικών ενώσεων οι οποίες έχουν την ικανότητα να εξαφανίζουν τις ελεύθερες ρίζες και στις δύο φάσεις, υδατική και λιπιδίων με σημαντικά οφέλη για την υγεία. (Gawlik-Dziki *et al.*, 2012).

Σχετικά με τις αντιοξειδωτικές ενώσεις και την προβιταμίνη Α των καροτενοειδών που περιέχονται στο μπρόκολο είναι λιποδιαλυτοί, υποκατεστημένοι υδατάνθρακες βρίσκονται στα φύλλα και τις ταξιανθίες του λαχανικού ωστόσο η κεφαλή αυτού στερείται των ανωτέρω ενώσεων (Fahey, 2016).

Το μπρόκολο ανάλογα με την εποχή καλλιέργειας περιέχει μεγάλη περιεκτικότητα σε ασκορβικό οξύ σε σχέση με άλλα λαχανικά και μπορεί να τροφοδοτήσει τον ανθρώπινο οργανισμό με μεγάλες ποσότητες της βιταμίνης αυτής. Επιπρόσθετα η συγκέντρωση της βιταμίνης C ιδιαίτερα στην διατήρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του φυτού. Η συγκέντρωση της εκτός των άλλων εξαρτάται και από τη θερμοκρασία, και τις συνθήκες επεξεργασίας και αποθήκευσης (Murcia *et al.*, 2000).

1.5 Αβιοτικές καταπονήσεις

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μεγάλη μείωση της παραγωγικότητας των καλλιεργειών παγκοσμίως και αυτό οφείλεται κυρίως σε καταπονήσεις διάφορων παραγόντων. Οι Gull *et al.* (2019) αναφέρουν ότι το στρες που προκαλείται από εξωτερικούς παράγοντες επηρεάζει αρνητικά την παραγωγή και την ανάπτυξη των φυτών. Υπολογίζεται ότι υπάρχουν απώλειες έως και 50% της παραγωγής. Οι φυτικές αποκρίσεις που προκαλούνται σε συνθήκες καταπόνησης εντοπίζονται στις αποδόσεις της καλλιέργειας, στο ρυθμό ανάπτυξης, στο μεταβολισμό του φυτού κ.α. Το στρες χωρίζεται σε δύο κατηγορίες το βιοτικό που μπορεί να προκληθεί από παράγοντες όπως ασθένειες ή έντομα και το αβιοτικό που προκαλείται από το περιβάλλον είτε χημικά είτε φυσικά. Ήπιες καταστάσεις καταπόνησης μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα βλάβες του φυτού οι οποίες είναι προσωρινές ενώ έντονες καταπονήσεις είναι δυνατόν να οδηγήσουν το φυτό μέχρι και στο θάνατο (Gull *et al.*, 2019).

Οι αλλαγές που προκαλούνται από το αβιοτικό στρες και επηρεάζουν αρνητικά την ανάπτυξη των φυτών μπορούν να είναι μορφολογικοί, βιοχημικοί, φυσιολογικοί ή μοριακοί. Σημαντικές αβιοτικές καταπονήσεις αποτελούν η υδατική καταπόνηση και η καταπόνηση αλατότητας των οποίων οι επιπτώσεις εντείνονται σε συνδυασμό με υψηλές θερμοκρασίες. (Rodríguez *et al.*, 2005).

1.5.1 Ξηρασία

Οι υδατικοί πόροι μειώνονται παγκόσμια με πολύ μεγάλο ρυθμό με αποτέλεσμα να αποτελεί απειλή για τον τομέα των καλλιεργειών και κατά συνέπεια για την παραγωγή των τροφίμων. Η ξηρασία δεν μπορεί να προκαθοριστεί διότι εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως είναι το φαινόμενο των βροχοπτώσεων, της εξάτμισης και η ικανότητα συγκράτησης υγρασίας των εδαφών (Farooq *et al.*, 2009).

Είναι αναγκαίο να υπάρξει βελτίωση στην αντοχή στην ξηρασία των καλλιεργειών, ώστε να ικανοποιηθούν οι ανάγκες της βιομηχανίας τροφίμων. Ωστόσο, για την επίτευξη αυτού χρειάζεται η γνώση των φυσιολογικών μηχανισμών του φυτού, το γενετικό υπόβαθρο του, και τα στάδια ανάπτυξης που βρίσκεται (Farooq *et al.*, 2009).

Τα αποτελέσματα της ξηρασίας είναι εμφανή σε όλα τα στάδια ανάπτυξης του φυτού και είναι τόσο σε μορφολογικό όσο και σε μοριακό επίπεδο. Για το λόγο αυτό έχουν δημιουργηθεί γονότυποι ανθεκτικοί, οι οποίοι έχουν προσαρμοστεί στις αγρονομικές πρακτικές. Στρατηγικές που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι η επιλογή επιθυμητού υλικού για αναπαραγωγή χρησιμοποιώντας μοριακά και βιοτεχνολογικά μέσα. Μια σειρά των προσπαθειών αυτών είναι η επιλογή φυτών και οι στρατηγικές αναπαραγωγής, οι προσεγγίσεις στη μοριακή και λειτουργική γονιδιοματική, η εισαγωγή τροποποιημένων γονιδίων και τέλος η επαγωγή ανθεκτικότητας στην ξηρασία (Farooq *et al.*, 2009).

1.5.2 Αλατότητα

Η αλατότητα του εδάφους θεωρείται η συνολική ποσότητα του διαλυτού άλατος στο έδαφος. Αυτό έχει ως συνέπεια τα φυτά να απορροφούν από το έδαφος λιγότερο νερό με επακόλουθο να δημιουργείται στρες στο φυτό από την έλλειψη νερού και θρεπτικών συστατικών (Kotuby-Amacher *et al.*, 2000). Η αλατότητα του εδάφους είναι μία από τις σημαντικότερες αιτίες παγκοσμίως που επιφέρει μεγάλη μείωση της παραγωγής. Αυτό συμβαίνει κυρίως τις τελευταίες δεκαετίες από την ανάγκη για άρδευση μεγάλων εκτάσεων σε ημίξηρικές και ξηρικές περιοχές. Έχει βρεθεί ότι το 20% της συνολικής καλλιεργούμενης έκτασης έχει επηρεαστεί από την ύπαρξη αλατότητας το οποίο και αντιστοιχεί σε περίπου 830 εκατομμύρια εκτάρια (Lauchli and Grattan, 2007).

Επομένως, η αλατότητα θεωρείται μεγάλος περιοριστικός παράγοντας στην παραγωγικότητα των φυτών αφού μπορεί να προκαλέσει ζημιές σε όλα τα τμήματα του φυτού και να οδηγήσει μέχρι στο θάνατό του (Parida *et al.*, 2005).

Τα φυτά αναπτύσσουν μηχανισμούς βιοχημικούς ή και μοριακούς απέναντι στην αλατότητα ώστε να μπορέσουν να ολοκληρώσουν τον κύκλο ζωής τους. Οι βιοχημικοί μηχανισμοί μπορούν να περιλαμβάνουν κάποια από τα παρακάτω: επιλεκτική συσσώρευση ή αποκλεισμός ιόντων, έλεγχος της πρόσληψης ιόντων από τις ρίζες και μεταφορά σε φύλλα, σύνθεση συμβατών διαλυμάτων, αλλαγή στο φωτοσυνθετικό μονοπάτι ή και μεταβολή στη δομή της μεμβράνης. Αυτοί οι μηχανισμοί μπορεί να είναι υψηλής ή χαμηλής πολυπλοκότητας (Parida *et al.*, 2005).

1.5.3 Περιορισμός και τοξικότητα λίπανσης

Για την ομαλή και σωστή λειτουργία των φυτών απαιτούνται θρεπτικά συστατικά για να καλύψουν τις ανάγκες τους και να αναπτυχθούν. Η ανεπάρκεια θρεπτικών συστατικών, η οποία προέρχεται από περιορισμό της λίπανσης συμβαίνει όταν ένα θρεπτικό στοιχείο δεν βρίσκεται σε αρκετή ποσότητα για την κάλυψη της ανάπτυξης ενός φυτού. Αντίθετα, η τοξικότητα παρατηρείται όταν ένα θρεπτικό στοιχείο βρίσκεται σε μεγάλη ποσότητα και μπορεί να προκαλέσει μείωση της ποιότητας και της ανάπτυξης (McCauley, 2011)

Για τη διάγνωση μιας φυτοτοξικότητας ή μιας έλλειψης ενός στοιχείου μπορεί να πραγματοποιηθεί ανάλυση δείγματος εδάφους ή να γίνει ανάλυση φύλλων του φυτού. Αυτές οι μέθοδοι είναι ποσοτικές και χρησιμοποιούνται συγκρίνοντάς τις μεταξύ τους για να διαπιστωθεί από τη μία πλευρά η διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος και από την άλλη η απορρόφηση αυτών από τα φυτά. Ακόμα, υπάρχει και ποιοτική μέθοδος αναγνώρισης, η οποία είναι η οπτική παρατήρηση στο πεδίο της καλλιέργειας και βασίζεται στην αξιολόγηση των συμπτωμάτων (McCauley, 2011).

Τα συμπτώματα της έλλειψης θρεπτικών στοιχείων είναι συνήθως ανεπαρκής ανάπτυξη, χλώρωση, κοκκινωπός χρωματισμός και νέκρωση. Για την αναγνώριση του αιτίου που προκαλεί τα συμπτώματα προσδιορίζεται αν το θρεπτικό ανήκει στα ευκίνητα ή δυσκίνητα θρεπτικά στοιχεία ανάλογα με τη θέση τους πάνω στο φυτό. Όπως συμβαίνει στην ανεπάρκεια των στοιχείων έτσι και στην περίσσεια αυτών εμφανίζονται οπτικά συμπτώματα. Συνήθως η τοξικότητα προκαλείται από την υπερβολική χρήση λιπασμάτων, άρα θεωρείται ως ανθρωπογενής παράγοντας αβιοτικής καταπόνησης (McCauley, 2011).

1.5.4 Ακραίες θερμοκρασίες

Η κλιματική αλλαγή τα τελευταία χρόνια έχει μεγάλο αντίκτυπο στον τομέα της γεωργίας. Η καταπόνηση λόγω υψηλής θερμοκρασίας ορίζεται ως η αύξηση της θερμοκρασίας πάνω από τα επιθυμητά όρια για διάστημα που προκαλεί βλάβη μη αναστρέψιμη στο φυτό. Αντίθετα, η καταπόνηση από χαμηλές θερμοκρασίες

προκαλεί στο φυτό βλάβες ή και ολικό θάνατο του φυτού λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών (Hasanuzzaman *et al.*, 2013).

Οι υψηλές θερμοκρασίες επηρεάζουν όλα τα στάδια ανάπτυξης και σε όλα τα είδη των φυτών. Παρατηρείται μειωμένο ποσοστό βλαστικότητας, μειωμένο σθένος του σπορόφυτου. Τα φυτά παρουσιάζουν ανώμαλη ανάπτυξη, , μειωμένο ύψος και φτωχό ριζικό σύστημα ενώ παρατηρείται μείωση της βιομάζας της καλλιέργειας. Η αυξημένη θερμοκρασία επηρεάζει επίσης τη φωτοσύνθεση μειώνοντας την ποσότητα των φωτοσυνθετικών χρωστικών. Επίσης η γονιμότητα μειώνεται σημαντικά καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας (Hasanuzzaman *et al.*, 2013).

Οι χαμηλές θερμοκρασίες προκαλούν επίσης βλάβες στα φυτά όπως μειωμένη ανάπτυξη, αποχρωματισμό και κιτρίνισμα φύλλων, λευκές κηλίδες και λωρίδες, μάρανση και μειωμένος ρυθμός ωρίμανσης. Η φωτοσύνθεση επηρεάζεται εξίσου όπως και συμβαίνει και με τις υψηλές θερμοκρασίες. Τέλος, όσον αφορά τη γονιμότητα έχει παρατηρηθεί στειρότητα γύρης και ωαρίων, κακή πλήρωση σπόρων και τελικά τη μείωση της απόδοσης σε σπόρο σε καλλιέργειες σποροδοτικές (Hasanuzzaman *et al.*, 2013).

1.5.5 Ανοξία

Το οξυγόνο είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη και το μεταβολισμό των φυτών, ωστόσο διαφέρει από περιβάλλον σε περιβάλλον. Ανάλογα με το ποσοστό του οξυγόνου, αν αυτό είναι σε κανονικά επίπεδα το φαινόμενο ονομάζεται νορμοξία. Αν το οξυγόνο είναι ανεπαρκές τότε ονομάζεται υποξία, ενώ αν βρίσκεται σε ολική απουσία ονομάζεται ανοξία (Ferreira de Sousa *et al.*, 2002).

Η ανοξία εμφανίζεται όταν η μιτοχονδριακή παραγωγή ATP είναι πολύ μικρή σε αντίθεση από αυτή που παράγεται από τις διαδικασίες της γλυκόλυσης και της ζύμωσης. Σε περίπτωση έντονης βροχής που οδηγεί σε νερό που λιμνάζει ή πλημμύρας υπάρχει έλλειψη οξυγόνου στο περιβάλλον της ρίζας του φυτού που οδηγεί σε χαμηλή αντιοξειδωτική εδαφική ικανότητα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη συγκέντρωση κάποιων ουσιών όπως είναι τα NO^{-2} , Mn^{2+} , Fe^{2+} και ενώσεις όπως το βουτυρικό και οξικό οξύ, οποίες μπορούν όταν βρεθούν σε υψηλές συγκεντρώσεις να γίνουν τοξικές και να προκαλέσουν τραυματισμούς (Drew, 1997).

1.5.6 Όξινα αλκαλικά εδάφη

Μια αβιοτική καταπόνηση που παρατηρείται σε όλο τον κόσμο είναι η οξίνιση και η αλκαλίωση των εδαφών. Είναι στενά συνδεδεμένη με τις κλιματολογικές συνθήκες της κάθε περιοχής λόγω των βροχοπτώσεων και της θερμοκρασίας των εδαφών που επηρεάζουν σημαντικά την έκπλυση των θρεπτικών ουσιών. Η οξίνιση προκαλείται στα εδάφη από έντονες βροχοπτώσεις ενώ η αλκαλίωση παρατηρείται σε ξηρικές συνθήκες (Μήτσιος, 2001)

Ο βαθμός της οξίνισης του εδαφούς εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως η φυτική βλάστηση, η δραστηριότητα των μικροβίων, η όξινη βροχή και το είδος των ορυκτών του εδαφούς. Η αλκαλίωση εξαρτάται από τη βλάστηση, το ύψος των βροχοπτώσεων, την ποιότητα του αρδευτικού νερού και από τα μητρικά πετρώματα (Μήτσιος, 2001).

Η οξίνιση και η αλκαλίωση των εδαφών καθορίζεται από την οξύτητα του εδαφούς και επομένως το pH του εδαφούς. Το pH ορίζεται ως ο αρνητικός λογάριθμος της ενεργότητας των ιόντων υδρογόνου. Όταν το εδαφικό διάλυμα έχει pH μικρότερο του 7 τότε θεωρείται όξινο, αντίθετα όταν είναι μεγαλύτερο από 7 είναι αλκαλικό. Σε pH γύρω στο 7 το διάλυμα είναι ουδέτερο. Η μέτρηση του pH γίνεται με πεχάμετρο (Μήτσιος, 2001).

Στα όξινα εδάφη υπάρχει χαμηλή διαθεσιμότητα φωσφόρου λόγω της δημιουργίας δεσμών του αργιλίου με το φώσφορο άρα αυτό οδηγεί σε τοξικά συμπτώματα αργιλίου. Στα εδάφη αυτά παρατηρούνται ακόμη και τροφοπενίες ασβεστίου και μαγνησίου. Στα ασβεστούχα εδάφη η διαθεσιμότητα φωσφόρου είναι εξίσου μικρή και έχουν μειωμένη οργανική ύλη. Τόσο τα όξινα όσο και τα αλκαλικά εδάφη έχουν μεγάλες επιπτώσεις στην ανάπτυξη των φυτών γι' αυτό σημαντική είναι η επιλογή κατάλληλου καλλιεργούμενου φυτού (Μήτσιος, 2001).

1.5.7 Βαρέα μέταλλα

Τα βαρέα μέταλλα αποτελούν έναν από τους μεγαλύτερους περιβαλλοντικούς ρύπους διότι η τοξικότητά τους έχει αρνητικές οικολογικές διατροφικές και περιβαλλοντικές συνέπειες. Ο όρος ‘βαρέα μέταλλα’ αναφέρεται στα υψηλής περιεκτικότητας μέταλλα ή στοιχεία που μπορούν να είναι τοξικά ακόμα και σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Κάποια από τα σημαντικότερα βαρέα μέταλλα είναι το κάδμιο, ο χαλκός, ο μόλυβδος, το χρώμιο και ο υδράργυρος που βρίσκονται συνήθως σε περιοχές με μεγάλη ανθρωπογενή δραστηριότητα όπως είναι η εκβιομηχάνιση και η αστικοποίηση. Ωστόσο, υπάρχουν και άλλες πηγές βαρέων μετάλλων όπως φυσικές, γεωργικές, οικιακά λύματα, ατμοσφαιρικές και ανθρωπογενείς (Nagajyoti *et al.*, 2010).

Όπως όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί έτσι και τα φυτά είναι ευαίσθητα στους ρύπους των βαρέων μετάλλων επιπρόσθετα αποτελεί ανησυχία η όλο και αυξανόμενη συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων στα γεωργικά εδάφη διότι δημιουργούν δυσμενείς οικολογικές επιπτώσεις. Καθώς όμως τα βαρέα μέταλλα στα φυτά συμμετέχουν σε οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις και αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι κάποιων ενζύμων πολλά φυτά είναι ευαίσθητα και στην ανεπάρκεια αυτών. (Nagajyoti *et al.*, 2010). Για του παραπάνω λόγους οι Nagajyoti *et al.* (2010), επισημαίνουν πως θα ήταν σκόπιμη η περαιτέρω έρευνα για την κατανόηση της τοξικότητας των βαρέων μετάλλων στα φυτά για τη λύση των προβλημάτων που προκύπτουν.

1.5.8 Αέριοι ρύποι – Όζον

Η ατμοσφαιρική ρύπανση θεωρείται η είσοδος στην ατμόσφαιρα χημικών ενώσεων, η παρουσία ενώσεων σε μη κανονική σύνθεση καθώς και οι πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις κάποιων χημικών ουσιών. Όλα τα παραπάνω μπορούν να προκαλέσουν βλάβες πρώτου ή και δευτέρου βαθμού. Παράδειγμα αποτελούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου όπως το CO₂ κ.α., η εξάντληση του ατμοσφαιρικού όζοντος (Gheorghe and Ion, 2011).

Ένας από τους πιο επικίνδυνους ρύπους είναι το όζον και ειδικά για τους φυτικούς οργανισμούς. Το όζον χωρίζεται στο στρατοσφαιρικό και στο τροποσφαιρικό. Η δράση του όζοντος στο εσωτερικό των φυτικών ειδών

περιλαμβάνει τη διάσπασή του στους αποπλάστες των κυττάρων και την παραγωγή ROS, με αποτέλεσμα να επιφέρεται οξειδωτική καταπόνηση (Καραμπουρνιώτης κ.α., 2012). Κάποια από τα κύρια συμπτώματα που προκαλεί η συσσώρευση του όζοντος είναι κυρίως σε φύλλα μεγάλης ηλικίας που παρατηρείται χλώρωση και κηλίδες ερυθροκαστανού χρώματος και ακανόνιστου σχήματος και οδηγεί έως και τη νέκρωση τους. Η επίδρασή του αυξάνεται με την υγρασία και μειώνεται με την ξηρασία, το σκοτάδι, τη χαμηλή θερμοκρασία, την υψηλή αλατότητα εδάφους, την ανεπάρκεια φωσφόρου εδάφους και την περίσσεια θείου εδάφους (Gheorghe and Ion, 2011).

