



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ**  
**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ**  
**ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ**

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ**  
**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΣΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ**  
**ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΩΝ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ ΦΡΑΟΥΛΑΣ**



**ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΝΟΜΙΚΟΥ**

**Επιβλέπων:** Βασίλειος Παπασωτηρόπουλος, Αναπλ. Καθηγητής

**ΑΜΑΛΙΑΔΑ 2020**



*Αφιερωμένο σε όλους όσους προσπάθησαν,  
πίστεψαν, λύγισαν αλλά τελικά τα κατάφεραν*

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	5
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	7
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ .....	9
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	10
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	12
1.1 Γενικά.....	12
1.2 Ταξινόμηση-Μορφολογία .....	13
1.3 Καλλιέργεια στην Ελλάδα.....	15
1.4 Ποικιλίες φράουλας.....	16
1.5 Οργάνωση γονιδιώματος φράουλας.....	17
1.6 Συνθήκες καλλιέργειας.....	17
1.7 Έδαφος .....	17
1.8 Φωτοπερίοδος.....	18
1.9 Αλατότητα.....	18
1.9.1 Παρουσία υψηλής αλατότητας .....	19
1.9.2 Αποτελέσματα λόγω καταπόνησης υπό συνθήκες αλατότητας.....	19
1.9.3 Αλόφυτα και γλυκόφυτα.....	20
1.9.4 Αντιμετώπιση συνθηκών αλατότητας από τα φυτά.....	20
1.9.5 Φυτά που επιλέγουν την στρατηγική .....	21
1.9.6 Προσδιορισμός παραμέτρων που σχετίζονται με την αλατότητα.....	21
1.9.7 Αλατότητα στην καλλιέργεια της φράουλας .....	21
1.10 Σκοπός της παρούσας εργασίας .....	23
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ .....	24
2.1 Τόπος διεξαγωγής του πειράματος.....	24
2.2 Φυτικό υλικό και φύτευση .....	24



2.3	Πειραματικό σχέδιο.....	26
2.4	Καταπόνηση υπό συνθήκες αλατότητας .....	27
2.5	Δειγματοληψία .....	28
2.5.1	Καρποί .....	28
2.5.2	Δειγματοληψία φύλλων και ριζών .....	30
2.6	Μεθοδολογία μετρήσεων-αναλύσεων.....	33
2.6.1	Καρποί .....	33
2.6.2	Κατάταξη καρπών σε κατηγορίες EXTRA, I και II.....	33
2.6.3	Προετοιμασία δειγμάτων για αναλύσεις.....	34
2.6.4	Μέτρηση περιεκτικότητας των καρπών σε ολικά διαλυτά στερεά συστατικά	35
2.6.5	Μέτρηση pH στο χυμό των καρπών .....	35
2.6.6	Ολική ογκομετρούμενη οξύτητα.....	36
2.6.7	Εκχύλιση και ανάλυση διαλυτών σακχάρων .....	36
2.6.8	Δεδομένα μικροκλίματος και υγρασίας εδάφους.....	37
2.7	Στατιστική ανάλυση .....	40
3.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	41
3.1	Ποικιλία A10.....	41
3.2	Ποικιλία Camarosa.....	52
3.3	Αποτελέσματα μετρήσεων παραμέτρων μικροκλίματος θερμοκηπίου και υγρασίας εδάφους	63
4.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	67
4.1	Ποικιλία A10.....	67
4.2	Ποικιλία Camarosa.....	69
4.3	Σύγκριση των δύο γονοτύπων .....	71
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	75



## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

*Με την ολοκλήρωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω αρχικά, τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Βασίλη Παπασωτηρόπουλο για την στήριξη και τις πολύτιμες συμβουλές του κατά τη διάρκεια τόσο της πειραματικής, όσο και της συγγραφικής διαδικασίας.*

*Ιδιαίτερα θερμές ευχαριστίες και στην Δρ. Νικολέτα-Κλειώ Δεναζά, για τις ευκαιρίες και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας και της οποίας οι συμβουλές και η καθοδήγησή με βοήθησαν να φτάσω ως εδώ.*

*Ευχαριστίες οφείλονται και στην εταιρεία Berryplasma World LLC από την Βάρδα Ηλείας η οποία μας προμήθευσε με το φυτικό υλικό για τις ανάγκες του πειράματος.*

*Ένα μεγάλο ευχαριστώ από καρδιάς, στην συμφοιτήτριά και συνάδελφο μου κα. Μαρία Σκοτάδη για την αμέριστη στήριξη και την πολύτιμη βοήθεια που μου πρόσφερε από την αρχή μέχρι και το τέλος αυτής της πτυχιακής εργασίας.*

*Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους μου εντός και εκτός πανεπιστημίου, καθώς και την οικογένειά μου, που με στήριξε σε αυτήν μου την προσπάθεια και με βοήθησε να ολοκληρώσω με επιτυχία αυτόν τον κύκλο των σπουδών μου.*

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η φράουλα (*Fragaria x ananassa*. Duch) καλλιεργείται εδώ και χιλιάδες χρόνια για τους εύγευστους καρπούς της, υπάγεται στην οικογένεια ροδιδών (Rosaceae), στο γένος *Fragaria*. Ο καρπός της αποτελεί ένα από τα πιο δημοφιλή ανοιξιάτικα-καλοκαιρινά φρούτα παγκοσμίως, το οποίο χαρακτηρίζεται από μοναδική γεύση και ιδιαίτερο άρωμα με μεγάλη εμπορική και εξαγωγική αξία. Η καλλιέργεια της στη χώρα μας ξεκίνησε το 1970 στην Βόρεια Ελλάδα (Πιερία) και από εκεί διαδόθηκε σε άλλα μέρη της Ελλάδας. Οι κυρίαρχες ποικιλίες που καλλιεργούνται στην χώρα μας είναι οι: Camarosa, Fortuna, Ventana, Candonga, Sabrina, Benicia και τελευταία η Victory με την πρώτη να είναι η βασική που όμως υποκαθίσταται από τις υπόλοιπες και κυρίως τη δεύτερη τα τελευταία χρόνια.

Σκοπός της παρούσας εργασίας, ήταν η μελέτη της επίδρασης της αλατότητας, στην ανάπτυξη των φυτών καθώς και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών δύο διαφορετικών γονοτύπων φράουλας, σε συνδυασμό με την καταγραφή των μικροκλιματικών συνθηκών εντός του θερμοκηπίου και ιδιαίτερα αυτών που σχετίζονται με την προσρόφηση νερού από τα φυτά υπό συνθήκες αλατότητας.

Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 198 φυτά, 99 από την ποικιλία Camarosa και 99 από το γονότυπο προχωρημένου σταδίου επιλογής A10 τα οποία προμηθευτήκαμε από την BerryPlasma World LLC. Ακολουθήθηκε πειραματική διάταξη με βάση το σχέδιο Τυχαιοποιημένων Πλήρων Ομάδων (ΤΠΟ), όπου εφαρμόστηκαν διαφορετικοί χειρισμοί με νερό άρδευσης αυξημένης αλατότητας. Ο ένας χειρισμός περιλάμβανε νερό άρδευσης με ηλεκτρική αγωγιμότητα  $2 \text{ dS m}^{-1}$  ενώ ο δεύτερος  $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ . Στο μάρτυρα το νερό άρδευσης προήλθε από το αστικό δίκτυο. Τα φυτά κάθε ποικιλίας χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες των 33 φυτών. Η κάθε ομάδα φυτών αποτελούνταν από τρεις επαναλήψεις με έντεκα φυτά σε κάθε επανάληψη. Η έναρξη καταπόνησης ξεκίνησε 65 μέρες μετά την φύτευση, αφού τα φυτά είχαν αναπτύξει αρκετή φυλλική επιφάνεια. Πραγματοποιήθηκαν συνολικά 3 δειγματοληψίες καρπών σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα εντός των οποίων πραγματοποιήθηκαν αρκετές συγκομιδές. Η κάθε δειγματοληψία διαρκούσε περίπου έναν μήνα. Η πρώτη συγκομιδή έγινε 23 Φεβρουαρίου 2019 και η τελευταία 17 Απριλίου 2019. Κατά τη δειγματοληψία λαμβάνονταν όλοι οι πλήρως ώριμοι καρποί ανά φυτό. Οι μετρήσεις έλαβαν χώρα αμέσως μετά την συγκομιδή και πριν την αποθήκευση των καρπών. Αυτές αφορούσαν το βάρος, τη διάμετρο και το μήκος του καρπού, όπως επίσης και την ολική

παραγωγή. Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν μετά την ολοκλήρωση των δειγματοληψιών αφορούσαν τα ολικά διαλυτά στερεά, την ολική ογκομετρούμενη οξύτητα, το pH και την περιεκτικότητα των καρπών σε διαλυτά σάκχαρα.

Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων έγινε με την ανάλυση διασποράς (ANOVA) με παράγοντες τις επεμβάσεις αλατότητας, σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών μέσων του Tukey's HSD, σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=0,05$ . Με βάση τα αποτελέσματα, η ποικιλία Camarosa φαίνεται να είναι λιγότερο ανθεκτική στην αλατότητα από την A10, όσον αφορά την ολική παραγωγή καθώς και την μέση παραγωγή ανά φυτό, σε όλους τους χειρισμούς. Στην περίπτωση των ολικών διαλυτών στερεών, παρατηρείται υψηλότερη συγκέντρωση αυτών στην επέμβαση των  $3,5 \text{ dS m}^{-1}$  στην ποικιλία Camarosa, εν αντιθέσει με την ποικιλία A10 στην οποία η συγκέντρωση των ολικών διαλυτών στερεών είναι υψηλότερη στον μάρτυρα. Τέλος, η ποιότητα των καρπών του μάρτυρα και για τις δύο ποικιλίες υπερέχει, χωρίς όμως η στατιστική διαφορά από τις άλλες δύο επεμβάσεις να είναι σημαντική, ενώ και στις δυο ποικιλίες η άρδευση με διάλυμα  $3,5 \text{ dS m}^{-1}$  επηρεάζει αρνητικά την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος.

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Στάδια ανάπτυξης καρπού φράουλας	12
Εικόνα 2: Άνθος Φραουλιάς	14
Εικόνα 3: Καρποί και άνθη φραουλιάς	14
Εικόνα 4: Στάδια ωρίμανσης του καρπού	15
Εικόνα 5: Καρποί λίγο πριν το τελικό στάδιο ωρίμανσης	15
Εικόνα 6: Φυτά φράουλας πριν την φύτευση (δεξιά: Camarosa, αριστερά: A10)	24
Εικόνα 7: Φύτευση φυτών φράουλας στο θερμοκήπιο	25
Εικόνα 8: Αισθητήρες καταγραφής μικροκλίματος και εδαφικής υγρασίας	26
Εικόνα 9: Φυτά φράουλας αμέσως μετά τη φύτευση	26
Εικόνα 10: Τυχαιοποίηση φυτών στο θερμοκήπιο	27
Εικόνα 11: Χρήση αγωγιμόμετρου για μέτρηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας πριν το πότισμα	28
Εικόνα 12: Ενδείξεις αγωγιμομέτρου	28
Εικόνα 13: Καρποί ποικιλίας Camarosa	29
Εικόνα 14: Καρποί ποικιλίας A10	29
Εικόνα 15: Σύγκριση καρπών των δύο ποικιλιών (αριστερά η A10 και δεξιά η Camarosa)	30
Εικόνα 16: Φύλλο καταγραφής	31
Εικόνα 17: Έκπλυση ριζών με νερό βρύσης	32
Εικόνα 18: Ζύγιση νωπού βάρους υπέργειου μέρους	32
Εικόνα 19: Καταγραφή βάρους υπογείων και υπέργειων τμημάτων των φυτών (α)	32
Εικόνα 20: Καταγραφή βάρους υπογείων και υπέργειων τμημάτων των φυτών (β)	32
Εικόνα 21: Χρήση ζυγού για τη μέτρηση του βάρους των καρπών	33
Εικόνα 22: Χρήση ψηφιακού παχυμέτρου για τον καθορισμό της διαμέτρου των καρπών	33
Εικόνα 23: Ψηφιακό διαθλασίμετρο HI 96801 του οίκου HANNA	35
Εικόνα 24: Πεχάμετρο Consort C5010	36
Εικόνα 25: Σύνθετος αισθητήρας θερμοκρασίας αέρα, σχετικής υγρασίας και βαρομετρικής πίεσης μαζί με πυρανόμετρο	38
Εικόνα 26: Πυρανόμετρο	38
Εικόνα 27: Λήψη δεδομένων από το καταγραφικό	39
Εικόνα 28: Αισθητήρας υγρασίας τύπου EC-5	39

Εικόνα 29: Αισθητήρες υγρασίας τύπου EC-5 και καταγραφικό	39
Εικόνα 30: Αισθητήρας UMP1-BTPLUS	40
Εικόνα 31: Αισθητήρας τύπου UMP1-BTPLUS σε φυτό φράουλας	40
Εικόνα 32: Υπέργειο και υπόγειο μέρος ποικιλίας A10	45
Εικόνα 33: Σημάδια αλατότητας στην ποικιλία A10 (από δεξιά προς αριστερά: Μάρτυρας, 2 dS m <sup>-1</sup> , 3,5 dS m <sup>-1</sup> )	48
Εικόνα 34: Σημάδια αλατότητας στην ποικιλία A10 (από δεξιά προς αριστερά: Μάρτυρας, 2 dS m <sup>-1</sup> , 3,5 dS m <sup>-1</sup> )	49
Εικόνα 35: Προσβολή από βοτρυτή	51
Εικόνα 36: Προσβολή ωιδίου	51
Εικόνα 37: Προσβολή από τετράνυχο	52
Εικόνα 38: Υπέργειο και υπόγειο μέρος φυτού ποικιλίας Camarosa	56
Εικόνα 39: Σημάδια αλατότητας στην ποικιλία Camarosa (από δεξιά προς αριστερά: Μάρτυρας, 2 dS m <sup>-1</sup> , 3,5 dS m <sup>-1</sup> )	59
Εικόνα 40: Σημάδια αλατότητας στην ποικιλία Camarosa (από δεξιά προς αριστερά: Μάρτυρας, 2 dS m <sup>-1</sup> , 3,5 dS m <sup>-1</sup> )	60
Εικόνα 41: Προσβολή από ωίδιο	62
Εικόνα 42: Προσβολή από τετράνυχο	62
Εικόνα 43: Άποψη του θερμοκηπίου από Βορά προς Νότο	66
Εικόνα 44: Νοτιοανατολική άποψη του θερμοκηπίου	66
Εικόνα 45: Συμπτώματα αλατότητας σε φυτά της ποικιλίας A10 (από δεξιά προς αριστερά: Μάρτυρας, 2 dS m <sup>-1</sup> , 3,5 dS m <sup>-1</sup> )	68
Εικόνα 46: Συμπτώματα αλατότητας σε φυτά της ποικιλίας Camarosa (κάτω: Μάρτυρας, πάνω δεξιά: 2 dS m <sup>-1</sup> , πάνω αριστερά 3,5 dS m <sup>-1</sup> )	70
Εικόνα 47 Η καλλιέργεια την τελευταία μέρα του πειράματος	73
Εικόνα 48 Πρώτος καρπός του πειράματος	74
Εικόνα 49 Τελευταίος καρπός του πειράματος	74