1.5.9 Υπεριώδης ακτινοβολία

Η ενέργεια που αποδίδει ο ήλιος στη Γη, μέσω της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, αποτελεί την κύρια πηγή αφομοιώσιμης ενέργειας και χρησιμοποιείται για τη φωτοσύνθεση από τους φυτικούς οργανισμούς. Παρόλα αυτά, η ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί παράγοντα καταπόνησης για τα φυτικά είδη όταν υπερβαίνει τα όρια των οργανισμών (Γ. Καραμπουρνιώτης κ.ά., 2012). Η υπεριώδης ακτινοβολία (UV) είναι μία μη ιονίζουσα ακτινοβολία που ανήκει σε συγκεκριμένη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος και χωρίζεται στη UV-C ακτινοβολία, η οποία είναι πολύ βλαβερή για τους οργανισμούς, στη UV-B ακτινοβολία, η οποία έχει αρνητικές επιπτώσεις στα φυτά και η UV-A η οποία είναι η λιγότερο βλαβερή από τις δύο παραπάνω (Hollosoy, 2002).

Οι επιπτώσεις της ακτινοβολίας UV-B στα φυτά είναι βλάβη κυρίως του φωτοσυστήματος II και σε μικρότερο βαθμό του φωτοσυστήματος I, μείωση της δραστηριότητας της Rubisco, η μείωση του διοξειδίου του άνθρακα και της παραγωγής οξυγόνου και ακόμα η μείωση του αμύλου, του ξηρού βάρους και της χλωροφύλλης (Hollosoy, 2002). Όλα αυτά έχουν σαν αποτέλεσμα εμφανή συμπτώματα στα φυτά, κάποια από τα οποία είναι η μείωση του ύψους των φυτών και της επιφάνειας των φύλλων, αύξηση των πλάγιων διακλαδώσεων και τέλος το κατσάρωμα των φύλλων (Golaszewska *et al.*, 2003)

Ως αποτέλεσμα, τα φυτικά είδη έχουν εξελιχθεί κατάλληλα ώστε να επιβιώνουν σε συνθήκες σκίασης ή αυξημένης φωτεινότητας και κατηγοριοποιούνται σε

σκιόφυτα και ηλιόφυτα, ανάλογα με τα επίπεδα αντοχής τους στα επίπεδα ακτινοβολίας (Γ. Καραμπουρνιώτης κ.ά., 2012).

1.6 Επιπτώσεις της ξηρασίας στους φυτικούς οργανισμούς

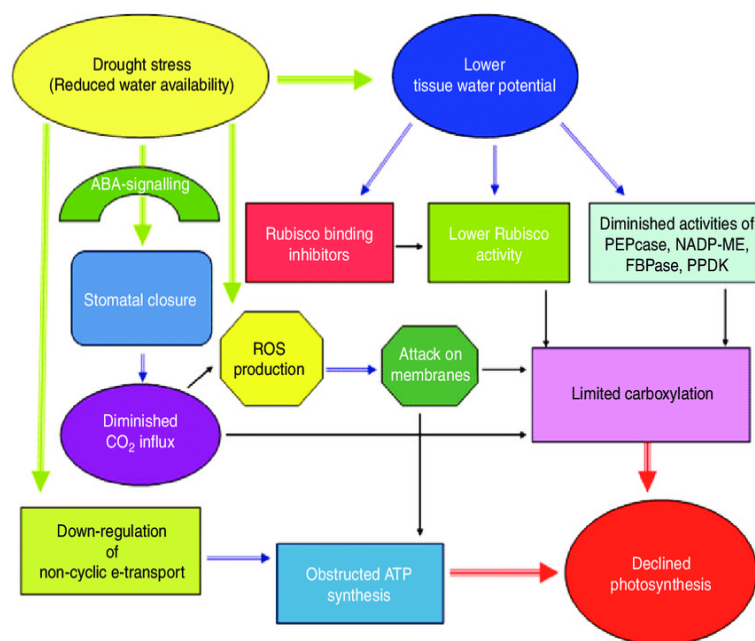
Οι επιπτώσεις της έλλειψης υδάτινων πόρων οφείλεται σε τρεις κύριους μηχανισμούς, οι οποίοι είναι η μείωση της απορρόφησης της ακτινοβολίας κατά τη φωτοσύνθεση, η μειωμένη απόδοση της χρήσης της ακτινοβολίας και η μείωση του δείκτη συγκομιδής (Farooq *et al.*, 2008). Μελέτες των Kaya *et al.* (2006) και Okcu *et al.* (2005) από τους Farooq *et al.* (2008) δείχνουν ότι η ξηρασία προκάλεσε μειωμένη βλάστηση και καθυστέρησε τη βλάστηση των σποροφύτων. Οι Zeid και Shedeed (2006) διαπίστωσαν σε εργαστηριακές δοκιμές ότι μειώθηκε η πιθανότητα βλάστησης, το μήκος του υποκοτυλίου, το νωπό και ξηρό βάρος ενώ μόνο το μήκος της ρίζας αυξήθηκε.

Επίσης, η ξηρασία έχει ως αποτέλεσμα και τη μειωμένη πρόσληψη θρεπτικών ουσιών από το φυτό διότι δυσχεραίνει η μεταφορά τους από τη ρίζα στους βλαστούς. Παρατηρούνται αύξηση του N, κατακόρυφη μείωση του P, αλλά όχι και τόσο σημαντική μείωση K (Farooq *et al.*, 2008).

Σημαντική είναι και η αναφορά των συνεπειών της μείωσης του νερού στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Όπως φαίνεται στην εικόνα 1. λόγω της έλλειψης του νερού τα φυτά αντιδρούν κλείνοντας τα στόματα με αποτέλεσμα τη μείωση παραγωγής CO₂. Με τη μείωση του τελευταίου μειώνεται και η καρβοξυλίωση και αυξάνονται οι ενεργές μορφές οξυγόνου. Κάποιες από τις δραστηριότητες που μειώνονται είναι της ριβουλόζης-1, της Rubisco και της NADP-ME. Παρατηρείται αύξηση της δραστηριότητας των αναστολέων σύνδεσης της Rubisco και μείωση της παραγωγής NADP με αποτέλεσμα τη μείωση παραγωγής ATP (Farooq *et al.*, 2008).

Όσον αφορά την καταπόνηση των φυτών από την ξηρασία, τα φυτά υπόκεινται σε διάφορες αλλαγές. Οι Xu *et al.*, (2010) αναφέρουν κάποιες από τις αποκρίσεις των φυτών ανάλογα με την ένταση της ξηρασίας. Σε μέτρια ξηρασία, είναι πιθανό το σταδιακό κλείσιμο των στομάτων λόγω των σημάτων που λαμβάνει το φυτό. Όταν η ένταση της ξηρασίας γίνει πιο έντονη περιορίζονται οι φωτοχημικές αντιδράσεις και η δραστηριότητα της Rubisco και ταυτόχρονα ενεργοποιούνται μεταβολισμοί που βλάπτουν το φυτό μειώνοντας την ταχύτητα ανάπτυξης του.

Στην Εικόνα 1 παρουσιάζονται πιθανοί μηχανισμοί της φωτοσύνθεσης υπό συνθήκες ξηρασίας.



Εικόνα 1. Πιθανοί μηχανισμοί της φωτοσύνθεσης υπό συνθήκες ξηρασίας (Farooq *et al.*, 2008).

1.6.1 Επιπτώσεις της ξηρασίας στο μπρόκολο

Το μπρόκολο είναι ένα ευαίσθητο φυτό σε συνθήκες ξηρασίας, αυτό συμβαίνει γιατί η εποχή σποράς του είναι άνοιξη ή καλοκαίρι. Συνέπειες της καταπόνησης αυτής είναι η μείωση της παραγωγής ιδιαίτερα αν το φυτό καταπονείται στα πρώτα στάδια ανάπτυξής του. Επηρεάζεται επίσης σε μεγάλο βαθμό η ανάπτυξη της καλλιέργειας και κατά συνέπεια η βιομάζα αυτής (Kim *et al.*, 2020).

Οι Kim *et al.* (2020) αναφέρουν κάποιους τρόπους για την αύξηση της αντοχής της καλλιέργειας του μπρόκολου. Αυτοί μπορεί να είναι τα βιοδιεγερτικά και το μονοξειδίο του αζώτου αλλά και ο εμβολιασμός με *Rhizobacteria*, μέθοδος που ενισχύει κυρίως την ανάπτυξη, άρα και τη βιομάζα σε κανονικές συνθήκες ανάπτυξης.

1.7 Επιπτώσεις της αλατότητας στους φυτικούς οργανισμούς

Οι Lauchli and Grattan (2007) αναφέρουν ότι η αλατότητα επηρεάζει τα φυτά με διάφορους τρόπους όπως είναι οι ωσμωτικές επιδράσεις, η τοξικότητα κάποιων ιόντων ή οι διαταραχές κάποιων θρεπτικών στοιχείων. Ο βαθμός με τον οποίο επηρεάζεται το κάθε φυτό εξαρτάται και από άλλους παράγοντες, όπως είναι το είδος, ο γονότυπος, η ηλικία του φυτού και η συγκέντρωση του διαλύματος του άλατος.

Η αλατότητα προκαλεί στους φυτικούς οργανισμούς κυρίως ανοσμοτική καταπόνηση και σε δεύτερο βαθμό τοξικότητα σε ιόντα. Η επιπλέον ποσότητα του άλατος επηρεάζει άμεσα την ανάπτυξη των φυτών διότι αναστέλλεται η ώσμωση άρα και η πρόσληψη νερού είτε από τις ρίζες είτε από κάποια ιόντα. Οι διαταραχές κάποιων θρεπτικών στοιχείων που αναφέρονται παραπάνω προκύπτουν από την άμεση τοξικότητα που προκαλεί το άλας ή η αδιαλυτοποίηση του ή ακόμη και ο ανταγωνισμός που υπάρχει σχετικά με την απορρόφηση των ιόντων. Η τοξικότητα αυτή οδηγεί σε μεταβολικές αλλαγές που μπορεί να είναι η μειωμένη δραστηριότητα των χλωροπλαστών, μειωμένος φωτοσυνθετικός ρυθμός και αυξημένη φωτοαναπνοή (Abdallah *et al.*, 2016).

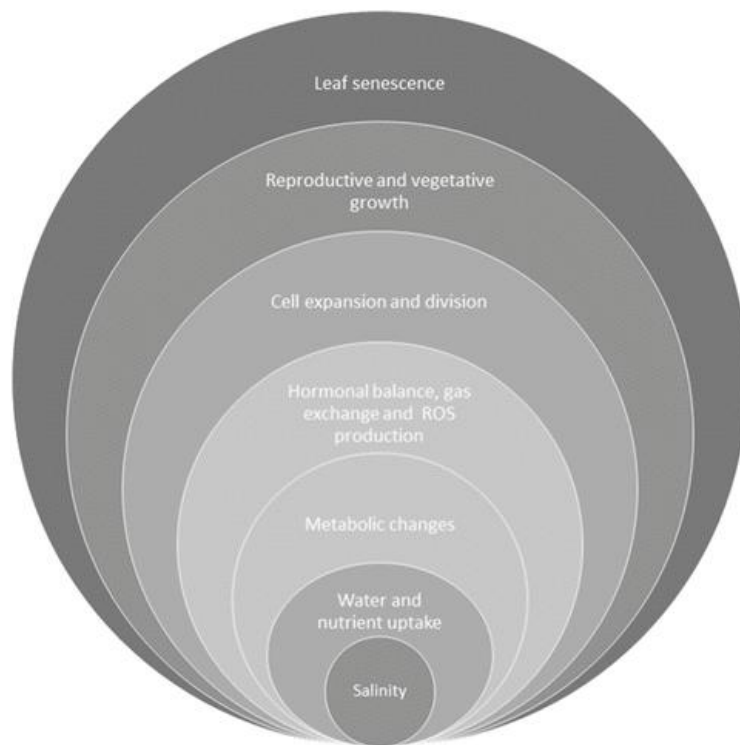
Η αυξημένη συγκέντρωση άλατος σε ένα φυτό επιφέρει επιπτώσεις και άλλες σε σημαντικές λειτουργίες όπως, στη σύνθεση πρωτεϊνών και στον εν γένει μεταβολισμό του (Parida *et al.*, 2005). Τα εμφανή συμπτώματα των φυτών λόγω αυξημένης αλατότητας είναι σκούρα πράσινα φύλλα που ορισμένες φορές είναι παχύτερα, εγκαύματα στα φύλλα, αποφύλλωση, καθώς και μείωση της απόδοσης καλλιέργειας (Kotuby-Amacher *et al.*, 2000).

Οι Abdallah *et al.*, (2016) τονίζουν ότι η δημιουργία βελτιωμένων ποικιλιών με ανοχή στην αλατότητα είναι δύσκολη καθώς είναι ένα ιδιαίτερα περίπλοκο χαρακτηριστικό που ελέγχεται από πολλά γονίδια και διάφορους φυσιολογικούς και βιοχημικούς μηχανισμούς. Ένας αποτελεσματικός μηχανισμός είναι η ωσμωτική προσαρμογή για την αντοχή στο υπερβολικό άλας.

Τα φυτά ανάλογα με την αντοχή τους στην αλατότητα χωρίζονται σε γλυκόφυτα και θαλλόφυτα. Τα γλυκόφυτα, στα οποία ανήκουν και τα περισσότερα καλλιεργούμενα φυτά είναι ευαίσθητα στις υψηλές συγκεντρώσεις αλατότητας με

αποτέλεσμα τα φυτά να οδηγούνται στο θάνατο. Αντιθέτως, τα θαλλόφυτα έχουν αναπτύξει διάφορους μηχανισμούς, ώστε να αντιμετωπίζουν την αλατότητα. Σύμφωνα με τους Acosta-Motos *et al.*, (2017), οι μηχανισμοί απόκρισης στην καταπόνηση αυτή είναι ότι δρουν αποτρέποντας την είσοδο αλάτων στο αγγειακό σύστημα, μέσω των τριχών εξαλείφουν τα ενεργά άλατα και έχουν την ικανότητα να αναδιανέμουν το άλας.

Στην Εικόνα 2 παρουσιάζονται οι αλλαγές στα φυτικά είδη υπό συνθήκες ξηρασίας.



Εικόνα 2. Αλλαγές στα φυτικά είδη υπό συνθήκες ξηρασίας (Mbarki *et al.*, 2018).

1.7.1 Επιπτώσεις της αλατότητας στην καλλιέργεια του μπρόκολου

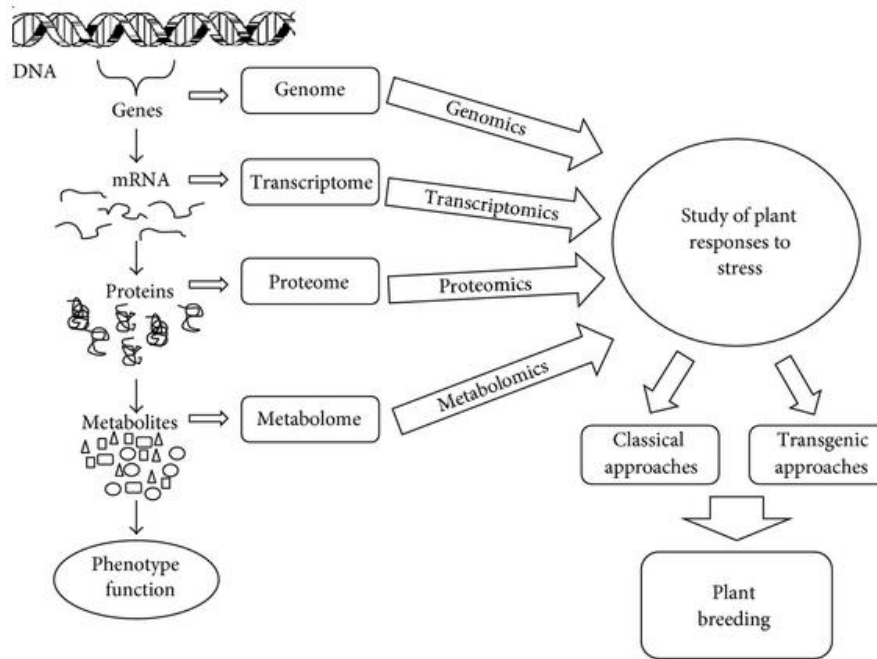
Το μπρόκολο θεωρείται ένα φυτό που είναι μέτρια ανθεκτικό στην αλατότητα (Giuffrida *et al.*, 2013). Η καταπόνηση αλατότητας επέφερε μείωση στην ανάπτυξη του φυτού και σημαντικές ήταν οι μειώσεις στην απόδοση (Rios *et al.*, 2019).

Οι Giuffrida *et al.*, (2013) αναφέρουν σε μελέτη τους συγκρίνοντας τα λαχανικά μπρόκολο και κουνουπίδι ότι το ωσμωτικό στρες που προκύπτει από την αλατότητα δεν δημιούργησε κάποιο πρόβλημα στην περιοχή των φύλλων ή στη σπαργή του φυτού. Αρνητικά αποτελέσματα φάνηκαν στις συγκεντρώσεις του νατρίου και του χλωρίου και αυτό στα παλαιότερα φύλλα, ενώ και η νέα βλάστηση δεν επηρεάστηκε ιδιαίτερα σύμφωνα με μετρήσεις της φωτοσύνθεσης των φύλλων. Αυτό αναφέρουν ότι ίσως συμβαίνει λόγω ενός αμυντικού μηχανισμού που ενεργοποιείται εξαιτίας της συσσώρευσης χλωρίου στις ρίζες που μπορεί να δημιουργήσει ανοχή στην αλατότητα.

1.8 Μηχανισμοί απόκρισης των φυτών στις αβιοτικές καταπονήσεις

Τα φυτά κατά τη διάρκεια της ζωής τους προκειμένου να επιβιώσουν αναπτύσσουν μηχανισμούς με τους οποίους αναποκρίνονται στις διάφορες καταπονήσεις. Το στρες είναι μια κατάσταση που το φυτό βρίσκεται εκτός του φυσιολογικού εύρους του ομοιοστατικού του μηχανισμού. Αυτό οδηγεί σε μια σειρά από αλλαγές στα φυτά όπως είναι οι μορφολογικές, φυσιολογικές, βιοχημικές και μοριακές. Μόλις η καταπόνηση ελεγχθεί από τους μηχανισμούς του φυτού, το φυτό μπορεί να επιστρέψει στην αρχική του κατάσταση ή σε μια νέα φυσιολογική κατάσταση (Pérez-Clemente *et al.*, 2012).