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 1: Μέσος όρος φύλλων ανά φυτό στην ποικιλία A10, τις πρώτες έξι εβδομάδες καλλιέργειας .....	46
Γράφημα 2: Μέσος όρος ανάπτυξης ανθέων ανά φυτό στην ποικιλία A10, τις πρώτες έξι εβδομάδες καλλιέργειας .....	46
Γράφημα 3 Απεικόνιση εξέλιξης συμπτωμάτων αλατότητας στα φυτά φράουλας της ποικιλίας A10 .....	47
Γράφημα 4: Μέσος όρος φύλλων ανά φυτό στην ποικιλία Camarosa, τις πρώτες έξι εβδομάδες καλλιέργειας .....	57
Γράφημα 5: Μέσος όρος ανθέων ανά φυτό στην ποικιλία Camarosa, τις πρώτες έξι εβδομάδες καλλιέργειας .....	58
Γράφημα 6: Απεικόνιση εξέλιξης συμπτωμάτων αλατότητας στα φυτά φράουλας της ποικιλίας Camarosa .....	59
Γράφημα 7: Απεικόνιση διακύμανσης της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου .....	63
Γράφημα 8: Απεικόνιση διακύμανσης της μέσης ημερήσιας σχετικής υγρασίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου.....	64
Γράφημα 9: Απεικόνιση διακύμανσης της μέσης ημερήσιας ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου.....	64
Γράφημα 10: Απεικόνιση διακύμανσης της εδαφικής υγρασίας στους τρεις διαφορετικούς χειρισμούς της ποικιλίας Camarosa .....	65



## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Επίδραση της αλατότητας στο pH, τα ολικά διαλυτά στερεά (ΟΔΣ) και την ολική ογκομετρούμενη οξύτητα (ΟΟΟ) στους καρπούς φράουλας της ποικιλίας A10.....	41
Πίνακας 2: Επίδραση της εφαρμογής αλατότητας στα φυσιολογικά χαρακτηριστικά των καρπών της ποικιλίας A10. ....	42
Πίνακας 3: Επίδραση της εφαρμογής αλατότητας στα εμπορικά χαρακτηριστικά των καρπών (κατηγορίες extra, I και II, εκφρασμένα σε ποσοστό %) στην ολική παραγωγή/φυτό (g) και στην ολική παραγωγή (Kg) στην ποικιλία A10. ....	43
Πίνακας 4: Επίδραση της εφαρμογής αλατότητας στο νωπό και ξηρό βάρος της ρίζας της ποικιλίας A10. ....	43
Πίνακας 5: Επίδραση της εφαρμογής αλατότητας στο νωπό και ξηρό βάρος του βλαστού της ποικιλίας A10. ....	44
Πίνακας 6: Επίδραση της εφαρμογής αλατότητας στο νωπό και ξηρό βάρος του βλαστού της ποικιλίας A10. ....	44
Πίνακας 7: Ποσοστό (%) φυτών φράουλας της ποικιλίας A10 που παρουσίασαν συμπτώματα αλατότητας στην πορεία καλλιέργειας.....	47
Πίνακας 8: Εμφάνιση εχθρών και ασθενειών στα φυτά φράουλας της ποικιλίας A10.50	
Πίνακας 9: Επίδραση της αλατότητας στο pH, τα ολικά διαλυτά στερεά (ΟΔΣ) και την ολική ογκομετρούμενη οξύτητα (ΟΟΟ) στους καρπούς φράουλας της ποικιλίας Camarosa.52	
Πίνακας 10: Επίδραση της εφαρμογής αλατότητας στα φυσιολογικά χαρακτηριστικά των καρπών της ποικιλίας Camarosa. ....	54
Πίνακας 11: Επίδραση της εφαρμογής αλατότητας στα εμπορικά χαρακτηριστικά των καρπών (κατηγορίες extra, I και II, εκφρασμένα σε ποσοστό %) στην ολική παραγωγή/φυτό (g) και στην ολική παραγωγή (Kg) στην ποικιλία Camarosa. ....	54
Πίνακας 12: Επίδραση της εφαρμογής αλατότητας στο νωπό και ξηρό βάρος της ρίζας της ποικιλίας Camarosa. ....	55
Πίνακας 13: Επίδραση της εφαρμογής αλατότητας στο νωπό και ξηρό βάρος του βλαστού της ποικιλίας Camarosa. ....	55
Πίνακας 14: Επίδραση της εφαρμογής αλατότητας στο νωπό και ξηρό βάρος του βλαστού της ποικιλίας Camarosa. ....	56
Πίνακας 15: Ποσοστό (%) φυτών φράουλας της ποικιλίας Camarosa που παρουσίασαν συμπτώματα αλατότητας στην πορεία καλλιέργειας. ....	58

Πίνακας 16: Εμφάνιση εχθρών και ασθενειών στα φυτά φράουλας της ποικιλίας Camarosa.  
..... 61

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Γενικά

Η φράουλα (*Fragaria x ananassa*, Duth) καλλιεργείται εδώ και χιλιάδες χρόνια για τους εύγεστους καρπούς της, υπάγεται στην οικογένεια ροδιδών (Rosaceae), στο γένος *Fragaria*. Η ονομασία της προέρχεται από το λατινικό *fragrans* που σημαίνει άρωμα, το οποίο χαρακτηρίζει έντονα τους καρπούς της (Κανάκης,2004). Κατά πάσα πιθανότητα η καταγωγή της είναι από τη Χιλή. Ο καρπός της είναι πλούσιος σε βιταμίνη C και αντιοξειδωτικά και αποτελεί ένα από τα πιο δημοφιλή ανοιξιάρικα-καλοκαιρινά φρούτα παγκοσμίως, το οποίο χαρακτηρίζεται από μοναδική γεύση και ιδιαίτερο άρωμα (Velickova et al., 2013).



**Εικόνα 1: Στάδια ανάπτυξης καρπού φράουλας**

Στην Ευρώπη η συστηματική καλλιέργεια της φράουλας άρχισε μόλις τον 14ο αιώνα μ.Χ στη Γαλλία, με ποικιλίες φυτών του είδους *Fragaria vesca* (Κανάκης, 2004). Οι

περισσότερες φράουλες ανήκουν σε 12 είδη με ευρεία ποικιλομορφία. Η καλλιεργούμενη φράουλα είναι ένα αλλοπολυπλοειδές (οκταπλοειδές) που έχει προέλθει από διασταύρωση άγριων αμερικάνικων ειδών του *F. chiloensis* και του *F. virginiana* (Yuan et al. 2019).

## 1.2 Ταξινόμηση-Μορφολογία

Η φράουλα είναι ένα αγγειόσπερμο, δικότυλο φυτό που ανήκει στο γένος *Fragaria* της οικογένειας Rosaceae, με επιστημονική ονομασία *Fragaria x ananassa*. Συναντάται ως έρπον φυτό και ως πόα, καθώς και ως μονοετές ή πολυετές φυτό. Όσον αναφορά τις ποικιλίες, οι πολυπλοειδείς ποικιλίες της φράουλας είναι όλες τρίοικες, δηλαδή απαντώνται θηλυκά, αρσενικά και ερμαφρόδιτα φυτά (Ahmadi et al., 1991). Αντίθετα οι διπλοειδείς ποικιλίες είναι μόνικες με ερμαφρόδιτα άνθη, με μοναδική εξαίρεση το είδος *F. vesca*, (αγριοφράουλα), η οποία είναι δίοικη με ερμαφρόδιτα και θηλυκά φυτά (Ahmadi et al. 1991).

Το ύψος του φυτού είναι 15-20 cm και η διάμετρος 20-40 cm. Τα φυτά διαθέτουν στόλωνες που ριζοβολούν, δηλαδή βραχίονες του κύριου βλαστού που είναι λεπτοί και εύκαμπτοι και όταν αγγίζουν το έδαφος αναπτύσσουν ρίζα. Οι στόλωνες έχουν την ιδιότητα να υποστηρίζουν το μητρικό φυτό όταν οι ρίζες αποκοπούν, διατηρώντας την παροχή νερού και την μεταφορά θρεπτικών συστατικών. Τα φύλλα της φράουλας είναι σύνθετα και αποτελούνται από τρία έως πέντε φυλλάρια, με διάρκεια ζωής από 1 έως και 3 μήνες (Νάνος, 2011). Οι οφθαλμοί της φράουλας διακρίνονται σε κορυφαίους και σε πλάγιους. Οι κορυφαίοι οφθαλμοί εξελίσσονται το φθινόπωρο σε ανθοφόρους, ενώ οι πλάγιοι μπορούν είτε να παραμείνουν σε λήθαργο είτε να σχηματίσουν πλάγιους βλαστούς. (Βασιλακάκης, 1997). Η διαφοροποίηση των πλάγιων οφθαλμών εξαρτάται από τη θερμοκρασία καθώς και από τη φωτοπερίοδο (Βασιλακάκης, 1997).

Τα άνθη είναι ερμαφρόδιτα, ενώ σπανιότερα απαντώνται θηλυκά χωρίς στήμονες. Είναι συνήθως λευκά και φύονται πάνω σε μακρύ μίσχο στις μασχάλες των φύλλων σε κυματοειδή διάταξη. Κάθε άνθος φέρει κάλυκα με διπλή σειρά σέπαλων (5 σέπαλα), στεφάνη γενικά πενταμερή και πολυάριθμους στήμονες (20-25). Μετά τη γονιμοποίηση, τα πέταλα πέφτουν αλλά παραμένει ο κάλυκας και ο επικάλυκας.



**Εικόνα 2: Άνθος Φραουλιάς**



**Εικόνα 3: Καρποί και άνθη φράουλας**

Ο καρπός της φράουλας είναι συγκάρπιο. Το σαρκώδες εδώδιμο τμήμα είναι η διογκωμένη ανθοδόχη, στο εξωτερικό μέρος της οποίας φέρονται τα αχάινια, τα οποία είναι βυθισμένα ή εξέχοντα. Το μέγεθος του καρπού συσχετίζεται με τον αριθμό των υπέρων του άνθους καθώς και με την άρδευση αλλά και με τη θρέψη. Ο καρπός από την έναρξη της ωρίμανσης πολύ γρήγορα περνάει από διάφορα στάδια που χαρακτηρίζονται τόσο από εξωτερικές (χρώμα και μέγεθος) όσο και από εσωτερικές αλλαγές (φυσική και χημική σύσταση). Όσον αφορά το χρώμα, τα στάδια είναι: πράσινο, λευκό, λευκορόδινο, ρόδινο, κόκκινο, βαθύ κόκκινο ή βυσσινί (Βασιλακάκης, 1997).





**Εικόνα 4: Στάδια ωρίμανσης του καρπού**



**Εικόνα 5: Καρποί λίγο πριν το τελικό στάδιο ωρίμανσης**

### **1.3 Καλλιέργεια στην Ελλάδα**

Η καλλιέργεια ξεκίνησε το 1970 στην Βόρεια Ελλάδα (Πιερία). Από εκεί διαδόθηκε σε άλλα μέρη της Ελλάδας όπως την Ηλεία, Αχαΐα, Κρήτη κτλ.

Μέχρι το 1993 η έκταση της καλλιέργειας δεν ξεπερνούσε τα 600-700 στρέμματα, όπου φυτεύονταν κατεψυγμένα φυτά φράουλας με εμπορική περίοδο που περιοριζόταν στις 40-45 μέρες. Από το 1993 και έπειτα ξεκίνησαν να φυτεύονται από τον Οκτώβριο φρέσκα φυτά φράουλας με περίοδο συγκομιδής που έχει φτάσει να ξεκινά από τον Ιανουάριο μέχρι και τις αρχές Ιουνίου.

Πλέον, το κύριο κέντρο παραγωγής φράουλας είναι η Πελοπόννησος με τις Περιφερειακές Ενότητες (Π.Ε.) Ηλείας και Αχαΐας να κατέχουν τα πρωτεία, οι καλλιεργούμενες εκτάσεις έχουν ξεπεράσει τα 14.000 στρέμματα και η κυρίαρχη περιοχή παραγωγής είναι η περιοχή της Μανωλάδας. Η Ελλάδα παράγει το 0,25% της παγκόσμιας παραγωγής φράουλας. Τις πρώτες θέσεις κατέχουν η Κίνα, καλλιεργώντας το 37% της παγκόσμιας παραγωγής, οι Η.Π.Α με το 25%, η Τουρκία με 7,5% ,η Ισπανία με 6,5% και η Γερμανία το 3.5%. (FAOSTAT, 2016). Η καλλιέργεια της φράουλας στη χώρα μας παρουσιάζει ανοδική

πορεία τα τελευταία χρόνια αποφέροντας έως και 95.000.000 ευρώ ετησίως. Η ζήτηση του προϊόντος είναι τόσο υψηλή που πολλές φορές οι παραγόμενες στην Ελλάδα ποσότητες καρπών φράουλας, καλύπτουν οριακά τις απαιτήσεις της αγοράς για επιτραπέζιο προϊόν (ιδίως τους μήνες Απρίλιο - Μάιο).

#### **1.4 Ποικιλίες φράουλας**

Οι περισσότεροι γονότυποι της καλλιεργούμενης φράουλας είναι πολλαπλά υβρίδια, τα οποία στη βιβλιογραφία αναφέρονται ως ποικιλίες αφού πολλαπλασιάζονται αγενώς και συνεπώς διατηρούν το γονιδίωμα τους σταθερό από γενιά σε γενιά (Κανάκης, 2004). Στην χώρα μας, οι πολύφορες ποικιλίες δεν ευδοκιμούν και προτιμώνται οι μονόφορες. Οι κυρίαρχες ποικιλίες που καλλιεργούνται στην χώρα μας είναι οι: Camarosa, Fortuna, Ventana, Sant andreas, Candonga, Sabrina, Benicia και τελευταία η Victory με την πρώτη να είναι η βασική που όμως υποκαθίσταται από τις υπόλοιπες και κυρίως τη δεύτερη τα τελευταία χρόνια. Οι διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ των ποικιλιών βασίζονται σε πολλά και διαφορετικά χαρακτηριστικά όπως, βλάστηση, απαιτήσεις σε ψύχος, αντοχή σε εχθρούς και ασθένειες, παραγωγικότητα και ποιοτικά χαρακτηριστικά όπως μέγεθος, σχήμα, χρώμα και ευκολία απόσπασης του καρπού.