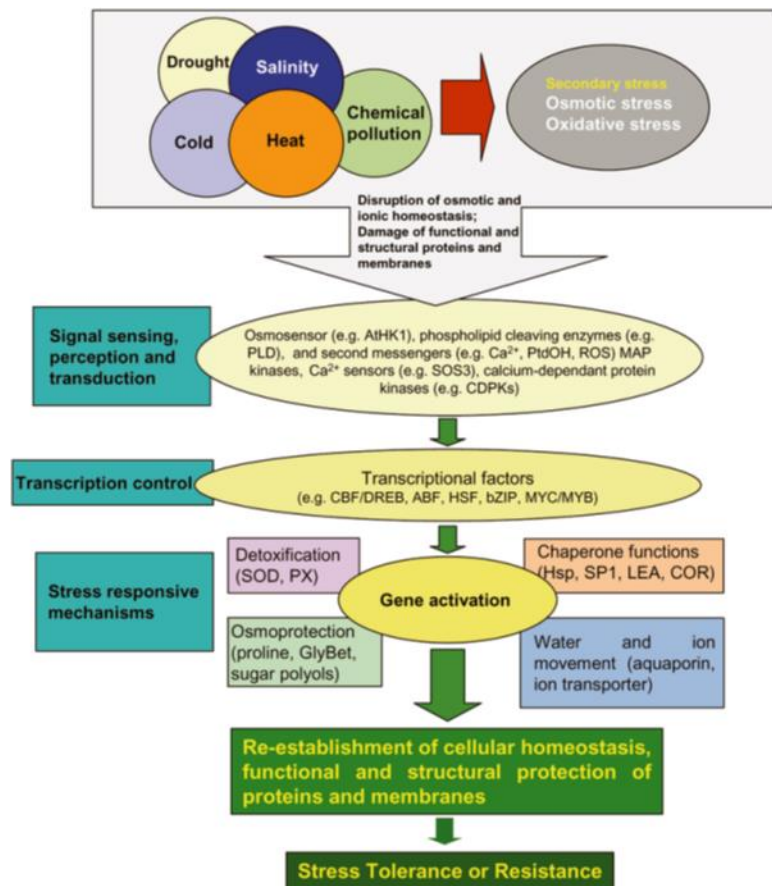
Για την κατανόηση και την καταπολέμηση των καταπονήσεων είναι απαραίτητη η γνώση του γενετικού υπόβαθρου πίσω από τις αποκρίσεις των φυτών απέναντι σε αυτές. Σύμφωνα με τους Pérez-Clemente *et al.* (2012) έχουν αναπτυχθεί νέες τεχνολογίες με το όνομα «omics» που βοηθούν στη γνώση των παραγόντων που επηρεάζουν την ανάπτυξη των φυτών καθώς και την αλληλεπίδραση μεταξύ των φυτών, του μεταβολισμού τους και της καταπόνησης. Στην εικόνα που παρατίθεται (Εικόνα 3) φαίνεται πως από τα «omics» διαπιστώθηκαν δίκτυα που ελέγχουν τις αποκρίσεις του αβιοτικού στρες.



Εικόνα 3. Απόκριση των φυτών σε παράγοντες αβιοτικού στρες. (Pérez-Clemente *et al.*, 2012)

Όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 4) η αντίδραση του φυτού στο αβιοτικό στρες περιλαμβάνει πολλά γονίδια και βιοχημικούς-μοριακούς μηχανισμούς. Αναλυτικά, οι Wang *et al.*, (2003) αναφέρουν ότι οι καταπονήσεις της ξηρασίας και της αλατότητας είναι στενά συνδεδεμένες μεταξύ τους γιατί προκαλούν ωσμωτικό και οξειδωτικό στρες και βλάβη στα κύτταρα όπως αναφέρεται και παραπάνω. Το φυτό λαμβάνει μια σηματοδότηση από την καταπόνηση, η οποία μεταφέρεται στα άλλα μέρη του φυτού, διαταράσσει τη διαδικασία της μεταγραφής και έτσι ενεργοποιούνται οι μηχανισμοί απόκρισης προκειμένου να γίνει επισκευή των βλαβών. Αν υπάρξει ανεπαρκής ανταπόκριση του γονιδίου ή γενικά της ανταπόκρισης του μηχανισμού τα φυτά μπορεί να οδηγηθούν στο θάνατο.

Στην εικόνα 4 περιγράφεται η πολυπλοκότητα απόκρισης των φυτικών οργανισμών στα είδη αβιοτικού στρες (Wang *et al.*, 2003).



Εικόνα 4. Η πολυπλοκότητα της απόκρισης των φυτικών οργανισμών στα είδη αβιοτικού στρες, και η διασύνδεση αυτών (Wang *et al.*, 2003).

Σκοπός

Σκοπός της παρούσας διατριβής αποτέλεσε η αξιολόγηση δύο γονοτύπων μπρόκολου (*Brassica oleraceae* var. *Italica*) ως προς την ανθεκτικότητα αυτών σε υδατική καταπόνηση καθώς και σε καταπόνηση αλατότητας. Οι ανωτέρω γονότυποι αξιολογήθηκαν στη φάση της βλάστησης και της αρχικής ανάπτυξης των σποροφύτων. Η βλάστηση και η ανάπτυξη των σποροφύτων πραγματοποιήθηκε υπό συνθήκες έκθεσης σε διαφορετικά επίπεδα καταπόνησης ξηρασίας και αλατότητας και εν συνεχεία καταμετρήθηκαν επιμέρους παράμετροι για την αξιολόγηση της ανθεκτικότητας των γονοτύπων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Υλικά και μέθοδοι

2.1.1 Συνθήκες εργαστηρίου

Η παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο της Γενετικής Βελτίωσης Φυτών του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Οι συνθήκες του περιβάλλοντος χώρου ήταν θερμοκρασία χώρου $25 \pm 1^\circ\text{C}$ και σχετική υγρασία εργαστηριακού χώρου $60 \pm 10\%$.

2.1.2 Ποικιλίες σπόρων

Στο πείραμα αξιολογήθηκαν δύο ποικιλίες του είδους *Brassica oleraceae* var. *Italica* και συγκεκριμένα τις Centoventino και Riccia san Marzano, ως προς την αντοχή τους στην ξηρασία και την αλατότητα.

Η ποικιλίας Centoventino έχει πυκνή ταξιανθία, το χρώμα των φύλλων, είναι σκούρο πράσινο και ωριμάζει σε διάστημα 120 ημερών. Επιπλέον, είναι πλούσια σε βιταμίνη C και άλλες ευεργετικές ιδιότητες. Η Riccia san Marzano είναι μια μεσοπρώιμη ποικιλία, διάρκειας 60 ημερών, με πράσινη ταξιανθία και σγουρά φύλλα. Το ύψος της μπορεί να φτάσει έως και τα 65 εκατοστά.

2.1.3 Απολύμανση σπόρων

Για κάθε ποικιλία μετρήθηκαν 600 σπόροι τοποθετήθηκαν σε δοχεία τύπου Falcon χωρητικότητας 50 ml. Στα δοχεία προστέθηκε διάλυμα οικιακής χλωρίνης 10%. Οι σπόροι παρέμειναν στο διάλυμα για 5 λεπτά και στο διάστημα αυτό πραγματοποιούνταν συνεχής ανακίνηση. Ακολούθησε ξέπλυμα των σπόρων 2 φορές με προσθήκη στα δοχεία απιονισμένου αποστειρωμένου νερού, παραμονή των σπόρων στα δοχεία για 5 λεπτά κάθε φορά και πάλι υπό συνεχή ανακίνηση.

2.1.4 Μεταχειρίσεις καταπόνησης- Εγκατάσταση πειράματος

Για την καταπόνηση αλατότητας, οι γονότυποι εκτέθηκαν σε 4 διαφορετικά επίπεδα με την παρασκευή διαλυμάτων διαφορετικών συγκεντρώσεων χλωριούχου νατρίου (NaCl), 50 mM, 100mM, 150mM, 200mM. Ομοίως για την καταπόνηση ξηρασίας οι γονότυποι εκτέθηκαν σε 4 διαφορετικά επίπεδα με την παρασκευή διαλυμάτων διαφορετικής περιεκτικότητας του μορίου πολυαιθυλενικής γλυκόλης 6000 PEG 5%, 10%, 15%, 20%. Επιπρόσθετα τόσο στην καταπόνηση αλατότητας όσο και στην καταπόνηση ξηρασίας στον μάρτυρα χρησιμοποιήθηκε αποστειρωμένο, απιονισμένο νερό. Για κάθε ποικιλία και κάθε επίπεδο καταπόνησης έγιναν τρεις διαφορετικές επαναλήψεις.

Χρησιμοποιήθηκαν κουτιά τα οποία για αναγνώριση τους σημάνθηκαν κατάλληλα. Αρχικά για την ποικιλία Centoventino χρησιμοποιήθηκε το γράμμα “V” και για την Riccia san Marzano το γράμμα “E”. Έπειτα για τις μεταχειρίσεις χρησιμοποιήθηκε ο αριθμός της συγκέντρωσης για το NaCl και της περιεκτικότητας για το μόριο PEG. Σε κάθε επανάληψη χρησιμοποιήθηκαν οι αριθμοί 1, 2, 3, αντίστοιχα για την 1^η, 2^η και 3^η επανάληψη.

Αρχικά, τα κουτιά αποστειρώθηκαν σε θάλαμο UV για διάρκεια 20 λεπτών για καταστροφή του μικροβιακού φορτίου που τυχόν έφεραν. Έπειτα, παρασκευάστηκαν τα διαλύματα του χλωριούχου νατρίου συγκέντρωσης 50mM, 100mM, 150mM, 200mM και της πολυαιθυλικής γλυκόλης με περιεκτικότητα 5%, 10%, 15%, 20% με και αποστειρώθηκαν σε αυτόκαυστο για 15 λεπτά στους 121 °C. Χρησιμοποιήθηκαν χαρτιά διηθητικού τύπου, τα οποία διπλώθηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να έχουν 4 πτυχώσεις με κάθε πτύχωση να αντιστοιχεί σε μια σειρά 10 σπόρων. Τα διηθητικά χαρτιά αποστειρώθηκαν σε αυτόκαυστο τυλιγμένα με αλουμινόχαρτο για να αποφευχθεί η υγρασία.

Σε θάλαμο νηματικής ροής τα αποστειρωμένα χαρτιά τοποθετήθηκαν στα κουτιά και ακολούθησε η τοποθέτηση των απολυμασμένων σπόρων (Εικόνα 5) και εν συνεχεία η τοποθέτηση των κουτιών στο περιβάλλον του εργαστηρίου (Εικόνα 6).



Εικόνα 5. Τοποθέτηση σπόρων σε θάλαμο νηματικής ροής



Εικόνα 6. Τοποθέτηση κουτιών στο εργαστήριο

2.1.5 Μετρήσεις

Οι παρατηρήσεις, μετρήσεις ξεκίνησαν από τη δεύτερη μέρα εγκατάστασης του πειράματος. Λήφθηκαν μετρήσεις για τα παρακάτω γνωρίσματα: ποσοστό βλαστικότητας, το ποσοστό απορρόφησης νερού των σπόρων, το μήκος ρίζας, το μήκος βλαστού και το νωπό, ξηρό βάρος.

Ποσοστό Βλαστικότητα (GP%).

Η παρατήρηση για το ποσοστό βλαστικότητα λαμβάνονταν για το διάστημα των επτά πρώτων ημερών διακρίνοντας ποιοι από τους σπόρους έχουν βλαστήσει με μήκος ριζιδίου πάνω από 2mm. Ο υπολογισμός του έγινε από τον τύπο $GP (\%) = (\text{αριθμός σπόρων που βλάστησαν} / \text{συνολικός αριθμός σπόρων}) \times 100$.

στού απορρόφησης νερού.

Μέτρηση μήκους ρίζας και βλαστού.

Για το μήκος ρίζας και το μήκος βλαστού μετρήθηκε με χάρακα το μήκος της ρίζας και του βλαστού την 4^η, 8^η, 11^η και 15^η ημέρα, 5 αντιπροσωπευτικών σποροφύτων από κάθε επανάληψη και κάθε μεταχείριση.

Δείκτης ευρωστίας των σποροφύτων (SVI)

Επιπλέον των παραπάνω μετρήσεων υπολογίστηκε ο δείκτης ευρωστίας των σποροφύτων (SVI). Ο υπολογισμός έγινε σύμφωνα με τον τύπο $SVI = \text{Μήκος βλαστού} \times \text{ποσοστό βλαστικότητα}$ χρησιμοποιώντας τις καταγεγραμμένες μετρήσεις των ανωτέρω χαρακτηριστικών κατά την 8^η και 15^η ημέρα.

Ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας σποροφύτων (WC%).

Για τον υπολογισμό της περιεχόμενης υγρασίας των σποροφύτων μετρήθηκε την 8^η και τη 15^η ημέρα το βάρος 5 σποροφύτων (νωπό βάρος) για κάθε μεταχείριση και επανάληψη. Τα σπορόφυτα τοποθετήθηκαν σε ξηραντήριο στους 70°C για 48 ώρες. Μετά το πέρας των 48 ωρών μετρήθηκε το βάρος των σποροφύτων (ξηρό βάρος), (Εικόνα 7). Το ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας (WC%) υπολογίστηκε από τον τύπο $WC(\%) = [(\text{νωπό βάρος} - \text{ξηρό βάρος}) / \text{νωπό βάρος}] \times 100$.



Εικόνα 7. Καταγραφή νωπού βάρους σποροφύτων.

Ποσοστό απορρόφησης νερού των σπόρων (WU%).

Μετρήθηκε το βάρος 5 σπόρων ξεχωριστά από κάθε μεταχείριση, καθώς και επανάληψη την 3^η και 7^η ημέρα (Εικόνα 8). Ο υπολογισμός έγινε από τον τύπο $WU (\%) = [(W2 - W1) / W1] \times 100$, όπου το W1 το αρχικό βάρος των σπόρων και W2 το βάρος των σπόρων μετά την απορρόφηση νερού.



Εικόνα 8. Μέτρηση βάρους σπόρων για υπολογισμό ποσοστού απορρόφησης νερού

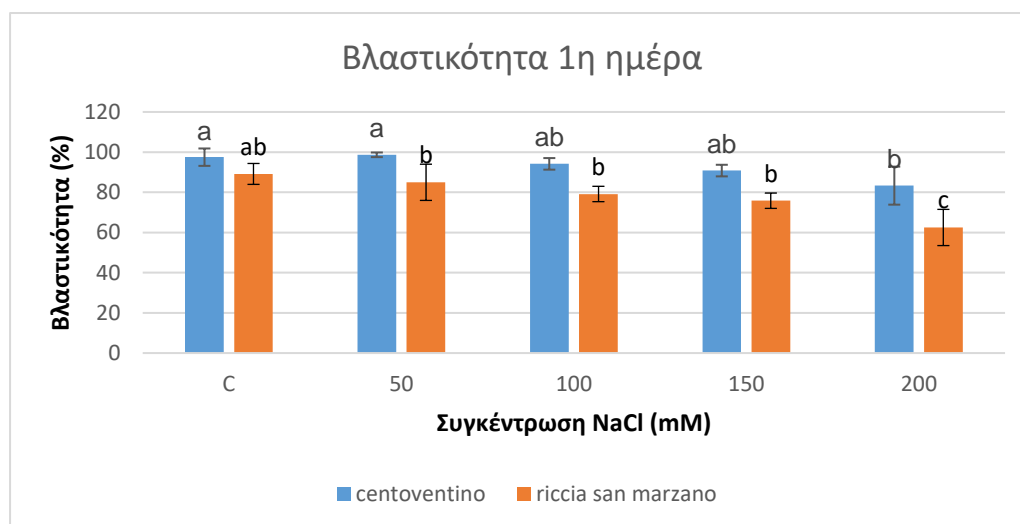
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 Αποτελέσματα

3.1.1 Καταπόνηση αλατότητας

3.1.1.1 Ποσοστό βλαστικότητα

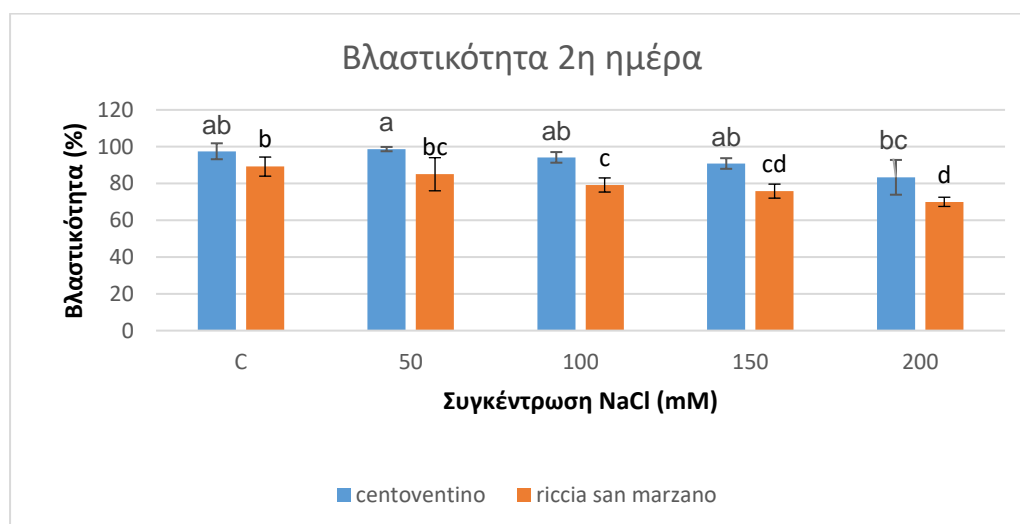
Στο διάγραμμα 1 παρουσιάζεται το ποσοστό βλαστικότητα κατά την πρώτη ημέρα καταγραφής της βλαστικότητα. Η ποικιλία Centoventino κατείχε τα μεγαλύτερα ποσοστά με τη βλαστικότητα να φτάνει σχεδόν το 99% στο μάρτυρα και στη μεταχείριση των 50 mM NaCl. Στατιστικώς σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις δύο ποικιλίες παρατηρήθηκαν στις συγκεντρώσεις των 50 και 200 mM NaCl με την Riccia san Marzano να έχει τα χαμηλότερα ποσοστά. Δεν παρατηρήθηκε ωστόσο ιδιαίτερη διαφορά ανάμεσα στις δύο ποικιλίες στις υπόλοιπες συγκεντρώσεις. Η δυσμενής επίδραση της συγκέντρωσης NaCl υπήρξε στατιστικώς σημαντική στα 200 mM σε σύγκριση με τον μάρτυρα και τα 50 mM για την ποικιλία Centoventino και σε σύγκριση με όλες τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις για την ποικιλία Riccia san Marzano.



Διάγραμμα 1. Ποσοστό βλαστικότητα (GP%) ανά ποικιλία και επίπεδο στρες την 1η ημέρα καταπόνησης αλατότητας.

Στήλες που σημαίνονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς κατά Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

Το ποσοστό βλαστικότητας της δεύτερης ημέρας φαίνεται στο διάγραμμα 2. Η Centoventino συνεχίζει να έχει υψηλότερα ποσοστά σε σχέση με την Riccia san Marzano σε όλες τις μεταχειρίσεις. Ωστόσο, σχετικά με την προηγούμενη ημέρα υπήρξε μικρή αύξηση του ποσοστού της βλαστικότητας στη Riccia san Marzano στη μεταχείριση με συγκέντρωση NaCl 200 mM. Σε όλες τις μεταχειρίσεις εκτός του μάρτυρα παρατηρείται επίσης, στατιστικώς σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο ποικιλίες με τη Centoventino, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως να υπερτερεί της άλλης ποικιλίας.