Πολλές νέες ποικιλίες προστίθενται σχεδόν κάθε χρόνο παραγόμενες στην Ευρώπη (Ολλανδία, Γερμανία, Ιταλία, Αγγλία), Η.Π.Α, Ιαπωνία και Κίνα. Ωστόσο, οι ποικιλίες που πραγματικά έφεραν επανάσταση ήταν οι ποικιλίες της Καλιφόρνιας όπως η Anaheim, η Aliso και η Chandler. Οι ποικιλίες αυτές είναι παραγωγικές, έχουν καρπό μεγάλου μεγέθους, είναι πιο ανθεκτικές στις ασθένειες εδάφους, ενώ είναι πιο ευαίσθητες στο υψηλό pH και την χλώρωση (έλλειψη Fe). Οι ποικιλίες ανάλογα με τις απαιτήσεις τους σε φωτοπερίοδο διακρίνονται σε 3 ομάδες: α) τις ποικιλίες μικρής ημέρας (short day varieties) οι οποίες συνήθως σχηματίζουν ανθικές καταβολές το φθινόπωρο όταν αρχίζει να μικραίνει η διάρκεια της ημέρας, β) τις ποικιλίες μεγάλης ημέρας (everbearing) οι οποίες καρποφορούν όλο τον χρόνο και συμπεριφέρονται ως φυτά μεγάλων ημερών και γ) τις ουδέτερες στην φωτοπερίοδο ποικιλίες (day-neutral), οι οποίες δίνουν καρπό όλο τον χρόνο αλλά δεν μπαίνουν σε λήθαργο σε περιόδους ημερών μικρής φωτοπερίόδου.

Οι περισσότερες από τις καλλιεργούμενες ποικιλίες είναι μικράς ημέρας και διακρίνονται σε πρώιμες, μεσοπρώιμες και όψιμες.

## 1.5 Οργάνωση γονιδιώματος φράουλας

Η άγρια φράουλα (*F. vesca*) είναι ένας διπλοειδής οργανισμός ( $2n=2x=14$ ), ενώ η πιο συχνά καλλιεργούμενη σήμερα φράουλα (*Fragaria x ananassa*) είναι ένα αλλοπολυπλοειδές φυτό ( $2n=8x=56$ ) με οκτώ αντίγραφα του γονιδιώματος (οκταπλοειδές γονιδίωμα). Το γονιδίωμα της *F. vesca* αποκωδικοποιήθηκε πρώτο (Shulaev et al. 2011) λόγω μικρότερης πολυπλοκότητας, ενώ πρόσφατες μελέτες αναφέρουν ότι το γονιδίωμα της καλλιεργούμενης φράουλας προέρχεται από τέσσερα προγονικά διπλοειδή είδη τα *F. iinumae*, *F. nipponica*, *F. vesca* subsp. *brachcata* και *F. viridis* (Edger et al. 2019). Το πλήρες γονιδίωμα της *Fragaria x ananassa* έχει αποκωδικοποιηθεί (Hirakawa et al. 2011, Yuan et al. 2019), γεγονός που θα δώσει μεγάλη ώθηση στη δημιουργία νέων γονοτύπων με υπέρτερα χαρακτηριστικά, υψηλή παραγωγικότητα, μεγαλύτερο χρονικό εύρος παραγωγής καθώς και υψηλή θρεπτική αξία.

## 1.6 Συνθήκες καλλιέργειας

Η φράουλα λόγω της μεγάλης γενετικής ποικιλομορφίας που την χαρακτηρίζει έχει τη δυνατότητα να εγκλιματίζεται σε διάφορα περιβάλλοντα. Μπορεί να καλλιεργηθεί από τροπικές περιοχές, σε υψόμετρο 1000 μέτρων, έως και σε περιοχές του αρκτικού κύκλου. Είναι ένα φυτό το οποίο αντέχει στις υπερβολικά χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα αν εφόσον καλυφθεί από χιόνι, το οποίο λειτουργεί ως μονωτικό υλικό. Οι απαιτήσεις του φυτού της φράουλας σε χειμερινό ψύχος υπολογίζονται στις 500 ώρες, κάτω των 5°C (Δεκάζος, 1991).

Η καταστροφή του φυλλώματος στις περισσότερες καλλιεργούμενες ποικιλίες επέρχεται σε θερμοκρασίες κάτω των -2 °C έως -7 °C (Ντάνος, 2016). Όταν όμως το φυτό εισέλθει σε λήθαργο, το ριζικό σύστημα μπορεί να αντέξει παγετούς της τάξης των -40 °C έως -51 °C (Κανάκης, 2004). Η ελάχιστη θερμοκρασία ατμόσφαιρας, για την ομαλή λειτουργία των φυτών, ανέρχεται στους 5 °C - 6 °C ενώ η μέγιστη στους 30 °C. Η ιδανική θερμοκρασία ημέρας για τη φράουλα κυμαίνεται ανάμεσα στους 15 °C με 22 °C, ενώ για τη νύχτα στους 10 °C -13 °C.

## 1.7 Έδαφος

Η φράουλα καλλιεργείται σε μια μεγάλη γκάμα εδαφών χωρίς υπάρχει κάποιο ιδιαίτερο πρόβλημα. Δεν αναπτύσσεται βέβαια στην υπερβολική εδαφική υγρασία και γι' αυτό το λόγο



πρέπει να αποφεύγονται τα δύσκολα αποστραγγιζόμενα και βαριά αργιλώδη εδάφη. Ιδανικά εδάφη για την καλλιέργεια της φράουλας θεωρούνται τα ελαφρά αμμοπηλώδη εδάφη (Βασιλακάκης, 1997). Οι τιμές του pH του εδάφους πρέπει να κυμαίνονται από 5.0 έως 7.0, ενώ η ηλεκτρική του αγωγιμότητα καλό είναι να διαμορφώνεται στα 1-1,2 mS/cm.

## 1.8 Φωτοπερίοδος

Η φωτοπερίοδος στη φράουλα παίζει σημαντικό ρόλο στον σχηματισμό των ανθοφόρων οφθαλμών. Απαιτείται περίοδος 12 ωρών φωτός ημέρας ή λιγότερο και μέσες θερμοκρασίες.

## 1.9 Αλατότητα

Οι περιβαλλοντικές καταπονήσεις είναι ο κυριότερος παράγοντας που επηρεάζει την ανάπτυξη και την παραγωγικότητα ενός φυτού. Μεταξύ αυτών, η αλατότητα είναι ίσως η πιο επιζήμια για το φυτό της φράουλας (Garriga et al., 2015). Ο όρος αλατότητα αναφέρεται στην ύπαρξη υψηλών συγκεντρώσεων ιόντων (κατά κανόνα Na και Cl) κυρίως στο περιβάλλον της ρίζας. Η αλατότητα ως παράγοντας καταπόνησης παρουσιάζεται σε εκτενείς περιοχές του πλανήτη (20% των καλλιεργούμενων εδαφών παγκοσμίως). Η αλατότητα μετράται συνήθως ως ηλεκτρική αγωγιμότητα σε μονάδες deciSiemens ανά μέτρο ( $ds/m^{-1}$ ) με βάση το διεθνές σύστημα μονάδων SI

Στα ανώτερα φυτά το νερό απορροφάται με τις ρίζες από το έδαφος και διαχέεται μέσω του βλαστού στα φύλλα ως αποτέλεσμα της διαφοράς του υδατικού δυναμικού, της ριζικής πίεσης και της διαπνοής. Η υδατική κατάσταση του φυτού σε μια συγκεκριμένη στιγμή εξαρτάται από το ισοζύγιο απορρόφησης νερού και διαπνοής. Όταν ο ρυθμός απώλειας νερού με τη διαπνοή είναι μεγαλύτερος από το ρυθμό απορρόφησης από τις ρίζες, λόγω μειωμένης διαθεσιμότητας στο έδαφος, το υδατικό δυναμικό των φύλλων θα μειωθεί. Τα παραπάνω έχουν ως αποτέλεσμα, ο εφοδιασμός του φυτού με νερό και θρεπτικά στοιχεία να μειώνεται και εφόσον το υδατικό έλλειμμα συνεχιστεί, τα φυτά να ξηραθούν, εάν δεν διαθέτουν μηχανισμούς προσαρμογής. Η μειωμένη διαθεσιμότητα του νερού στο έδαφος μπορεί να οφείλεται είτε στην έλλειψη νερού είτε στην αδυναμία πρόσληψης νερού λόγω αλατότητας. Και στις δύο περιπτώσεις όμως εμφανίζεται μια κοινή μορφή υδατικής καταπόνησης γνωστή ως οσμωτική καταπόνηση (Βλάχου, 2011).

### **1.9.1 Παρουσία υψηλής αλατότητας**

Υπάρχουν διάφοροι λόγοι για τους οποίους το έδαφος μπορεί να παρουσιάσει υψηλή αλατότητα. Αρχικά, υψηλή αλατότητα παρουσιάζεται σε εδάφη τα οποία διαβρέχονται από θαλασσίνο νερό, η σύσταση του βέβαια (ποσοστό γλυκού και αλμυρού νερού) εξαρτάται από την απόσταση από τη θάλασσα καθώς και τον ρυθμό εξάτμισης των βροχοπτώσεων. Ακόμα υψηλά ποσοστά αλατότητας παρατηρούνται ιδιαίτερα σε ερημικές περιοχές, στα εδάφη των οποίων συσσωρεύονται άλατα επειδή ο ρυθμός εξάτμισης είναι πολύ υψηλότερος από τον ρυθμό βροχόπτωσης, καθώς και σε υπερβολικά αρδευόμενες περιοχές, στις οποίες παρατηρείται συσσώρευση αλάτων στο έδαφος λόγω της έντονης εξατμισοδιαπνοής. (Καραμπουρνιώτης κ.α, 2012)

### **1.9.2 Αποτελέσματα λόγω καταπόνησης υπό συνθήκες αλατότητας**

Η καταπόνηση λόγω αλατότητας αλλοιώνει τα χαρακτηριστικά του εδάφους, επηρεάζοντας έτσι την ηλεκτρική αγωγιμότητα του. Ακόμα οι υψηλές συγκεντρώσεις ιόντων, δημιουργούν χαμηλά δυναμικά νερού παρόλο που στην περιοχή της ριζόσφαιρας υπάρχει συνήθως άφθονο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να εμφανίζεται μια μορφή υδατικής καταπόνησης γνωστή ως οσμωτική καταπόνηση, καθώς το φυτό αδυνατεί να απορροφήσει τις αναγκαίες ποσότητες νερού. (Καραμπουρνιώτης κ.α, 2012)

Το χαρακτηριστικό σύμπτωμα της πολύ μεγάλης παρουσίας αλάτων είναι η μάρανση των φυτών παρόλο που είναι ποτισμένα. Τα φυτά έχουν την ικανότητα της προσαρμογής καθώς πολύ σπάνια η αλατότητα αυξάνεται με τόσο γρήγορο ρυθμό ώστε τα φυτά να μαραθούν άμεσα. Έτσι η κυριότερη επίδραση στα φυτά δεν είναι η μάρανση αλλά η μείωση της ανάπτυξης τους, για την οποία δεν έχει βρεθεί ένας συγκεκριμένος μηχανισμός που να την εξηγεί αρκετά. (Βλάχου, 2011)

Λόγω των υψηλών συγκεντρώσεων ιόντων στο φυτό εμφανίζονται δυσχέρειες στην απορρόφηση θρεπτικών συστατικών από το εδαφικό περιβάλλον γιατί τα ιόντα Na και Cl ανταγωνίζονται την πρόσληψη άλλων ιόντων όπως πχ του K. Ακόμα η συσσώρευση Na και Cl μέσα στα κύτταρα διαταράσσει την κυτταρική ιοντική ομοιόσταση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να παρεμποδίζεται η απορρόφηση των ιόντων από τον αποπλάσματικό χώρο στο εσωτερικό των κυττάρων. (Καραμπουρνιώτης κ.α, 2012)

Παρουσιάζονται επίσης έντονες δυσλειτουργίες στην αφομοίωση του άνθρακα, κυρίως λόγω της παρεμπόδισης της φωτοσύνθεσης αλλά και της επιτάχυνσης της αναπνευστικής δραστηριότητας. Βέβαια ιδιαίτερα σημαντική παράμετρος σε αυτή την περίπτωση είναι η κατωφλική αλατότητα η οποία καθορίζει την παραγωγικότητα των καλλιεργούμενων φυτών υπό συνθήκες αλατότητας. (Καραμπουρνιώτης κ.α, 2012)

Η λειτουργία της φωτοσύνθεσης βέβαια, διαταράσσεται και λόγω της μειωμένης στοματικής αγωγιμότητας η οποία επιφέρει μειωμένη τροφοδοσία με CO<sub>2</sub>. Οι συνθήκες αυτές ευνοούν την οξειδωτική καταπόνηση, η οποία είναι μια σημαντική παρενέργεια της καταπόνησης αλατότητας. (Καραμπουρνιώτης κ.α, 2012).

### **1.9.3 Αλόφυτα και γλυκόφυτα**

Αλόφυτα ονομάζονται, τα φυτά τα οποία αναπτύσσονται σε εδάφη με υψηλές συγκεντρώσεις αλάτων, ενώ αντιθέτως γλυκόφυτα, τα φυτά για τα οποία ακόμα και οι χαμηλές συγκεντρώσεις αλατότητας μπορούν να αποβούν ζημιογόνες, έχοντας έτσι ως πολύ συχνό αποτέλεσμα, ανεπανόρθωτες φυσιολογικές βλάβες. Αξίζει να αναφερθεί επίσης, ότι τα δικότυλα αλόφυτα τείνουν να παρουσιάζουν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα σε σχέση με τα μονοκότυλα.

### **1.9.4 Αντιμετώπιση συνθηκών αλατότητας από τα φυτά**

Τα φυτά έχουν δύο τρόπους αντιμετώπισης των αντίξοων συνθηκών που δημιουργεί το περιβάλλον υψηλής αλατότητας. Την στρατηγική της διαφυγής και την στρατηγική της αποφυγής.