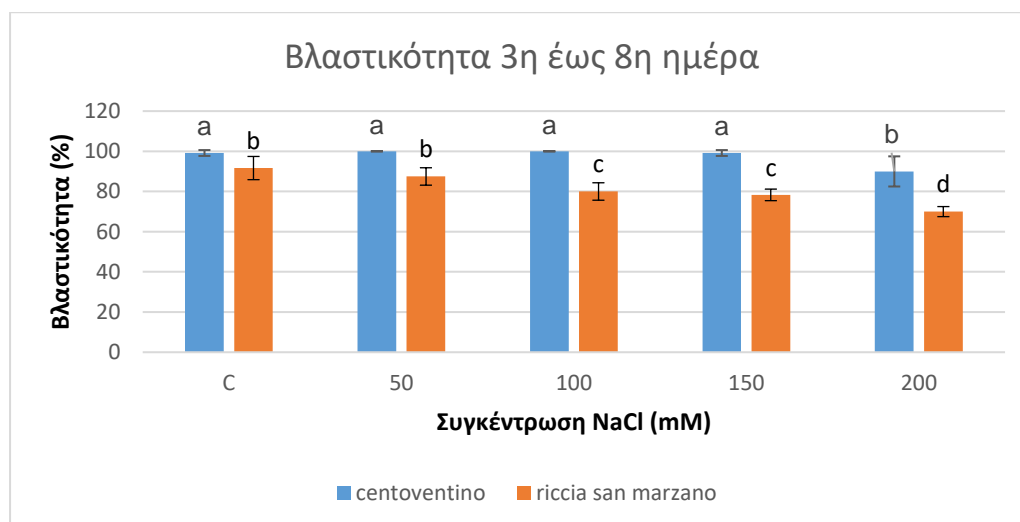


Διάγραμμα 2. Ποσοστό βλαστικότητας (GP%) ανά ποικιλία και επίπεδο στρες την 2η ημέρα καταπόνησης αλατότητας.

Στήλες που σημαίνονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς κατά Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

Στο διάγραμμα 3 φαίνεται η διακύμανση του ποσοστού βλαστικότητας από την τρίτη έως και την όγδοη ημέρα, η οποία δεν τροποποιείται από την 3^η ημέρα και μετά. Παρατηρείται στατιστικώς σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο ποικιλίες σε όλες τις μεταχειρίσεις και τον μάρτυρα με την ποικιλία Centoventino να εξακολουθεί να έχει μεγαλύτερο ποσοστό βλαστικότητας το οποίο φτάνει το 100% σχεδόν σε όλες τις μεταχειρίσεις εκτός αυτής με τη συγκέντρωση 200 mM NaCl. Αύξηση της βλαστικότητας παρατηρείται ωστόσο και στην ποικιλία Riccia san Marzano με αυτή να είναι ανάλογη του επιπέδου καταπόνησης και να αγγίζει περίπου το 92% στη

μεταχείριση του μάρτυρα. Η αρνητική επίδραση της μεταχείρισης 200 mM NaCl υπήρξε στατιστικώς σημαντική σε σύγκριση με τις υπόλοιπες συγκεντρώσεις και για τις δύο ποικιλίες.

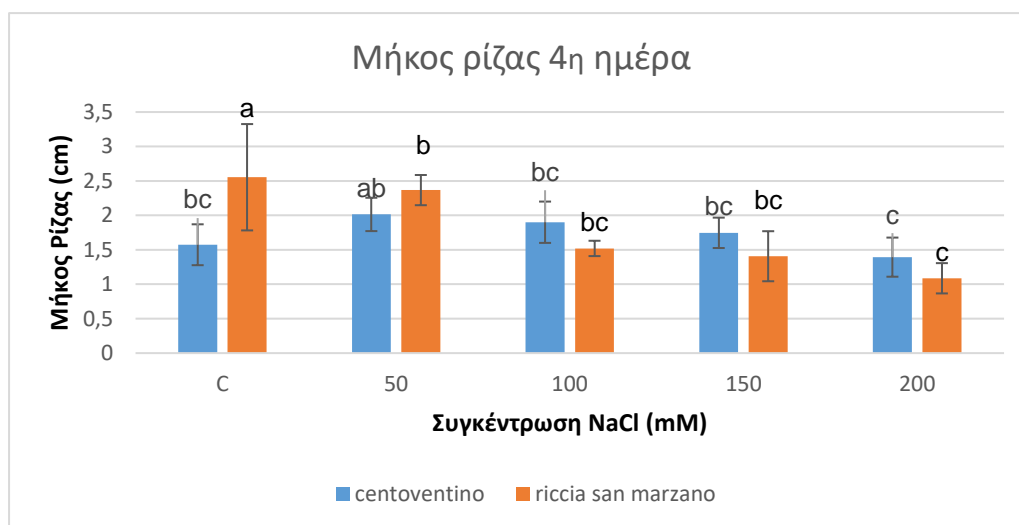


Διάγραμμα 3. Ποσοστό βλαστικότητας (GP%) ανά ποικιλία και επίπεδο στρες από την 3^η έως την 8^η ημέρα καταπόνησης αλατότητας.

Στήλες που σημαίνονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς κατά Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

3.1.1.2 Μήκος Ρίζας

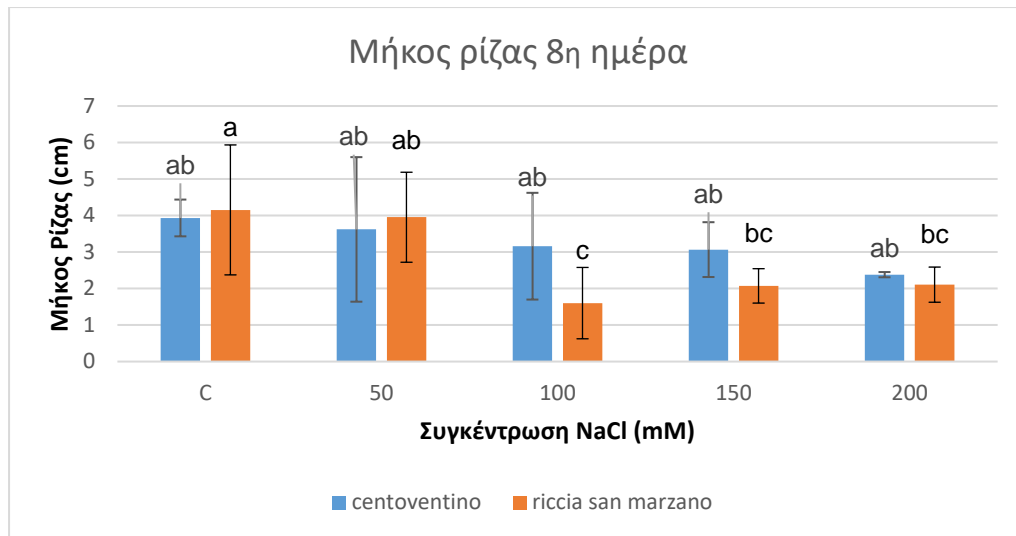
Το διάγραμμα 4 απεικονίζει το μήκος της ρίζας των ποικιλιών στις διάφορες μεταχειρίσεις την τέταρτη ημέρα του πειράματος. Η Riccia san Marzano στη μεταχείριση του μάρτυρα και στα 50 mM είχε το μεγαλύτερο μήκος ρίζας με το μήκος ρίζας για την ποικιλία Riccia san Marzano στη μεταχείριση του μάρτυρα να έχει στατιστικώς σημαντική διαφορά συγκριτικά με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Τα μεγαλύτερα μήκη ρίζας της ποικιλίας Centoventino παρατηρήθηκαν στις συγκεντρώσεις 50 και 100 mM NaCl. Επίσης, η παραπάνω είχε σημαντική στατιστική διαφορά με την ποικιλία Riccia san Marzano στη μεταχείριση του μάρτυρα.



Διάγραμμα 4. Μήκος ρίζας των σποροφύτων την 4^η ημέρα καταπόνησης ανά ποικιλία και επίπεδο στρες.

Στήλες που σημαίνονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς κατά Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

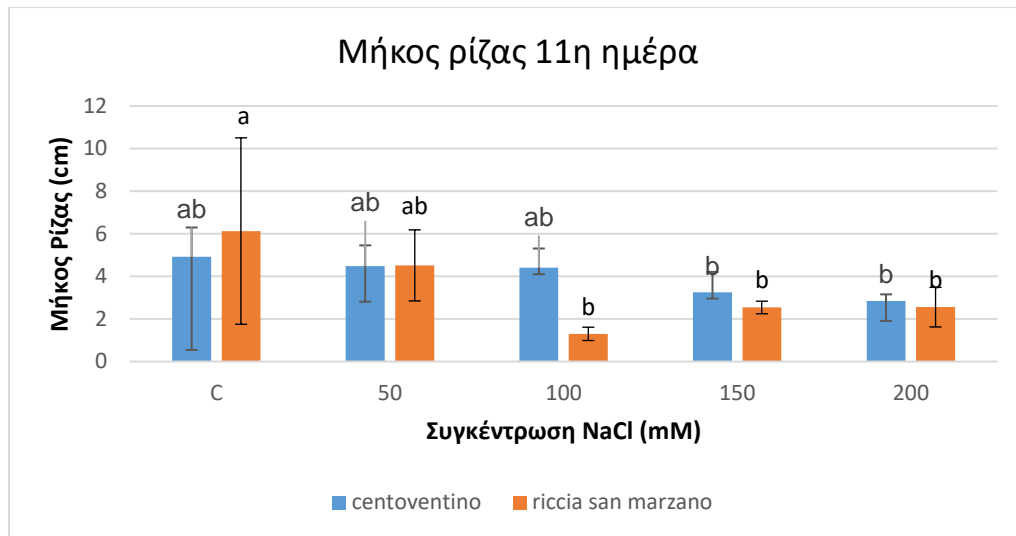
Στο διάγραμμα 5 που απεικονίζεται παρακάτω παρουσιάζεται το μήκος ρίζας των σποροφύτων την όγδοη ημέρα του πειράματος. Αναλογικά με την 4^η ημέρα του πειράματος υπήρξε αύξηση του μήκους και στις δύο ποικιλίες σε όλες τις μεταχειρίσεις με στατιστικώς σημαντική διαφορά στη συγκέντρωση 100 mM NaCl ανάμεσα στις δύο ποικιλίες με την Centoventino να έχει το μεγαλύτερο μήκος ρίζας. Στη μεταχείριση των 100 mM NaCl παρατηρείται ακόμη στατιστικώς σημαντική διαφορά για την ποικιλία Riccia san Marzano συγκριτικά με τη συγκεντρώση 50 mM NaCl και το μάρτυρα.



Διάγραμμα 5. Μήκος ρίζας των σποροφύτων την 8^η ημέρα καταπόνησης ανά ποικιλία και επίπεδο στρες.

Στήλες που σημαίνονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς κατά Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

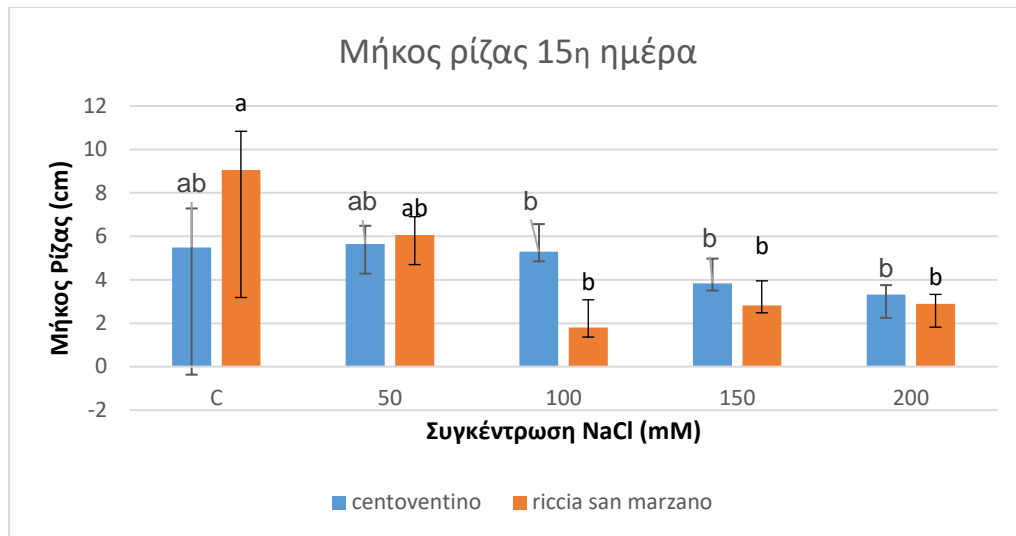
Στο διάγραμμα 6 παρουσιάζεται το μήκος ρίζας των ποικιλιών για την ενδέκατη ημέρα του πειράματος. Παρατηρείται αύξηση του μήκους σε όλες σχεδόν τις μεταχειρίσεις και στις δύο ποικιλίες εκτός από τη Riccia san Marzano στη μεταχείριση με τα 100 mM NaCl. Ωστόσο, δεν υπήρξε στατιστικώς σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο ποικιλίες στις επιμέρους μεταχειρίσεις. Το μήκος της Riccia san Marzano στο μάρτυρα υπήρξε είχε στατιστικώς σημαντική διαφορά σε σύγκριση με τις μεταχειρίσεις 100 και 150 mM NaCl.



Διάγραμμα 6. Μήκος ρίζας των σποροφύτων την 11^η ημέρα καταπόνησης ανά ποικιλία και επίπεδο στρες.

Στήλες που σημαίνονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς κατά Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

Το μήκος ρίζας της δέκατης πέμπτης ημέρας του πειράματος απεικονίζεται στο διάγραμμα 7. Το μήκος της ρίζας των σποροφύτων αυξήθηκε συγκριτικά με την ενδέκατη ημέρα του πειράματος και στις δύο ποικιλίες, σε όλες τις μεταχειρίσεις. Δεν υπήρξε στατιστικώς σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο ποικιλίες. Και σε αυτή τη μέρα της καταγραφής στη Riccia san Marzano το μήκος ρίζας στο μάρτυρα είχε στατιστικώς σημαντικά διαφορά σε σύγκριση με τις μεταχειρίσεις 100, 150 και 200 mM NaCl.

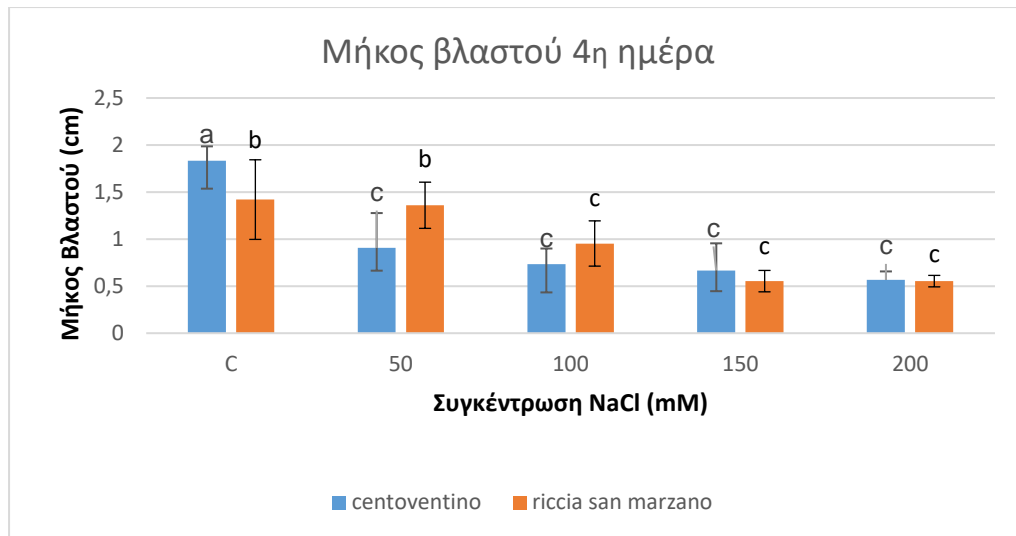


Διάγραμμα 7. Μήκος ρίζας των σποροφύτων την 15^η ημέρα καταπόνησης ανά ποικιλία και επίπεδο στρες.

Στήλες που σημαίνονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς κατά Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

3.1.1.3 Μήκος Βλαστού

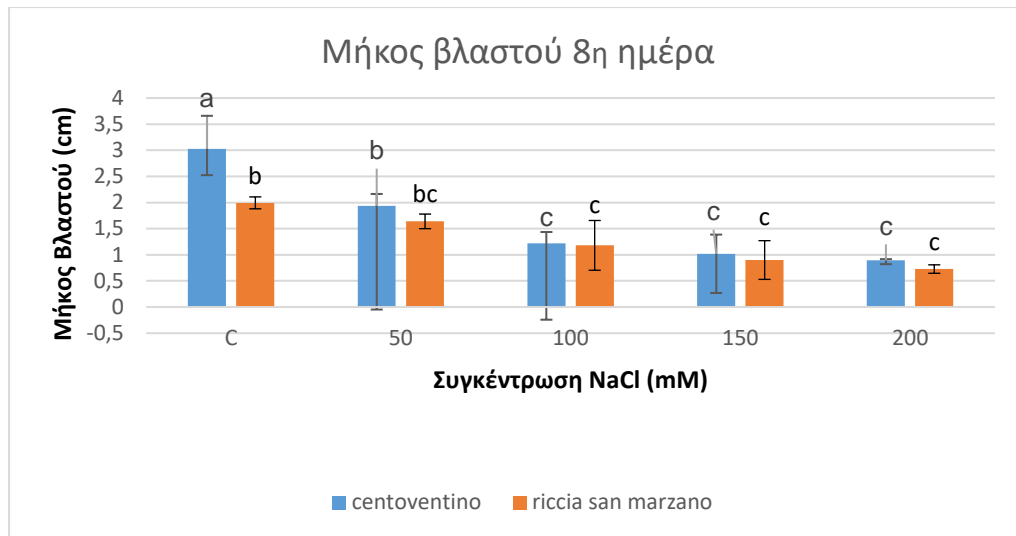
Το παρακάτω διάγραμμα 8 παρουσιάζει το μήκος βλαστού των σποροφύτων την τέταρτη ημέρα του πειράματος. Το μεγαλύτερο μήκος των ποικιλιών βρέθηκε στο μάρτυρα και για τις δύο ποικιλίες. Στατιστικώς σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο ποικιλίες υπήρξε στις μεταχειρίσεις του μάρτυρα και στα 50 mM NaCl. Για την Centoventino παρατηρείται σημαντική στατιστική διαφορά στο μάρτυρα σε σχέση με τις υπόλοιπες συγκεντρώσεις, ενώ το ίδιο ισχύει και για το μάρτυρα και τη μεταχείριση 50 mM NaCl της Riccia san Marzano που διαφέρει σημαντικά από τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις.



Διάγραμμα 8 Μήκος βλαστού των σποροφύτων την 4^η ημέρα καταπόνησης ανά ποικιλία και επίπεδο στρες.

Στήλες που σημαίνονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς κατά Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

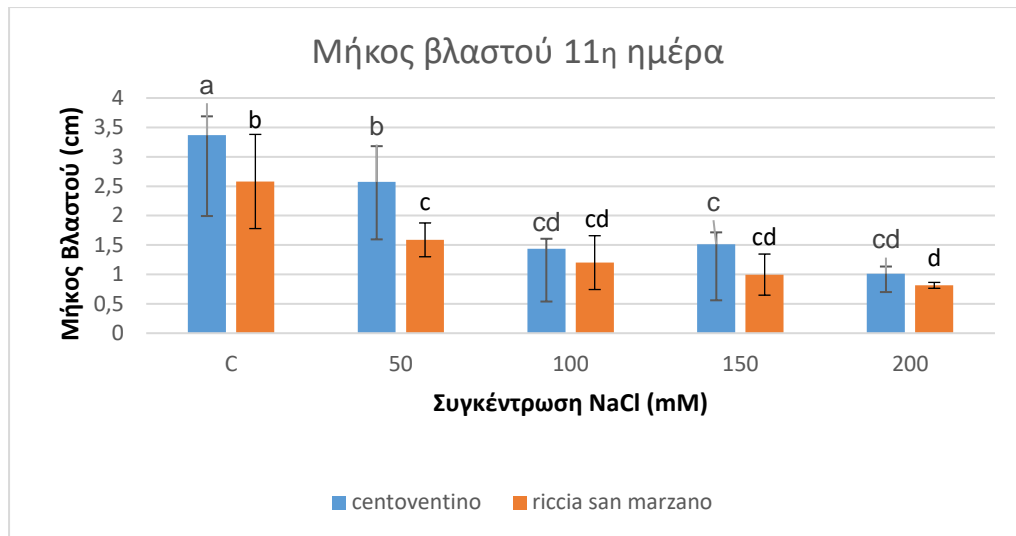
Στο διάγραμμα 9 φαίνεται το μήκος βλαστού την όγδοη ημέρα του πειράματος. Παρατηρείται αύξηση του μήκους σχετικά με την προηγούμενη μέτρηση ενώ υπήρξε στατιστικώς σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο ποικιλίες μόνο στο μάρτυρα. Στη ποικιλία Centoventino παρατηρείται στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ του μάρτυρα και των υπόλοιπων μεταχειρίσεων, καθώς και μεταξύ της μεταχείρισης 50 mM και των υπολοίπων. Η ποικιλία Riccia san Marzano διαφέρει στατιστικώς σημαντικά ο μάρτυρας σε σχέση με τις μεταχειρίσεις 100, 150, 200 mM NaCl.