Πιο συγκεκριμένα, όσα γλυκόφυτα έχουν επιλέξει την στρατηγική της διαφυγής, είναι εξαιρετικά ευαίσθητα στην αλατότητα και δεν μπορούν να ολοκληρώσουν τον βιολογικό τους κύκλο ακόμα και σε εδάφη με χαμηλά επίπεδα αλάτων. Από την άλλη μεριά τα φυτά τα οποία έχουν επιλέξει την στρατηγική της αποφυγής (ρυθμιστές αλατότητας) δεν επιτρέπουν στα ιόντα την είσοδο στο εσωτερικό των ευαίσθητων κυττάρων. Υπάρχουν 3 μηχανισμοί για την υλοποίηση αυτής της στρατηγικής. (Καραμπουρνιώτης κ.α, 2012)

Αρχικά ορισμένα φυτικά είδη δεν απορροφούν το αλάτι αλλά το αποκλείουν ενεργητικά στο εξωτερικό περιβάλλον των ριζών (πχ *Rhizophora mangle*). Έπειτα υπάρχουν άλλοι ρυθμιστές αλατότητας οι οποίοι επιτρέπουν την είσοδο του αλατιού το οποίο εκκρίνεται

τελικά από εξειδικευμένους αλατώδεις αδένες οι οποίοι βρίσκονται στα φύλλα (πχ είδη του γένους *Tamarix*). Τέλος σε πολλά είδη γλυκοφύτων, όπως και σε πολλά καλλιεργούμενα είδη, το αλάτι απορροφάται από τις ρίζες, αλλά παρεμποδίζεται η μεταφορά του μέσω των αγγείων του ξύλου προς το υπέργειο ευαίσθητο τμήμα. (Καραμπουρνιώτης κ.α, 2012)

### **1.9.5 Φυτά που επιλέγουν την στρατηγική της ανθεκτικότητας**

Ο μεταβολισμός των φυτών τα οποία έχουν επιλέξει τη στρατηγική της ανθεκτικότητας (συσσωρευτές άλατος), τα καθιστά να προσαρμόζονται κατάλληλα ώστε να μην παρουσιάζονται δυσλειτουργίες με την παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων ιόντων.

Τα φυτά αυτά επιβιώνουν χάρη στην ιδιαίτερη λειτουργία που έχουν αναπτύξει, μέσω της οποίας, προσλαμβάνουν υψηλές συγκεντρώσεις αλατιού μέσα στα κύτταρά τους ώστε, να αντισταθμίσουν το χαμηλό δυναμικό νερού του εδάφους και να επιτύχουν ικανοποιητικές πιέσεις σπαργής.

### **1.9.6 Προσδιορισμός παραμέτρων που σχετίζονται με την αλατότητα**

Συνήθως για τη μέτρηση της αλατότητας ενός εδάφους ακολουθούμε μια διαδικασία στην οποία περιλαμβάνεται δειγματοληψία, κορεσμός του εδάφους με νερό και στην συνέχεια διήθηση σε κενό και εκχύλιση του εδαφικού διαλύματος που προκύπτει. Με βάση τα παραπάνω, η πραγματική αλατότητα ενός εδάφους στο σημείο της υδατοϊκανότητας μπορεί να είναι και 100% υψηλότερη από αυτή που μετράται στο κορεσμένο εδαφικό διάλυμα.

### **1.9.7 Αλατότητα στην καλλιέργεια της φράουλας**

Τα φυτά της φράουλας καλλιεργούνται κυρίως σε περιοχές, οι οποίες υποφέρουν από την εισχώρηση του θαλασσινού νερού στον υδροφόρο ορίζοντα και ως αποτέλεσμα στο νερό άρδευσης των καλλιεργειών.

Σε πείραμα που έγινε από τους Saied et al. (2005), οι οποίοι προσπάθησαν να μελετήσουν τις επιδράσεις της αλατότητας στο φυτό, καλλιεργήθηκαν δυο ποικιλίες φράουλας, η Korona και η Elsanta σε δύο επίπεδα αλατότητας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, όσο αυξανόταν η συγκέντρωση της αλατότητας τόσο μειωνόταν η φυλλική επιφάνεια των φυτών, η παραγωγή ανά μονάδα φυλλικής επιφάνειας, το βάρος των φύλλων, των ριζών καθώς και το βάρος των φυτών σε σύνολο. Επιπροσθέτως, η αλατότητα μείωσε το βάρος των παραγόμενων καρπών

συνολικά αλλά και τον αριθμό των παραγόμενων καρπών ανά φυτό καθώς και τα ολικά διαλυτά στερεά των καρπών, ενώ αύξησε την τιτλοδοτούμενη οξύτητα και το pH των καρπών.

Οι Turhan and Eris (2005), καλλιέργησαν την ποικιλία Camarosa υπό συνθήκες αλατότητας διαφορετικών επιπέδων. Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι το ξηρό βάρος των φύλλων αυξήθηκε στα χαμηλά επίπεδα αλατότητας κάτι το οποίο δεν συνέβη στο υψηλότερο επίπεδο, όπου το ξηρό βάρος των φύλλων μειώθηκε σε σχέση με το μάρτυρα χωρίς αλατότητα. Ακόμα το ίδιο φαινόμενο παρατηρήθηκε και με το ξηρό βάρος του ριζικού συστήματος.

Σε έρευνα των Keutgen and Pawelzik (2008), καλλιεργήθηκαν δύο διαφορετικές ποικιλίες φράουλας, η Korona και η Elsanta, σε δύο διαφορετικά επίπεδα αλατότητας των 40 και των 80 mmol/l NaCl. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, και στις δύο ποικιλίες το μέσο βάρος καρπού καθώς και η συγκέντρωση της γλυκόζης μειώθηκαν, ενώ στην ποικιλία Korona μειώθηκε η συγκέντρωση της σακχαρόζης όπως και της φρουκτόζης.

Οι Keutgen and Pawelzik αυτή τη φορά το (2009), χρησιμοποίησαν δυο διαφορετικές ποικιλίες φράουλας, την Korona και την Elsanta, εφαρμόζοντας δύο διαφορετικά επίπεδα αλατότητας, τα οποία ήταν τα 40 και τα 80 mmol/l NaCl. Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι και στις δύο ποικιλίες όσο αυξανόταν η συγκέντρωση της αλατότητας τόσο μειωνόταν η φυλλική επιφάνεια, ο αριθμός των φύλλων ανά φυτό, αλλά και η περιεκτικότητα των φύλλων σε νερό.

Σε μια άλλη έρευνα, των Shorafa et al. (2014), πραγματοποιήθηκε καλλιέργεια υπό συνθήκες αλατότητας σε δύο ποικιλίες φράουλας, την Camarosa και την Albino. Εκεί χρησιμοποιήθηκαν έξι διαφορετικά επίπεδα αλατότητας, των 0, 25, 50, 75, 100 και 150 mM και έγινε προσπάθεια μελέτης των επιπτώσεων της αλατότητας στο φυτό και όχι στους καρπούς τους. Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι, όσο μεγαλύτερο επίπεδο αλατότητας εφαρμόζοταν τόσο μειωνόταν ο αριθμός φύλλων του φυτού, ο αριθμός των στολώνων, αλλά και το ξηρό βάρος των βλαστών καθώς και της ρίζας.