Διάγραμμα 9. Μήκος βλαστού των σποροφύτων την 8^η ημέρα καταπόνησης ανά ποικιλία και επίπεδο στρες.

Στήλες που σημαίνονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς κατά Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

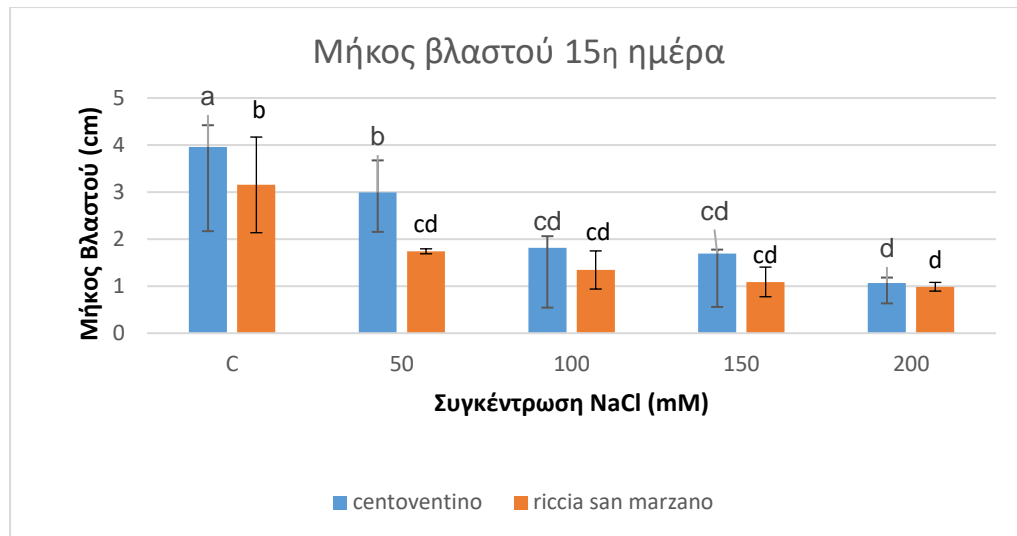
Παρακάτω απεικονίζεται το διάγραμμα 10 που αναφέρεται στο μήκος βλαστού των σποροφύτων την ενδέκατη ημέρα. Παρατηρείται και πάλι αύξηση του μήκους σε όλες τις μεταχειρίσεις και στις δύο ποικιλίες με την Centoventino να έχει μεγαλύτερο μήκος από τη Riccia san Marzano. Στατιστική σημαντικότητα ανάμεσα στις δύο ποικιλίες διαπιστώθηκε στο μάρτυρα και στη μεταχείριση 50 mM NaCl. Το μήκος βλατού του μάρτυρα διέφερε στατιστικώς σημαντικά με όλες τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις και για τις δύο ποικιλίες. Το ίδιο ισχύει αντίστοιχα και με την ποικιλία Riccia san Marzano επίσης για το μάρτυρα του πειράματος. Εντός των μεταχειρίσεων σημαντική διαφορά υπήρξε και για τις δύο ποικιλίες στις συγκεντρώσεις 100,150 και 200 mM NaCl συγκρινόμενη με το μάρτυρα και τα 50 mM NaCl.



Διάγραμμα 10. Μήκος βλαστού των σποροφύτων την 11^η ημέρα καταπόνησης ανά ποικιλία και επίπεδο στρες.

Στήλες που σημαίνονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς κατά Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

Το διάγραμμα 11 απεικονίζει το μήκος βλαστού την δέκατη πέμπτη ημέρα του πειράματος. Στατιστικώς σημαντική διαφορά υπάρχει στο μάρτυρα και στη μεταχείριση 50 mM NaCl ανάμεσα στις δύο ποικιλίες. Για την ποικιλία Centoventino υπήρξε στατιστικώς σημαντική διαφορά ανάμεσα στο μάρτυρα συγκριτικά με τις υπόλοιπες συγκεντρώσεις και αντίστοιχα αυτό ισχύει και με τη μεταχείριση 50 mM NaCl. Για τη Riccia san Marzano υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά ανάμεσα στο μάρτυρα και στις υπόλοιπες μεταχειρίσεις.



Διάγραμμα 11. Μήκος βλαστού των σποροφύτων την 15^η ημέρα καταπόνησης ανά ποικιλία και επίπεδο στρες.

Στήλες που σημαίνονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς κατά Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

3.1.1.4 Δείκτης ευρωστίας

Οι πίνακες 2 και 3 παρουσιάζουν το δείκτη ευρωστίας σπόρου την όγδοη και δέκατη πέμπτη ημέρα του πειράματος αντίστοιχα. Στον πίνακα 1 παρατηρείται ότι στην ποικιλία Centoventino υπήρξε στατιστικώς σημαντική διαφορά ανάμεσα στο μάρτυρα και στις υπόλοιπες μεταχειρίσεις, καθώς και ανάμεσα στη συγκέντρωση 50 mM NaCl και στις υπόλοιπες συγκεντρώσεις. Στη Riccia san Marzano παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στη συγκέντρωση 50 mM NaCl συγκριτικά με τις μεταχειρίσεις 150 και 200 mM. Μεταξύ των δύο ποικιλιών, διαπιστώνεται στατιστικώς σημαντική διαφορά με την Centoventino να έχει μεγαλύτερο δείκτη ευρωστίας. Για τους μέσους όρους των μεταχειρίσεων στατιστικώς σημαντική διαφορά παρατηρείται στο μάρτυρα και στη συγκέντρωση 50 mM σε σύγκριση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις.

Πίνακας 2. Δείκτης Ευρωστίας των σπόρων (SVI) ανά ποικιλία και επίπεδο στρες (συγκέντρωση NaCl) την 8η ημέρα της καταπόνησης αλατότητας.

Ημέρα	Ποικιλίες	Συγκέντρωση NaCl (mM)					Μ.Ο.Ποικ.
		C	50	100	150	200	
8η	Centoventino	3,00 ^a	1,93 ^b	1,22 ^c	1,01 ^{cd}	0,81 ^{cd}	1,59 ^a
	Riccia san Marzano	1,80 ^{bc}	1,37 ^c	0,93 ^{cd}	0,71 ^d	0,51 ^d	1,06 ^b
	Μ.Ο Μετ.	2,4 ^a	1,65 ^b	1,08 ^c	0,86 ^c	0,66 ^c	

Μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς κατά Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

Στη δέκατη πέμπτη μέρα όπως φαίνεται στον πίνακα 3 η Centoventino στη μεταχείριση 200 mM NaCl παρουσιάζει στατιστικώς σημαντική διαφορά συγκριτικά με τις υπόλοιπες συγκεντρώσεις εκτός από αυτή των 150 mM NaCl, έχοντας το μικρότερο δείκτη ευρωστίας. Ενώ για τα φυτά της ποικιλίας Riccia san Marzano διαφορές παρατηρήθηκαν μεταξύ του μάρτυρα και των υπολοίπων μεταχειρίσεων. Ανάμεσα στις δύο ποικιλίες υπήρξε στατιστικώς σημαντική διαφορά με τη Centoventino να έχει μεγαλύτερο δείκτη ευρωστίας σε σύγκριση με τη Riccia san Marzano. Οι συγκεντρώσεις 150 και 200 mM NaCl παρουσίασαν το μικρότερο δείκτη ευρωστίας ο οποίος και διέφερε στατιστικώς σημαντικά συγκριτικά με το μάρτυρα και τη μεταχείριση 50 mM.

Πίνακας 3. Δείκτης Ευρωστίας των σπόρων (SVI) ανά ποικιλία και επίπεδο στρες (συγκέντρωση NaCl) την 15η ημέρα της καταπόνησης αλατότητας.

Ημέρα	Ποικιλίες	Συγκέντρωση NaCl (mM)					Μ.Ο.Ποικ.
		C	50	100	150	200	
15η	Centoventino	3,93 ^a	2,99 ^b	1,81 ^c	1,68 ^{cd}	0,97 ^d	2,28 ^a
	Riccia san Marzano	2,90 ^b	1,32 ^{cd}	1,07 ^{cd}	0,86 ^d	0,69 ^d	1,37 ^b
	Μ.Ο Μετ.	3,42 ^a	2,16 ^b	1,44 ^{bc}	1,27 ^c	0,83 ^c	

Μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς κατά Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

3.1.1.5 Περιεχόμενη υγρασία των σποροφύτων

Στους πίνακες 4 και 5 που ακολουθούν παρουσιάζονται τα ποσοστά της περιεχόμενης υγρασίας των σποροφύτων την όγδοη και δέκατη πέμπτη ημέρα. Η Centoventino δεν

παρουσιάζει στατιστικώς σημαντική διαφορά ανάμεσα στις συγκεντρώσεις, ενώ στη Riccia san Marzano παρατηρείται στατιστικώς σημαντική διαφορά στη συγκέντρωση 50 mM συγκριτικά με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις, η οποία έχει το μεγαλύτερο ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας. Στους μέσους όρους ποικιλιών και συγκεντρώσεων δεν παρατηρείται σημαντική στατιστική διαφορά ανάμεσα στις ποικιλίες και ανάμεσα των ποικιλιών.

Πίνακας 4. Ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας των σποροφύτων (WC %) ανά ποικιλία και επίπεδο στρες (συγκέντρωση NaCl) την 8η ημέρα της καταπόνησης αλατότητας.

Ημέρα	Ποικιλίες	Συγκέντρωση NaCl (mM)					Μ.Ο.Ποικ.
		C	50	100	150	200	
8η							
	Centoventino	6,61 ^b	9,42 ^{ab}	10,2 ^{ab}	7,86 ^b	8,39 ^{ab}	8,49 ^a
	Riccia san Marzano	9,04 ^{ab}	10,52 ^a	7,77 ^b	7,81 ^b	7,29 ^b	8,48 ^a
	Μ.Ο Μετ.	7,83 ^a	9,97 ^a	8,97 ^a	7,83 ^a	7,84 ^a	

Μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς κατά Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

Στον πίνακα 5 το ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας δεν διαφέρει στατιστικώς σημαντικά σε καμία από τις δύο ποικιλίες ούτε μεταξύ των συγκεντρώσεων αλλά ούτε και στους μέσους όρους ποικιλιών και συγκεντρώσεων.

Πίνακας 5. Ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας των σποροφύτων (WC %) ανά ποικιλία και επίπεδο στρες (συγκέντρωση NaCl) την 15η ημέρα της καταπόνησης αλατότητας.

Ημέρα	Ποικιλίες	Συγκέντρωση NaCl (mM)					Μ.Ο.Ποικ.
		C	50	100	150	200	
15η							
	Centoventino	11,88 ^a	14,50 ^a	12,48 ^a	11,1 ^a	18,35 ^a	13,67 ^a
	Riccia san Marzano	11,24 ^a	12,93 ^a	12,1 ^a	10,43 ^a	10,28 ^a	11,39 ^a
	Μ.Ο Μετ.	11,56 ^a	13,71 ^a	12,29 ^a	10,76 ^a	14,31 ^a	

Μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς κατά Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

3.1.1.6 Απορρόφηση νερού σπόρων

Ο πίνακας 6 απεικονίζει το ποσοστό απορρόφησης νερού των σπόρων τη τρίτη ημέρα του πειράματος. Ο μάρτυρας και η συγκέντρωση 50 mM NaCl εμφάνισαν στατιστικώς σημαντική διαφορά με τις συγκεντρώσεις 100 mM και 150 mM, ενώ δεν παρουσιάζεται σημαντική στατιστική διαφορά ανάμεσα στις μεταχειρίσεις για τη Riccia san Marzano. Σχετικά με τους μέσους όρους των ποικιλιών παρατηρείται στατιστικώς σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο ποικιλίες με τη Centoventino να έχει αρκετά μεγαλύτερο ποσοστό από την άλλη ποικιλία.

Πίνακας 6. Ποσοστό απορρόφησης νερού των σπόρων (WU %) ανά ποικιλία και επίπεδο στρες (συγκέντρωση NaCl) την 3η ημέρα καταπόνησης αλατότητας.

Ημέρα	Ποικιλίες	Συγκέντρωση NaCl (mM)					Μ.Ο.Ποικ.
		C	50	100	150	200	
3η	Centoventino	3,31 ^a	3,27 ^a	0,91 ^b	1,3 ^b	2,23 ^{ab}	2,21 ^a
	Riccia san Marzano	0,90 ^b	0,72 ^b	0,43 ^b	0,31 ^b	1,25 ^b	0,72 ^b
	Μ.Ο Μετ.	2,11 ^a	2 ^a	0,67 ^a	0,81 ^a	1,74 ^a	

Μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς κατά Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

Ο πίνακας 7 παρουσιάζει το ποσοστό απορρόφησης νερού την έκτη ημέρα του πειράματος. Η ποικιλία Centoventino παρουσιάζει στατιστικώς σημαντική διαφορά ανάμεσα στις μεταχειρίσεις 50 mM που είχε το μεγαλύτερο ποσοστό απορρόφησης και τις 100, 150, 200 mM. Η Riccia san Marzano δεν παρουσιάζει στατιστικώς σημαντική διαφορά ανάμεσα στις συγκεντρώσεις NaCl. Οι μέσοι όροι των ποικιλιών δεν διέφεραν, ενώ στους μέσους όρους των μεταχειρίσεων ο μάρτυρας και η μεταχείριση 50 mM υπήρξε στατιστικώς σημαντική διαφορά συγκριτικά με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις.

Πίνακας 7. Ποσοστό απορρόφησης νερού των σπόρων (WU %) ανά ποικιλία και επίπεδο στρες (συγκέντρωση NaCl) την 7η ημέρα καταπόνησης αλατότητας.

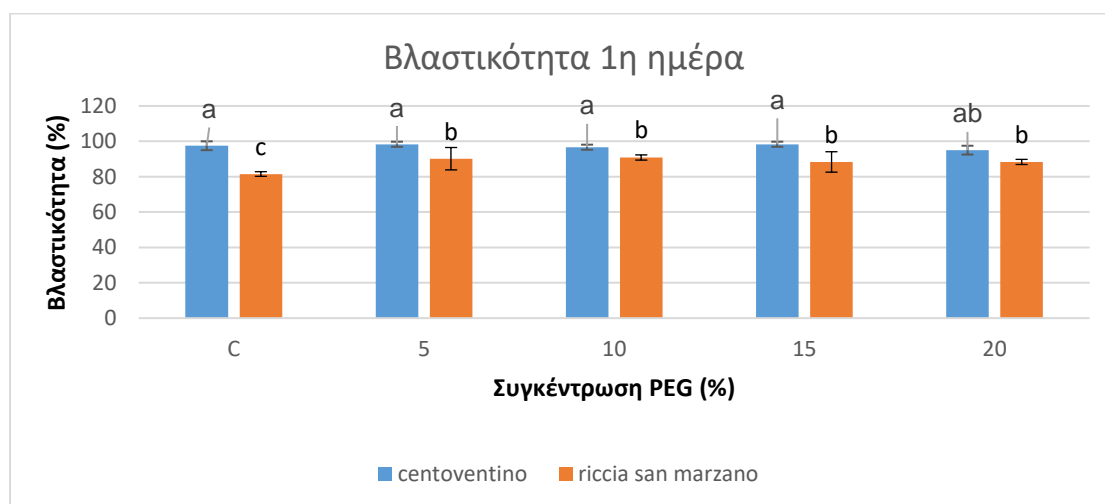
Ημέρα	Ποικιλίες	Συγκέντρωση NaCl (mM)					Μ.Ο.Ποικ.
		C	50	100	150	200	
7η	Centoventino	9,84 ^{ab}	12,78 ^a	6,42 ^b	4,26 ^b	2,26 ^b	7,11 ^a
	Riccia san Marzano	8,14 ^{ab}	9,92 ^{ab}	4,37 ^b	3,43 ^b	2,79 ^b	5,73 ^a
	Μ.Ο Μετ.	8,99 ^{ab}	11,35 ^a	5,39 ^{bc}	3,84 ^c	2,53 ^c	

Μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς κατά Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

3.1.2 Καταπόνηση ξηρασίας

3.1.2.1 Ποσοστό Βλαστικότητας

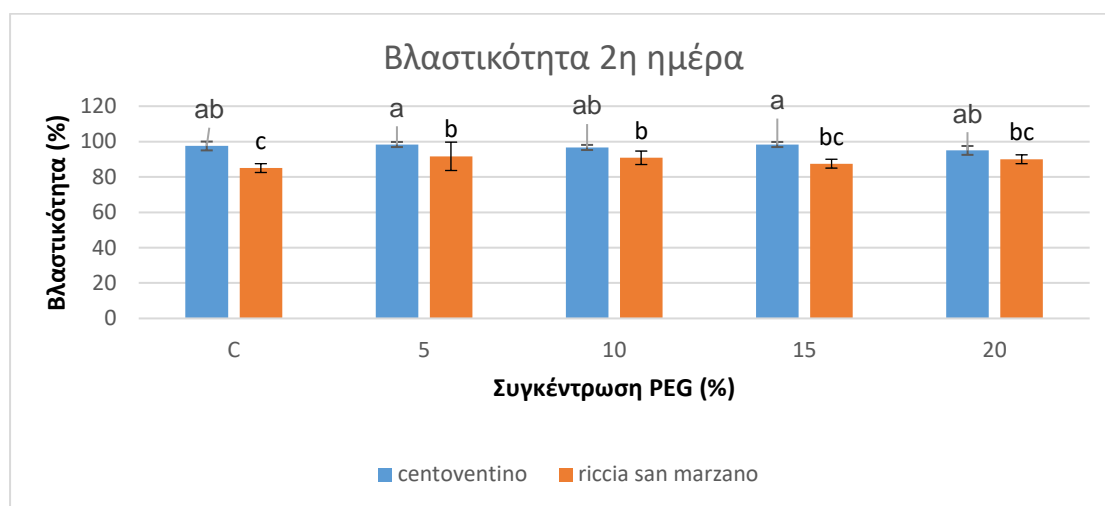
Το διάγραμμα 12 παρουσιάζει τη βλαστικότητα των σποροφύτων την πρώτη ημέρα καταγραφής της βλαστικότητας. Η ποικιλία Centoventino σημείωσε μεγαλύτερα ποσοστά βλαστικότητας από τη Riccia san Marzano με τιμές πάνω από 95% σε όλες τις μεταχειρίσεις. Στατιστικώς σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο ποικιλίες παρατηρήθηκε στο μάρτυρα και στις μεταχειρίσεις 5%, 10%, 15%. Για την ποικιλία Riccia san Marzano ο μάρτυρας εμφανίζει στατιστικώς σημαντική διαφορά σε σύγκριση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις.



Διάγραμμα 12. Ποσοστό βλαστικότητας (GP%) ανά ποικιλία και επίπεδο στρες την 1η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.

Στήλες που σημαίνονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς κατά Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

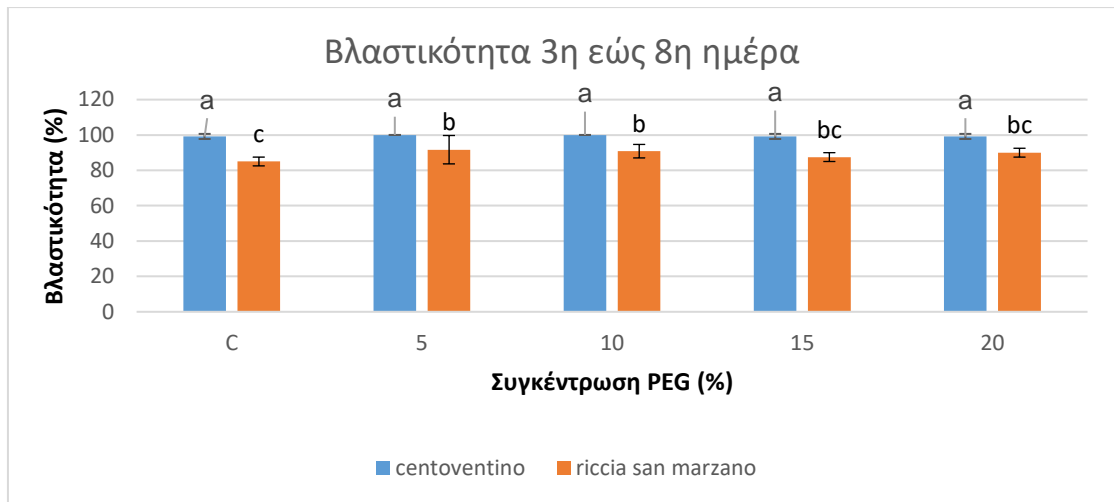
Το διάγραμμα 13 απεικονίζει τη βλαστικότητα τη δεύτερη ημέρα της καταγραφής της βλαστικότητας των σποροφύτων. Στο μάρτυρα και στις μεταχειρίσεις 5% και 15% παρατηρείται στατιστικώς σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο ποικιλίες. Στην ποικιλία Centoventino δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων, ενώ στη Riccia san Marzano υπήρξε διαφορά του μάρτυρα σε σχέση με τις περιεκτικότητες 5% και 10%.



Διάγραμμα 13. Ποσοστό βλαστικότητας (GP%) ανά ποικιλία και επίπεδο στρες την 2η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.

Στήλες που σημαίνονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς κατά Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

Η βλαστικότητα των σποροφύτων από τη τρίτη έως την όγδοη ημέρα παρουσιάζεται στο διάγραμμα 14. Ανάμεσα στις δύο ποικιλίες υπήρξε στατιστικώς σημαντική διαφορά στο μάρτυρα και στις υπόλοιπες μεταχειρίσεις με τη Centoventino να φτάνει σχεδόν το 100% της βλαστικότητας σε όλες τις συγκεντρώσεις PEG. Στατιστικώς σημαντική διαφορά υπήρξε ανάμεσα στο μάρτυρα και στις περιεκτικότητες PEG 5% και 10% της ποικιλίας Riccia san Marzano, ενώ δεν παρατηρείται κάτι αντίστοιχο με την ποικιλία Centoventino.

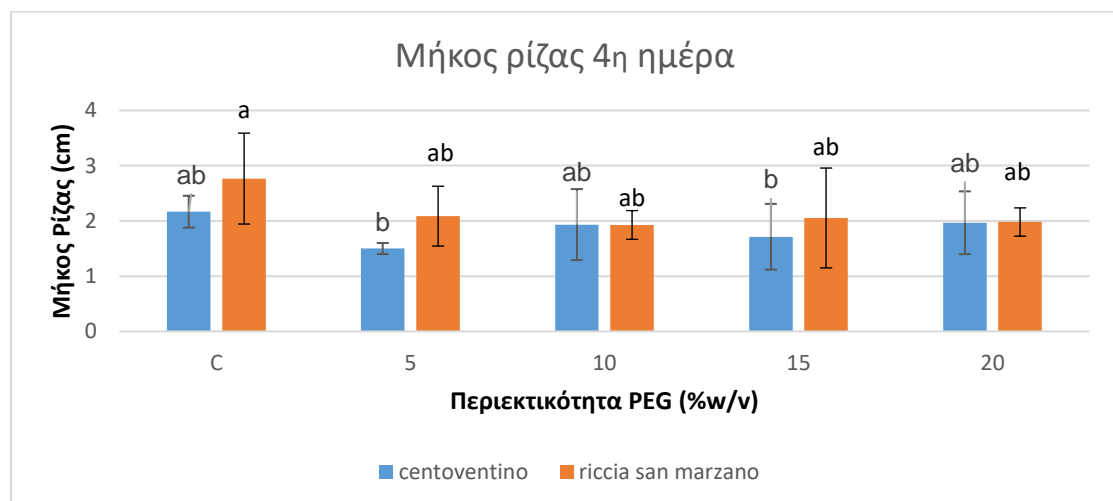


Διάγραμμα 14. Ποσοστό βλαστικότητας (GP%) ανά ποικιλία και επίπεδο στρες την 2η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.

Στήλες που σημαίνονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς κατά Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

3.1.2.2 Μήκος Ρίζας

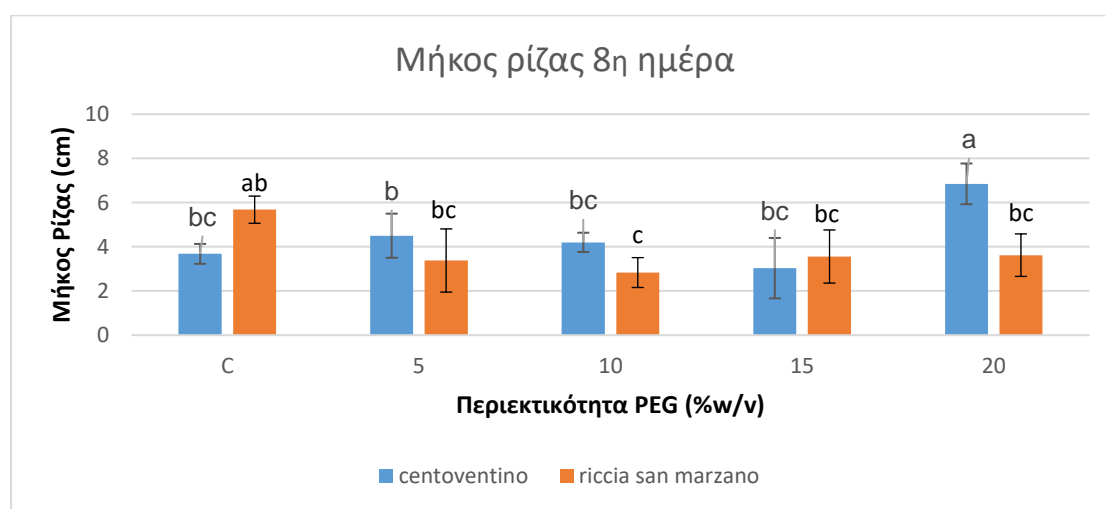
Στο διάγραμμα 15 παρουσιάζεται το μήκος της ρίζας την τέταρτη ημέρα του πειράματος. Σύμφωνα με το διάγραμμα 15 στη Riccia san Marzano καταγράφηκε το μεγαλύτερο μήκος ρίζας σχεδόν σε όλες τις μεταχειρίσεις του πειράματος εκτός της περιεκτικότητας 10% PEG, χωρίς ωστόσο να υπάρχει μεγάλη απόκλιση μεταξύ τους. Ακόμη, δεν παρατηρείται στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των ποικιλιών σε καμία από τις μεταχειρίσεις.



Διάγραμμα 15. Μήκος ρίζας των σποροφύτων την 4^η ημέρα καταπόνησης ανά ποικιλία και επίπεδο στρες σε καταπόνηση ξηρασίας.

Στήλες που σημαίνονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς κατά Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

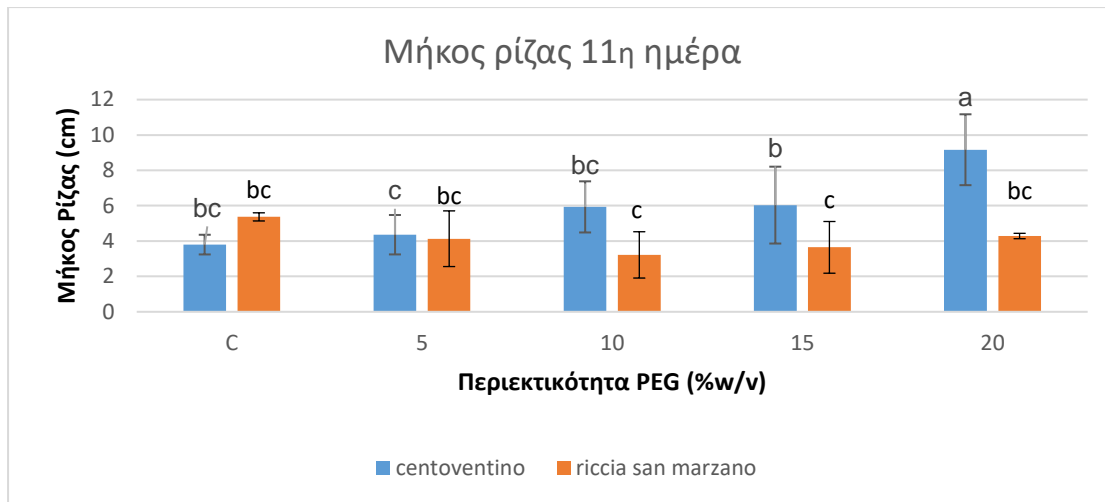
Το μήκος ρίζας των σποροφύτων την όγδοη ημέρα του πειράματος παρουσιάζεται στο διάγραμμα 16, στο οποίο η ποικιλία Centoventino κατέχει το μεγαλύτερο μήκος ρίζας σε σχέση με την Riccia san Marzano στις μεταχειρίσεις 5%, 10%, 20%. Στατιστικώς σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο ποικιλίες εντοπίζεται στην περιεκτικότητα 20% PEG, όπου σημειώνεται και το μεγαλύτερο μήκος ρίζας γενικότερα για τη συγκεκριμένη ημέρα, αλλά και για την ποικιλία Centoventino. Η επίδραση του 20% PEG για την Centoventino υπήρξε στατιστικώς σημαντική συγκριτικά με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις.



Διάγραμμα 16. Μήκος ρίζας των σποροφύτων την 8^η ημέρα καταπόνησης ανά ποικιλία και επίπεδο στρες σε καταπόνηση ξηρασίας.

Στήλες που σημαίνονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς κατά Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

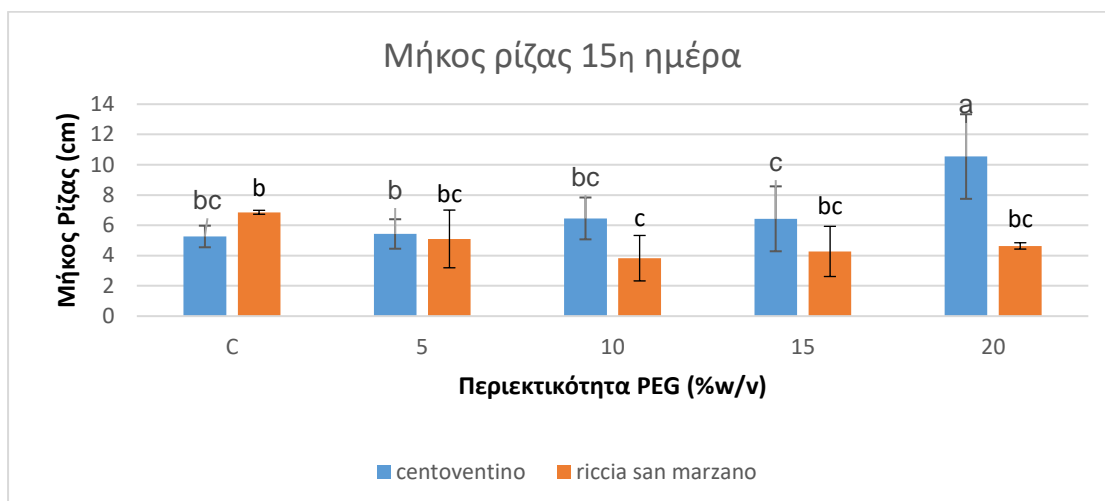
Τα αποτελέσματα του μήκους ρίζας για την ενδέκατη ημέρα παρουσιάζονται στο διάγραμμα 17. Η ποικιλία Centoventino παρουσιάζει στατιστικώς σημαντική διαφορά με τη Riccia san Marzano στις μεταχειρίσεις 15% και 20%, όπου εμφανίζονται και τα μεγαλύτερα μήκη ρίζας της Centoventino για την συγκεκριμένη ημέρα. Στην περιεκτικότητα 20% PEG η Centoventino εμφανίζει στατιστικώς σημαντική διαφορά σε σύγκριση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις.



Διάγραμμα 17. Μήκος ρίζας των σποροφύτων την 11^η ημέρα καταπόνησης ανά ποικιλία και επίπεδο στρες σε καταπόνηση ξηρασίας.

Στήλες που σημαίνονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς κατά Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

Στο διάγραμμα 18 που απεικονίζεται το μήκος των σποροφύτων για τις δύο ποικιλίες την δέκατη πέμπτη ημέρα του πειράματος. Στατιστικώς σημαντική διαφορά παρατηρείται μόνο στη μεταχείριση 20% PEG ανάμεσα στις δύο ποικιλίες με τη Centoventino να έχει το μεγαλύτερο μήκος ρίζας στη συγκεκριμένη μεταχείριση. Επίσης, στη περιεκτικότητα 20% PEG για τη Centoventino υπήρξε στατιστικώς σημαντική διαφορά συγκριτικά με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις.

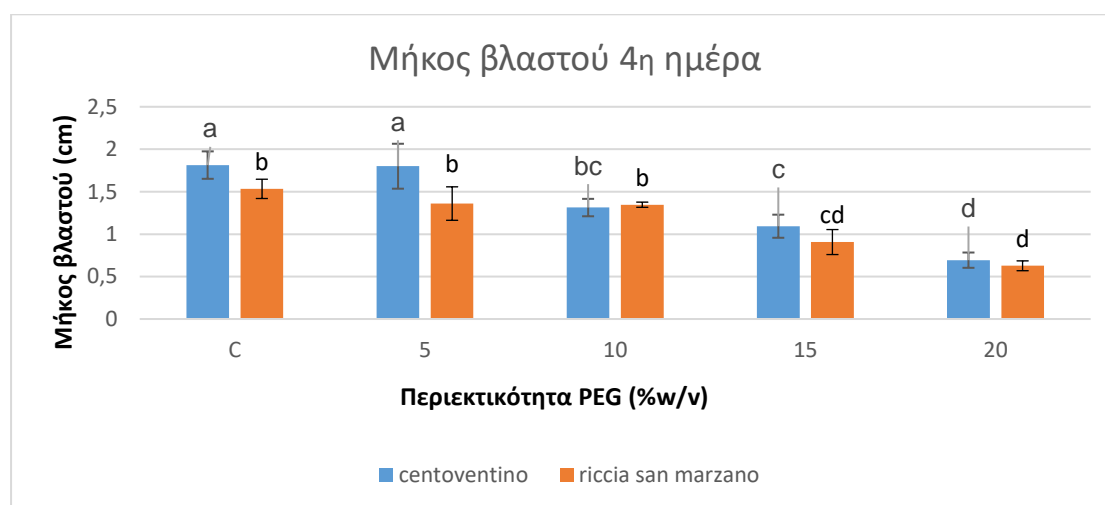


Διάγραμμα 18. Μήκος ρίζας των σποροφύτων την 15^η ημέρα καταπόνησης ανά ποικιλία και επίπεδο στρες σε καταπόνηση ξηρασίας.

Στήλες που σημαίνονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς κατά Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

3.1.2.3 Μήκος Βλαστού

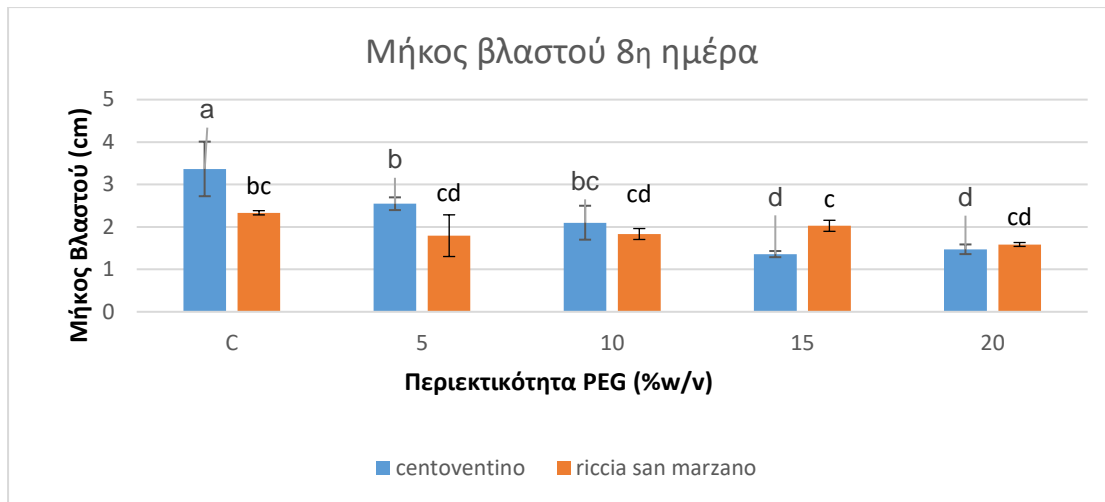
Το μήκος βλαστού σε καταπόνηση ξηρασίας για την τέταρτη ημέρα του πειράματος φαίνεται στον διάγραμμα 19. Παρατηρείται στατιστικώς σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο ποικιλίες στο μάρτυρα και στη μεταχείριση 5% PEG με την ποικιλία Centoventino να έχει μεγαλύτερο μήκος. Η δυσμενής επίδραση της περιεκτικότητας 20% PEG υπήρξε στατιστικώς σημαντική συγκριτικά με όλες τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις για την Centoventino, ενώ για τη Riccia san Marzano συγκριτικά με το μάρτυρα και τις συγκεντρώσεις 5% και 10% PEG.



Διάγραμμα 19. Μήκος βλαστού των σποροφύτων την 4^η ημέρα καταπόνησης ανά ποικιλία και επίπεδο στρες.

Στήλες που σημαίνονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς κατά Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

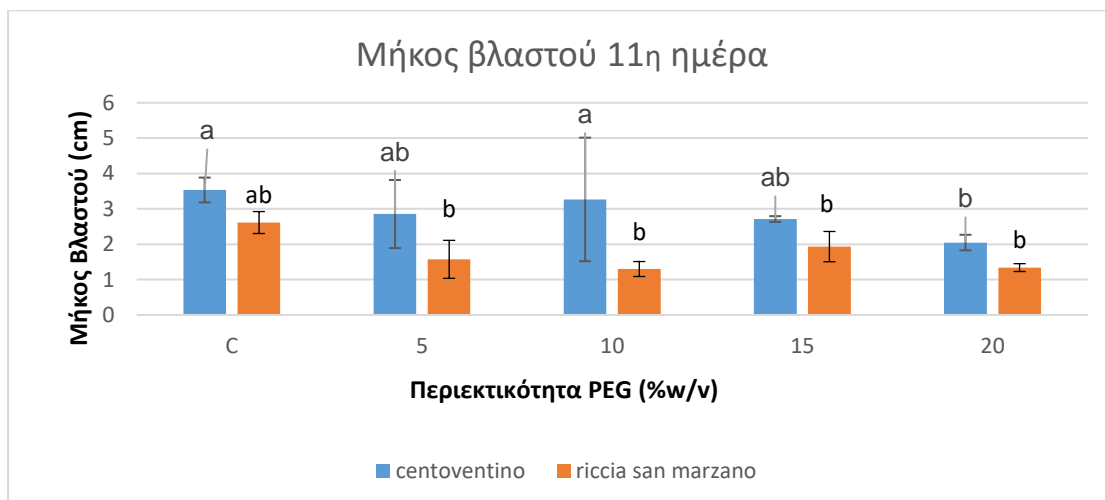
Στο διάγραμμα 20 παρουσιάζεται το μήκος του βλαστού για την όγδοη ημέρα του πειράματος. Παρατηρείται αύξηση του μήκους βλαστού σε σχέση με την προηγούμενη ημέρα με τη Centoventino να έχει καλύτερη ανάπτυξη βλαστού στο μάρτυρα και στις μεταχειρίσεις 5% και 10%. Ανάμεσα στις δύο ποικιλίες στατιστικώς σημαντική διαφορά υπήρξε στο μάρτυρα και στις περιεκτικότητες 5% και 15% PEG. Στις μεταχειρίσεις 15% και 20% υπήρξε στατιστικώς σημαντική διαφορά συγκριτικά με τις υπόλοιπες περιεκτικότητες PEG για τη Centoventino.



Διάγραμμα 20. Μήκος βλαστού των σποροφύτων την 8^η ημέρα καταπόνησης ανά ποικιλία και επίπεδο στρες.

Στήλες που σημαίνονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς κατά Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

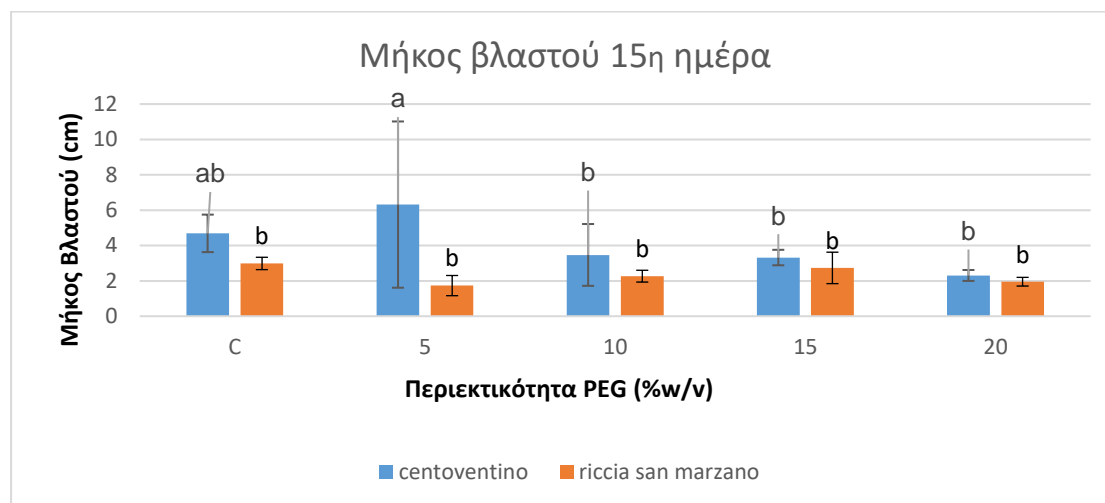
Στο διάγραμμα 21 παρουσιάζεται το μήκος βλαστού των σποροφύτων την ενδέκατη ημέρα του πειράματος. Στατιστικώς σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο ποικιλίες παρατηρείται στη μεταχείριση 10% PEG με την Centoventino να έχει μεγαλύτερο μήκος βλαστού από τη Riccia san Marzano. Στην περιεκτικότητα 20% PEG για την ποικιλία Centoventino υπήρξε στατιστικώς σημαντική διαφορά με το μάρτυρα και τη μεταχείριση 10% PEG.



Διάγραμμα 21. Μήκος βλαστού των σποροφύτων την 11^η ημέρα καταπόνησης ανά ποικιλία και επίπεδο στρες.

Στήλες που σημαίνονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς κατά Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

Το μήκος βλαστού της δέκατης πέμπτης ημέρας παρουσιάζεται στο διάγραμμα 22. Στατιστικώς σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο ποικιλίες υπήρξε στη μεταχείριση 5% PEG με τη Centoventino να έχει μεγαλύτερο μήκος από αυτό της Riccia san Marzano. Η μεταχείριση 5% της Centoventino διαφέρει επίσης στατιστικώς σημαντικά και με τις περιεκτικότητες 10%, 15% και 20% PEG.



Διάγραμμα 22. Μήκος βλαστού των σποροφύτων την 11^η ημέρα καταπόνησης ανά ποικιλία και επίπεδο στρες.

Στήλες που σημαίνονται με το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς κατά Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

3.1.2.4 Δείκτης ευρωστίας

Οι παρακάτω πίνακες 8 και 9 παρουσιάζουν το δείκτη ευρωστίας σπόρου την όγδοη και δέκατη πέμπτη ημέρα του πειράματος. Την όγδοη ημέρα παρατηρείται στη Centoventino στατιστικώς σημαντική διαφορά ανάμεσα σε όλες τις περιεκτικότητες PEG, ενώ η Riccia san Marzano παρουσιάζει στατιστικώς σημαντική διαφορά ο μάρτυρας σε σύγκριση με όλες τις μεταχειρίσεις καθώς και η περιεκτικότητα 20% PEG συγκρινόμενη με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Στους μέσους όρους ποικιλιών εμφανίζεται σημαντική στατιστική διαφορά με τη Centoventino να έχει μεγαλύτερο δείκτη ευρωστίας σπόρων. Στους μέσους όρους μεταχειρίσεων στατιστικώς σημαντική διαφορά παρατηρείται στις μεταχειρίσεις 15 και 20% συγκριτικά με το μάρτυρα και τη μεταχείριση 5%.

Πίνακας 8. Δείκτης Ευρωστίας των σπόρων (SVI) ανά ποικιλία και επίπεδο στρες (περιεκτικότητα PEG) την 8η ημέρα της καταπόνησης ξηρασίας.

Ημέρα	Ποικιλίες	Περιεκτικότητα (% w/v) PEG					Μ.Ο. Ποικ.
		C	5	10	15	20	
8η							
	Centoventino	3,35 ^a	2,55 ^b	2,1 ^{cd}	1,35 ^f	1,46 ^f	2,1 ^a
	Riccia san Marzano	1,98 ^d	1,67 ^e	1,66 ^e	1,77 ^e	1,42 ^f	1,70 ^b
	Μ.Ο Μετ.	2,66 ^a	2,10 ^b	1,88 ^{bc}	1,56 ^c	1,44 ^c	

Μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς κατά Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

Την δέκατη πέμπτη ημέρα παρατηρήθηκε στην Centoventino στατιστικώς σημαντική διαφορά στη μεταχείριση 5% PEG συγκριτικά με τις υπόλοιπες περιεκτικότητες, όπου ήταν και ο μεγαλύτερος δείκτης ευρωστίας, ενώ στη Riccia san Marzano δεν παρατηρείται στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων. Στους μέσους όρους των ποικιλιών υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά σε αντίθεση με τους μέσους όρους των μεταχειρίσεων όπου δεν υπήρξε διαφορά.

Πίνακας 9. Δείκτης Ευρωστίας των σπόρων (SVI) ανά ποικιλία και επίπεδο στρες (περιεκτικότητα PEG) την 15η ημέρα της καταπόνησης ξηρασίας.

Ημέρα	Ποικιλίες	Περιεκτικότητα (% w/v) PEG					Μ.Ο. Ποικ.
		C	5	10	15	20	
15η							
	Centoventino	4,64 ^b	6,31 ^a	3,47 ^{bc}	3,3 ^{bc}	2,29 ^c	4,0 ^a
	Riccia san Marzano	2,53 ^c	1,60 ^c	2,05 ^c	2,38 ^c	1,76 ^c	2,06 ^b
	Μ.Ο Μετ.	3,59 ^a	3,96 ^a	2,76 ^a	2,84 ^a	2,02 ^a	

Μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς κατά Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

3.1.2.5 Περιεχόμενη υγρασία

Οι πίνακες 10 και 11 απεικονίζουν το ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας των σποροφύτων την όγδοη και δέκατη πέμπτη ημέρα αντίστοιχα. Στην όγδοη ημέρα η ποικιλία Centoventino παρουσίασε στατιστικώς σημαντική διαφορά στις περιεκτικότητες 10%, 15% και 20% σε σύγκριση με το μάρτυρα και τη μεταχείριση 5%, ενώ στην Riccia san Marzano δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων. Μεταξύ των ποικιλιών υπήρξε στατιστικώς σημαντική διαφορά στο μάρτυρα και στις περιεκτικότητες 5 και 10%. Μεταξύ των μεταχειρίσεων οι περιεκτικότητες 15% και 20% παρουσίασαν στατιστικώς σημαντική διαφορά με το μάρτυρα και τη μεταχείριση 5%.

Πίνακας 10. Ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας των σποροφύτων (WC %) ανά ποικιλία και επίπεδο στρες (περιεκτικότητα PEG) την 8η ημέρα της καταπόνησης ξηρασίας.

Ημέρα	Ποικιλίες	Περιεκτικότητα (% w/v) PEG					Μ.Ο. Ποικ.
		C	5	10	15	20	
8η	Centoventino	11,33 ^a	11,47 ^a	8,73 ^b	7,14 ^{bc}	8,37 ^{bc}	1,49 ^a
	Riccia san Marzano	8,04 ^{bc}	7,23 ^{bc}	6,5 ^c	6,35 ^c	5,49 ^c	6,72 ^a
	Μ.Ο Μετ.	9,68 ^a	9,35 ^a	7,61 ^{ab}	6,75 ^b	6,92 ^b	

Μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς κατά Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

Τη δέκατη πέμπτη ημέρα η ποικιλία Centoventino δεν παρουσίασε στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ενώ στη Riccia san Marzano μόνο η στη περιεκτικότητα 5% PEG υπήρξε στατιστικώς σημαντική διαφορά με τις υπόλοιπες περιεκτικότητες, καθώς ήταν και το μεγαλύτερο ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας. Στους μέσους όρους των δύο ποικιλιών και μεταχειρίσεων δεν εντοπίστηκαν σημαντικές στατιστικές διαφορές.

Πίνακας 11. Ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας των σποροφύτων (WC %) ανά ποικιλία και επίπεδο στρες (περιεκτικότητα PEG) την 15η ημέρα της καταπόνησης ξηρασίας.

Ημέρα	Ποικιλίες	Περιεκτικότητα (% w/v) PEG					Μ.Ο. Ποικ.
		C	5	10	15	20	
15η							
	Centoventino	13,98 ^{ab}	11,77 ^{ab}	10,65 ^b	9,72 ^b	8,79 ^b	10,98 ^a
	Riccia san Marzano	10,54 ^b	20,87 ^a	8,08 ^b	6,88 ^b	7,35 ^b	10,74 ^a
	Μ.Ο Μετ.	12,26 ^a	16,32 ^a	9,36 ^a	8,30 ^a	8,07 ^a	

Μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς κατά Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

3.1.2.6 Απορρόφηση νερού

Στους πίνακες 12 και 13 παρουσιάζεται το ποσοστό απορρόφησης νερού των σπόρων την τρίτη και έβδομη ημέρα του πειράματος αντίστοιχα. Την τρίτη ημέρα δεν παρατηρείται καμία στατιστικώς σημαντική διαφορά σε καμία από τις περιεκτικότητες PEG τόσο της Centoventino, όσο και της Riccia san Marzano. Το ίδιο ισχύει και για τους μέσους όρους ποικιλιών και μεταχειρίσεων.

Πίνακας 12. Ποσοστό απορρόφησης νερού των σπόρων (WU %) ανά ποικιλία και επίπεδο στρες (περιεκτικότητα PEG) την 3η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.

Ημέρα	Ποικιλίες	Περιεκτικότητα (% w/v) PEG					Μ.Ο. Ποικ.
		C	5	10	15	20	
3η							
	Centoventino	2,33 ^a	1,88 ^a	1,84 ^a	1,08 ^a	1,63 ^a	1,75 ^a
	Riccia san Marzano	2,64 ^a	1,60 ^a	0,90 ^a	1,88 ^a	1,9 ^a	1,78 ^a
	Μ.Ο Μετ.	2,48 ^a	1,74 ^a	1,37 ^a	1,48 ^a	1,76 ^a	

Μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς κατά Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

Την έβδομη ημέρα η ποικιλία Centoventino παρουσίασε στατιστικώς σημαντική διαφορά ανάμεσα στη μεταχείριση 5% και στις μεταχειρίσεις 10, 15, 20% με τη περιεκτικότητα 5% PEG να έχει το μεγαλύτερο ποσοστό απορρόφησης νερού. Δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά ανάμεσα στις περιεκτικότητες PEG της Riccia san Marzano, καθώς και στους μέσους όρους ποικιλιών και μεταχειρίσεων.

Πίνακας 13. Ποσοστό απορρόφησης νερού των σπόρων (WU %) ανά ποικιλία και επίπεδο στρες (περιεκτικότητα PEG) την 7η ημέρα καταπόνησης ξηρασίας.

Ημέρα	Ποικιλίες	Περιεκτικότητα (% w/v) PEG					Μ.Ο. Ποικ.
		C	5	10	15	20	
7η							
	Centoventino	11,44 ^{ab}	20,84 ^a	6,17 ^b	4,48 ^b	3,99 ^b	9,39 ^a
	Riccia san Marzano	11,50 ^{ab}	8,39 ^{ab}	5,86 ^b	4,38 ^b	3,81 ^b	6,79 ^a
	Μ.Ο Μετ.	11,47 ^a	14,62 ^a	6,02 ^a	4,43 ^a	3,90 ^a	

Μέσοι όροι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς κατά Tukey για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 Συμπεράσματα

4.1.1 Καταπόνηση αλατότητας

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προέκυψαν βάσει των μετρήσεων που πάρθηκαν για την αξιολόγηση των πιθανών επιπτώσεων της αλατότητας διαπιστώθηκε ότι σε πολλές περιπτώσεις η επίδραση αυτής ήταν ανάλογη του επιπέδου καταπόνησης. Εξακριβώθηκε ότι η καταπόνηση της αλατότητας επιδρά αρνητικά στη βλάστηση και ανάπτυξη των σποροφύτων. Ωστόσο, η ποικιλία Centoventino έδειξε να ανταποκρίνεται καλύτερα από ότι η ποικιλία Riccia san Marzano, αυτό προκύπτει από τις μετρήσεις που αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 3.

Συγκεκριμένα, όσον αφορά τη βλαστικότητα των σποροφύτων την έβδομη ημέρα της καταμέτρησης παρατηρήθηκε ότι η ποικιλία Centoventino δεν επηρεάστηκε από την καταπόνηση της αλατότητας με αυτή να αγγίζει σχεδόν το ποσοστό του 100% σε όλες σχεδόν τις μεταχειρίσεις, εκτός της συγκέντρωσης 200 mM NaCl. Σε αντίθεση, η ποικιλία Riccia san Marzano δεν σημείωσε τόσο υψηλά ποσοστά όσο η άλλη ποικιλία. Τα ποσοστά βλαστικότητας μειώνονταν καθώς αυξάνονταν το επίπεδο καταπόνησης. Ωστόσο και στην υψηλότερη συγκέντρωση η βλαστικότητα έφθασε περίπου στο 65%. Σύμφωνα με τους Almansouri *et al.* (2001), σε ποικιλίες σκληρού σιταριού επηρεάστηκε αρνητικά το ποσοστό βλαστικότητας όταν η βλάστηση έγινε σε υψηλές συγκεντρώσεις NaCl, το ίδιο παρατηρήθηκε και σε πειράματα μαρουλιού (Nasri *et al.*, 2015).

Το μήκος ρίζας και των δύο ποικιλιών επηρεάστηκε από την αλατότητα με την Riccia san Marzano να είναι ευαίσθητη εμφανώς περισσότερο από τη Centoventino. Η Centoventino είχε σχεδόν σταθερό μήκος με μικρές διαφορές ανάμεσα στις μεταχειρίσεις, με τη συγκέντρωση 50 mM NaCl το μήκος να είναι ελαφρώς μεγαλύτερο. Η Riccia san Marzano παρουσίασε υψηλό μήκος στο μάρτυρα σε σύγκριση με τη Centoventino ενώ στις υπόλοιπες συγκεντρώσεις το μήκος της ρίζας της ήταν μικρότερο. Η μεγαλύτερη διαφορά μεταξύ των ποικιλιών εντοπίζεται στη συγκέντρωση 100 mM NaCl. Για το υπό μελέτη χαρακτηριστικό υπήρξε ξεκάθαρη αρνητική επίδραση της συγκέντρωσης NaCl στη ποικιλία Riccia san Marzano.

Το μήκος βλαστού επηρεάστηκε σημαντικά και στις δύο ποικιλίες από την καταπόνηση αλατότητας. Η αρνητική επίδραση στο υπό μελέτη χαρακτηριστικό και στις δύο ποικιλίες εντοπίστηκε ακόμα και από τη χαμηλότερη συγκέντρωση 50 mM NaCl. Ωστόσο στην παραπάνω συγκέντρωση η ποικιλία Centoventino αν και επηρεάστηκε εμφάνισε μία υπεροχή.

Σύμφωνα με τους Al-Maskri *et al.* (2010) και Nasri *et al.* (2015) διαπιστώθηκε η αρνητική επίδραση της καταπόνησης αλατότητας στο μήκος ρίζας και μήκος βλαστού σε αντίστοιχα πειράματα στο μαρούλι με την μείωση του μήκους να είναι ανάλογη του επιπέδου καταπόνησης. Ωστόσο το μήκος βλαστού δεν εμφάνισε μεγάλη διακύμανση στις παραπάνω μελέτες.

Η τιμή του δείκτη ευρωστίας των σποροφύτων και στις δύο ποικιλίες μειώθηκε καθώς αυξάνονταν το επίπεδο καταπόνησης. Το αποτέλεσμα αυτό συνάδει και με πειράματα που έγιναν στα φυτά του φασιολιού και σόργου από τους Cokkizgin (2012) και Kandil *et al.*, (2012) αντίστοιχα. Η ποικιλία Centoventino εμφάνισε μεγαλύτερη τιμή του ανωτέρω δείκτη από τη Riccia san Marzano σε όλες τις μεταχειρίσεις.

Σχετικά με τις παρατηρήσεις για το ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας των σποροφύτων η ποικιλία Centoventino εμφάνισε μεγαλύτερο ποσοστό από ότι η Riccia san Marzano. Συγκεκριμένα, η Centoventino κατά τη δέκατη πέμπτη ημέρα παρουσίασε τη μεγαλύτερη περιεχόμενη υγρασία στη μεταχείριση 200 mM από όλες τις άλλες συγκεντρώσεις συμπεριλαμβανομένου και του μάρτυρα. Αντίθετα η Riccia san Marzano παρουσίασε το μεγαλύτερο ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας στη μεταχείριση 50 mM NaCl σε σχεδόν ίδια επίπεδα με το μάρτυρα και το υπό μελέτη χαρακτηριστικό για την παραπάνω ποικιλία μειώνονταν καθώς αυξάνονταν η συγκέντρωση του NaCl. Σε σχετικό πείραμα στο ρύζι το ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας ήταν αντιστρόφως ανάλογο με τη συγκέντρωση NaCl, δηλαδή όσο μεγαλύτερη ήταν η συγκέντρωση NaCl τόσο μικρότερη ήταν η περιεχόμενη υγρασία (Polash *et al.*, 2018). Οι Datta *et al.*, (2009) αναφέρουν επίσης μείωση της περιεχόμενης βιομάζας και του μήκους ρίζας και βλαστού με την αύξηση της συγκέντρωσης της αλατότητας.

Σύμφωνα με το ποσοστό απορρόφησης νερού των σπόρων η ποικιλία Centoventino σε σύγκριση με την ποικιλία Riccia san Marzano παρουσίασε μεγαλύτερη απορρόφηση. Συγκεκριμένα η Centoventino, εμφάνισε τη μεγαλύτερη απορρόφηση

με μεγάλη διαφορά από τις υπόλοιπες συγκεντρώσεις στη μεταχείριση 50 mM NaCl, το ίδιο ίσχυε και με την Riccia san Marzano στην ίδια μεταχείριση. Σε πείραμα φακής που διεξήχθη το ποσοστό απορρόφησης νερού ήταν ανάλογο του επιπέδου καταπόνησης με τη χαμηλότερη τιμή να βρίσκεται στη μεταχείριση 200 mM NaCl σε σύγκριση με το μάρτυρα (Foti *et al.*, 2019).

Το μπρόκολο θεωρείται μετρίως έως και ανθεκτικό φυτό στην αλατότητα, αν και αυτό εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η θερμοκρασία (Zaghdoud *et al.*, 2012). Στο συγκεκριμένο πείραμα η ποικιλία Centoventino ανταποκρίθηκε καλύτερα στην αλατότητα από τη Riccia san Marzano ωστόσο και οι δύο ποικιλίες εμφανίσθηκαν ευαίσθητες στις υψηλές συγκεντρώσεις NaCl.

4.1.2 Καταπόνηση ξηρασίας

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προέκυψαν βάσει των μετρήσεων που πάρθηκαν για την αξιολόγηση των επιπτώσεων της ξηρασίας διαπιστώθηκε ότι σε πολλές περιπτώσεις η αρνητική επίδραση αυτής ήταν ανάλογη του επιπέδου καταπόνησης. Εξακριβώθηκε ότι η καταπόνηση της ξηρασία σε πολλές περιπτώσεις επιδρά αρνητικά στην βλάστηση και ανάπτυξη των σποροφύτων.

Η βλαστικότητα για τις δύο ποικιλίες όσον αφορά την καταπόνηση της ξηρασίας ήταν αρκετά υψηλή. Η Centoventino παρουσίασε μεγαλύτερη βλαστικότητα απ' ότι η Riccia san Marzano με τα ποσοστά να αγγίζουν το 100%. Η Riccia san Marzano, ωστόσο, παρά το γεγονός ότι είχε μικρότερα ποσοστά από την παραπάνω ποικιλία παρατηρήθηκε ότι οι μεταχειρίσεις καταπόνησης εμφάνισαν μεγαλύτερη βλαστικότητα σε σύγκριση με το μάρτυρα. Παρόμοιο πείραμα σε υβρίδια καλαμποκιού έδειξε πτώση του ποσοστού βλαστικότητας όσο η συγκέντρωση PEG αυξανόταν (Khayatnezhad *et al.*, 2010), το ίδιο διαπιστώθηκε και από τους Hardegree και Emmerich (1993).

Όσον αφορά το μήκος ρίζας η ποικιλία Centoventino ανταποκρίθηκε αρκετά καλά σε όλες τις μεταχειρίσεις σε σύγκριση με το μάρτυρα με τη περιεκτικότητα 20% PEG να παρουσιάζει το μεγαλύτερο μήκος ρίζας σε σύγκριση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις και το μάρτυρα. Η Riccia san Marzano είχε παρόμοιες τιμές σε όλες τις περιεκτικότητες PEG με το μάρτυρα να παρουσιάζει το μεγαλύτερο μήκος. Στο υπό

μελέτη χαρακτηριστικό η επίδραση των μεταχειρίσεων δεν υπήρξε ιδιαίτερος αρνητική στη ποικιλία Riccia san Marzano αλλά έδειξε την υπεροχή της Centoventino της οποίας το μήκος ρίζας αυξήθηκε με την αύξηση της περιεκτικότητας PEG.

Η μείωση του μήκους βλαστού της Centoventino ήταν ανάλογη του επιπέδου καταπόνησης με εξαίρεση τη μεταχείριση 5% PEG όπου τα σπορόφυτα της ανωτέρω ποικιλίας παρουσίασαν το μεγαλύτερο μήκος. Στη συγκεκριμένη μεταχείριση η ποικιλία Riccia san Marzano είχε το χαμηλότερο μήκος. Σύμφωνα με τους Muscolo *et al.*, (2013) τα μήκη ρίζας και βλαστού μειώθηκαν καθώς αυξάνονταν η περιεκτικότητα σε PEG και ειδικότερα με την πάροδο του χρόνου. Σε αντίστοιχο πείραμα σε σπορόφυτα φακής παρατηρήθηκε μείωση των μηκών της ρίζας και του βλαστού με την αύξηση της περιεκτικότητας σε PEG (Foti *et al.*, 2018).

Ο δείκτης ευρωστίας των σπόρων ήταν μεγαλύτερος στη Centoventino απ' ότι στην ποικιλία Riccia san Marzano. Ο δείκτης ευρωστίας της ποικιλία Centoventino σε σύγκριση με το μάρτυρα ήταν αρκετά αυξημένος στη μεταχείριση 5% PEG, ενώ στη μεταχείριση 20% PEG ο δείκτης μειώθηκε σημαντικά σε σύγκριση με όλες τις μεταχειρίσεις και το μάρτυρα. Ο δείκτης ευρωστίας δείχνει και πάλι μία υπεροχή της ποικιλίας Centoventino σε ότι αφορά την καταπόνηση ξηρασίας. Ωστόσο στις υψηλές περιεκτικότητες δεν υφίσταται αυτή η υπεροχή. Οι Koskosidis *et al.* (2020) σε παρόμοιο πείραμα σε σπορόφυτα ρεβιθιού, αναφέρουν αρκετά υψηλό δείκτη ευρωστίας στις διάφορες καταπονήσεις PEG σε σύγκριση με το μάρτυρα.

Η περιεχόμενη υγρασία ανάμεσα στις δύο ποικιλίες δεν είχε αισθητή διαφορά. Στη Centoventino η περιεχόμενη υγρασία ήταν αντιστρόφως ανάλογη του επιπέδου καταπόνησης χωρίς να υπάρχει μεγάλη απόκλιση από το μάρτυρα. Το ίδιο παρατηρήθηκε και στη Riccia san Marzano με εξαίρεση τη μεταχείριση 5% PEG όπου καταμετρήθηκε η μεγάλη τιμή σε σύγκριση με το μάρτυρα και τις υπόλοιπες συγκεντρώσεις. Οι Foti *et al.*, 2018 σε παρόμοιο πείραμα αναφέρουν ότι με σπορόφυτα φακής παρατηρήθηκε μείωση της περιεχόμενης υγρασίας όσο αυξανόταν η συγκέντρωση του PEG.

Στην απορρόφηση νερού των σπόρων δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των ποικιλιών με εξαίρεση την περιεκτικότητα 5% PEG όπου η ποικιλία Centoventino σημείωσε αυξημένο ποσοστό σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Τα ποσοστά

απορρόφησης νερού των ποικιλιών μειώνονταν με την αύξηση της περιεκτικότητας σε PEG. Μείωση της περιεχομένης υγρασίας καταγράφηκε και σε παρόμοια πειράματα με διαφορετικές ποικιλίες μαρουλιού (Sorrentino *et al.*, 2020), αλλά και σε πειράματα με φακή (Foti *et al.*, 2018)

Το μπρόκολο είναι ένα ευαίσθητο φυτό σε συνθήκες ξηρασίας (Kim *et al.*, 2020). Από τις δύο ποικιλίες που εξετάστηκαν η Riccia san Marzano αποδείχθηκε πιο ευαίσθητη απ' ό,τι η Centoventino. Ωστόσο σε υψηλά επίπεδα καταπόνησης και οι δύο ποικιλίες αποδείχθηκαν ευαίσθητες.

Η ποικιλία Centoventino βρέθηκε ως η πιο ανθεκτική ποικιλία εκ των δύο που εξετάστηκαν τόσο στην καταπόνηση της αλατότητας όσο και στην καταπόνηση της ξηρασίας. Αυτό δίνει στην ανωτέρω ποικιλία ένα πλεονέκτημα καθώς ενώ έχει το διπλάσιο βιολογικό κύκλο από ότι η Riccia san Marzano μπορεί να αποτελέσει επιλογή για περιοχές με προβλήματα αλατότητας ή ξηρασίας.

Η αξιολόγηση των σπόρων και των σποροφύτων έγινε σε πρώιμο αναπτυξιακό στάδιο και αυτό δίνει τη δυνατότητα έγκαιρων επιλογών. Επιπλέον υπάρχει ακρίβεια και ομοιόμορφη έκθεση στα επίπεδα καταπόνησης. Σε πειράματα αγρού ενδεχομένως η απόκριση των δύο γονοτύπων να είναι διαφορετική υπό συνθήκες καταπόνησης αφού συνήθως τα φυτά στον αγρό εκτίθενται σε περισσότερες από μία αβιοτικές καταπονήσεις. Θα ήταν σκόπιμη λοιπόν ίσως μία επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων σε πειράματα αγρού με έκθεση των φυτών σε μέτριες καταπονήσεις αφού εκεί φάνηκε ότι υπήρχε διαφορά. Σε αυτή την περίπτωση θα μπορούσαν να μελετηθούν οι επιπτώσεις της καταπόνησης σε αγρονομικά καθώς και σε ποιοτικά χαρακτηριστικά του παραγόμενου προϊόντος.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

Abdallah M.M.-S., Abdelgawad Z.A., El-Bassiouny H.M.S., 2016. Alleviation of the adverse effects of salinity stress using trehalose in two rice varieties. *South African Journal of Botany*, 103: 275-282.

Acosta-Motos J. R., Ortuño M. F., Bernal-Vicente A., Diaz-Vivancos P., Sanchez-Blanco M. J., Hernandez J. A., 2017. Plant Responses to Salt Stress: Adaptive Mechanisms. *Agronomy*.

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

Al-Maskri A., Al-Kharusi L., Al-Miqbali H., Khan M., 2010. Effects of Salinity Stress on Growth of Lettuce (*Lactuca sativa*) under Closed-recycle Nutrient Film Technique. *International Journal of Agriculture & Biology*.

Drew, M.C., 1997. Oxygen Deficiency and Root Metabolism: Injury and Acclimation under Hypoxia and Anoxia. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 48: 223-250. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.arplant.48.1.223>

Fahey JW., 2015. Brassica: Characteristics and Properties. *Encyclopedia of Food and Health*. Elsevier Inc., USA, pp: 469-477

Farooq M., Wahid A., Kobayashi N., Fujita D., Basra S.M.A., 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 29, 185-212.

Ferreira de Sousa C. A., Sodek L., 2002. The metabolic response of plants to oxygen deficiency. *Brazilian Journal of Plant Physiology*. 14(2), 83-94.

Foti C., Khah E., Pavli O., 2018. Response of lentil genotypes under PEG-induced drought stress: effect on germination and growth. *Plant*, 6(4), 75-83

Foti C., Khah E., M., Pavli O., 2019. Germination profiling of lentil genotypes subjected to salinity stress. *Plant Biology*, 21(3), 480-486

Gawlik-Dziki U., Jeżyna M., Świeca M., Dziki D., Baraniak B., Czyż J., 2012. Effect of bioaccessibility of phenolic compounds on in vitro anticancer activity of broccoli sprouts. *Food Research International*, 49, 469-476.

Gheorghe I. F., Ion B., 2011. The Effects of Air Pollutants on Vegetation and the Role of Vegetation in Reducing Atmospheric Pollution. In: Khallaf M. K. (Eds.), *The Impact of Air Pollution on Health, Economy, Environment and Agricultural Sources*. (Ανακτήθηκε από: <https://www.intechopen.com/books/the-impact-of-air-pollution-on-health-economy-environment-and-agricultural-sources/the-effects-of-air-pollutants-on-vegetation-and-the-role-of-vegetation-in-reducing-atmospheric-pollu>)

Giuffrida F., Scuderi D., Giurato R., Leonardi C., 2013. Physiological Response of Broccoli and Cauliflower as Affected by NaCl Salinity. In: F. Branca and A. Tribulato (Eds.). *VI International Symposium on Brassicas and XVIII Crucifer Genetics Workshop*, pp. 435-441.

Gull A., Lone A. A., Wani N. UI I., 2019. Biotic and Abiotic Stresses in Plants. IntechOpen (Ανακτήθηκε από: <https://www.intechopen.com/books/abiotic-and-biotic-stress-in-plants/biotic-and-abiotic-stresses-in-plants>)

Hardegree S.P., Emmerich W.E., 1993. Seed germination response to polyethylene glycol solution depth. *Seed Sci. & Technol.*, 22, 1-7.

Hasanuzzaman M., Kamrun N., Fujita M., 2013. Extreme Temperature Responses, Oxidative Stress and Antioxidant Defense in Plants. *Abiotic Stress - Plant Responses and Applications in Agriculture*,

Hollosoy F., 2002. Effects of ultraviolet radiation on plant cells. *Micron*, 33, 179–197

Khayatnezhad M., Gholamin R., Jamaati-e-Somarin S., Zabihi-e-Mahmoodabad R., 2010. Effects of Peg Stress on Corn Cultivars (*Zea Mays* L.) At Germination Stage. *World Applied Sciences Journal* 11, 5, 504-506

Kim Y., Khan M.A., Kang S., Hamayun M., Lee I., 2020. Enhancement of Drought-Stress Tolerance of *Brassica oleracea* var. *italica* L. by Newly Isolated *Variovorax* sp. YNA59. *Journal of microbiology and biotechnology*, 30: 1500-1509

- Koh E., Wimalasiri K.M.S, Chassy A.W., Mitchell A.E., 2009. Content of ascorbic acid, quercetin, kaempferol and total phenolics in commercial broccoli. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22: 637–643.
- 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.
- Kotuby Amacher J., Koenig R., Boyd K., 2000. Salinity and Plant Tolerance. All Archived Publications, Paper 43
- Latimer J. G., 1990. Drought or Mechanical Stress Affects Broccoli Transplant Growth and Establishment but Not Yield. *HortScience*, 25: 1233-1235.
- Lauchli A., Grattan S.R., 2007. PLANT GROWTH AND DEVELOPMENT UNDER SALINITY STRESS. In: M.A. Jenks *et al.* (Eds.), *Advances in Molecular Breeding Toward Drought and Salt Tolerant Crops*. Springer, pp. 1-32.
- Mbarki S., Sytar O., Cerda A., Zivcak M., Rastogi A., He X., Zoghلامي A., Abdelly C., Brestic M., 2018. Strategies to Mitigate the Salt Stress Effects on Photosynthetic Apparatus and Productivity of Crop Plants. In: Kumar V., Wani S., Suprasanna P., Tran LS. (eds) *Salinity Responses and Tolerance in Plants*, Volume 1.
- McCauley A., Jones C., Jacobsen J., 2011. Plant Nutrient Functions and Deficiency and Toxicity Symptoms. Nutrient Management Module No. 9, University of Montana Extension Office
- Mølmann J. A.B., Steindal A. L.H., Bengtsson G. B., Seljåsen R., Lea P., Skaret J., Johansen T. J., 2015. Effects of temperature and photoperiod on sensory quality and contents of glucosinolates, flavonols and vitamin C in broccoli florets. *Food chemistry*, 172, 47-55.
- Murcia MA., López-Ayerra B., Martínez-Tomé M., Vera AM., García-Carmona F., 2000. Evolution of ascorbic acid and peroxidase during industrial processing of broccoli. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 1882-1886.
- 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*, vol. 9, no. 1, 354-363.

- Nagajyoti P. C., Lee K. D. & Sreekanth T. V. M., 2010. Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 8, 199–216.
- Nasri N., Saïdi I., Kaddour R., Lachaâl M., 2015. Effect of Salinity on Germination Seedling Growth and Acid Phosphatase Activity in Lettuce. *American Journal of Plant Sciences*, 6, 57- 63.
- Nath A., Mandal S., Singh R.K., Deka B.C., Ngachan S.V., 2015. Chapter 4 - Ascorbic Acid, β -Carotene and Antioxidant Activity of Broccoli During Short-Term Refrigerated Storage. *Processing and Impact on Active Components in Food*, pp: 27-34
- Parida A.K., Das A.B., 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60, 324-349.
- Pérez-Clemente R. M., Vicente Vives V., Sara I. Zandalinas S. I., María F. López-Climent M. F., Valeria Muñoz V., Aurelio Gómez-Cadenas A., 2012. *Biotechnological Approaches to Study Plant Responses to Stress*. *BioMed Research International*.
- Radünza M., Dos Santos Hackbart H.C., Pontes Bonab N., Stark Pedrab N., Hoffmanna J.F., Moro Stefanello F., Da Rosa Zavareze E., 2020. Glucosinolates and phenolic compounds rich broccoli extract: Encapsulation by electrospraying and antitumor activity against glial tumor cells. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 192: 11120
- Rios J. J., Agudelo A., Moreno D. A., Carvajal M., 2019. Growing broccoli under salinity: the influence of cultivar and season on glucosinolates content. *Plant Physiology and Biochemistry*, vol. 77, no 6.
- Rodriguez M., Canales E., Barras-Hidalgo O., 2005. Molecular aspects of abiotic stress in plants. *Biotecnología Aplicada*, 22, 1-10.
- Sorrentino M., Colla G., Rouphael Y., Panzarová K., Trtílek M., 2020. Lettuce reaction to drought stress: automated high-throughput phenotyping of plant growth and photosynthetic performance. *Acta Horticulturae*, 1268, 133-142.

Wang W., Vinocur B., Altman A., 2003. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta*, 218, 1-14.

Xu Z., Zhou G., Shimizu H., 2010. Plant responses to drought and rewatering. *Plant Signaling & Behavior*, 649-654 (Ανακτήθηκε από: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.4161/psb.5.6.11398?needAccess=true>)

Zaghoud C., Alcaraz-López C., Mota-Cadenas C., Martínez-Ballesta M., Moreno D. A., Ferchichi A., Carvajal M., 2012. Differential Responses of Two Broccoli (*Brassica oleracea* L. var *Italica*) Cultivars to Salinity and Nutritional Quality Improvement. *The Scientific World Journal*.

Zuk-Golaszewska K., Upadhyaya M.K., Golaszewski J., 2003. The effect of UV-B radiation on plant growth and development. *Plant soil environment*, 49: 135-140.

Ελληνική βιβλιογραφία

Καραμπουρνιώτης, Γ.Α., Λιακόπουλος, Γ., Νικολόπουλος, Δ., 2012. Φυσιολογία Καταπονήσεων των Φυτών. Οι λειτουργίες των φυτών κάτω από αντίξοες συνθήκες του περιβάλλοντος. Εκδόσεις ΕΜΒΡΥΟ, Αθήνα.

Μήτσιος Ι. Κ., 2001. Εδαφολογία. Εκδόσεις Ζυμε1, Αθήνα.

Χα Ι. Α., Πετρόπουλος Σ., 2014. Γενική Λαχανοκομία & Υπαίθρια Καλλιέργεια Λαχανικών. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος.

Simpson M. G., 2017. Συστηματική των Φυτών. Εκδόσεις Utopia, Αθήνα.

Αναφορά σε website

Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018. FAOSTAT database.

<http://www.fao.org/faostat/> (Πρόσβαση στις 5 Ιανουαρίου 2021).