Τέλος σε έρευνα των Garriga et al. (2015) οι οποίοι μελέτησαν τις επιπτώσεις της αλατότητας σε τρεις διαφορετικές ποικιλίες φράουλας, την Camarosa και σε δύο γονότυπους της *F. Chiloensis*. Οι συγκεντρώσεις άλατος που χρησιμοποιήθηκαν ήταν, τα 30 και τα 60 mM. Στην έρευνα αυτή παρατηρήθηκε ότι ο αριθμός των φύλλων ανά φυτό μειωνόταν όσο αυξανόταν η συγκέντρωση άλατος, πράγμα που συνέβαινε τόσο στη φυλλική επιφάνεια

όσο και στο νωπό και ξηρό βάρος των φύλλων. Επιπροσθέτως το ίδιο φαινόμενο παρατηρήθηκε και με το νωπό όπως και το ξηρό βάρος του ριζικού συστήματος των φυτών. Όσον αφορά τα χαρακτηριστικά των καρπών, αξίζει να αναφερθεί ότι όσο υπήρχε αύξηση της συγκέντρωσης του άλατος, τόσο μειωνόταν το μέγεθος όπως και το βάρος του καρπού, σε αντίθεση με τη συνεκτικότητα, τα ολικά διαλυτά στερεά καθώς την τιτλοδοτούμενη οξύτητα στα οποία δεν υπήρξε καμιά σημαντική μεταβολή.

### **1.10 Σκοπός της παρούσας εργασίας**

Σκοπός της παρούσας εργασίας, ήταν η παρατήρηση της επίδρασης διαφορετικών επιπέδων/χειρισμών αλατότητας, στην ανάπτυξη των φυτών όπως και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών δύο διαφορετικών γονοτύπων φράουλας, σε συνδυασμό με την καταγραφή της επίδρασης των μικροκλιματικών συνθηκών εντός του θερμοκηπίου και ιδιαίτερα αυτών που σχετίζονται με την προσρόφηση νερού από τα φυτά υπό συνθήκες αλατότητας.

## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1 Τόπος διεξαγωγής του πειράματος

Το πείραμα διεξήχθη σε θερμοκηπιακή εγκατάσταση που βρίσκεται στον αγρό του του τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Πατρών στην Αμαλιάδα (37,8° Βόρεια, 21,4° Ανατολικά), τη χρονική περίοδο από 5 Νοεμβρίου 2018 έως 17 Απριλίου 2019.

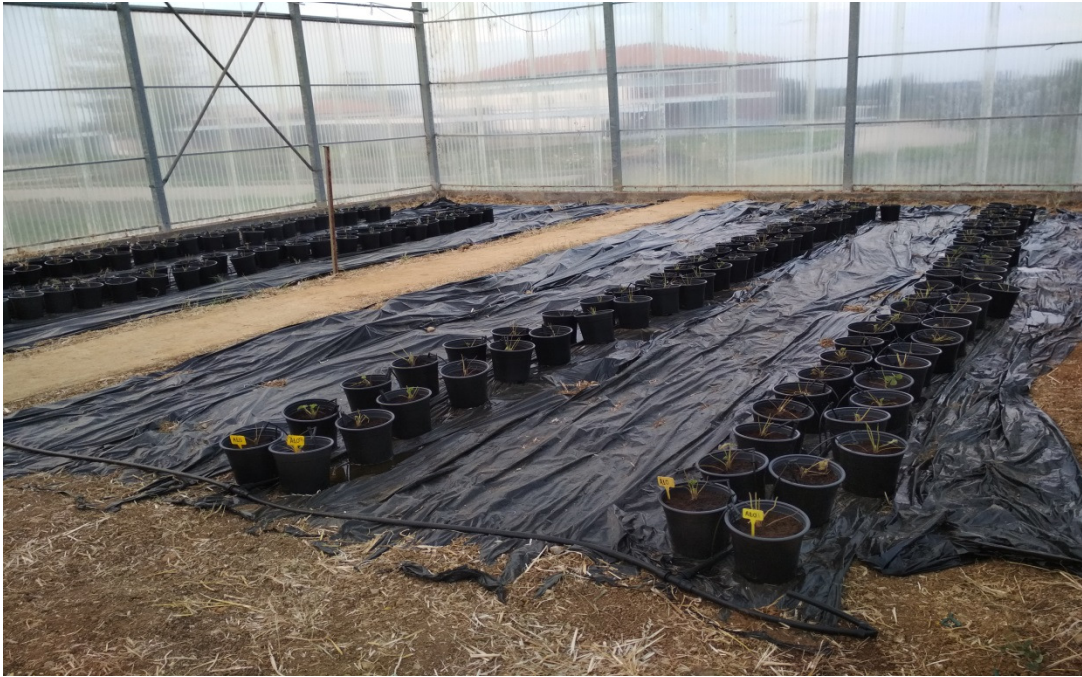
### 2.2 Φυτικό υλικό και φύτευση

Για τις ανάγκες του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν γυμνόριζα φυτά φράουλας της ποικιλίας ‘Camarosa’ και του γονοτύπου προχωρημένου σταδίου επιλογής (advanced selection line) ‘A10’ που αποτελεί επιλογή της εταιρείας Berryplasma World LLC, Βάρδα Ηλείας, Ελλάδα (Εικόνα 6) . Κατά τη διάρκεια του πειράματος γινόταν λεπτομερής καταγραφή των εργασιών, καθώς και των καλλιεργητικών φροντίδων καθώς και των δεδομένων μικροκλίματος θερμοκηπίου και υγρασίας εδάφους (Εικόνα 7).



**Εικόνα 6: Φυτά φράουλας πριν την φύτευση (δεξιά: Camarosa, αριστερά: A10)**





**Εικόνα 7: Φύτευση φυτών φράουλας στο θερμοκήπιο**

Η φύτευση έγινε στις 5 Νοεμβρίου 2018. Τα φυτά ήταν ίδιου μεγέθους και σταδίου ανάπτυξης και εγκαταστάθηκαν σε μαύρες πλαστικές γλάστρες χωρητικότητας 5L. Το εδαφικό μείγμα που χρησιμοποιήθηκε για τη φύτευση των φυτών αποτελούνταν από καστανή τύρφη  $pH = 5.5-6.3$ , χωρίς να δεχτεί καθόλου βασική λίπανση.





## Εικόνα 8: Αισθητήρες καταγραφής μικροκλίματος και εδαφικής υγρασίας



Εικόνα 9: Φυτά φράουλας αμέσως μετά τη φύτευση

### 2.3 Πειραματικό σχέδιο

Το πειραματικό σχέδιο που ακολουθήθηκε για την εκτέλεση του πειράματος ήταν το σχέδιο των τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων (ΤΠΟ). Για το λόγο αυτό τα φυτά από κάθε γονότυπο (ποικιλία) χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες των 33 φυτών (

Εικόνα 10). Η κάθε ομάδα φυτών αποτελούνταν από τρεις επαναλήψεις για κάθε επέμβαση με έντεκα φυτά σε κάθε επανάληψη. Στο πείραμα είχαμε τρεις επεμβάσεις αλατότητας (μάρτυρας (νερό αστικού δικτύου με αλατότητα  $0,4 \text{ dS m}^{-1}$ ), χαμηλή αλατότητα ( $2 \text{ dS m}^{-1}$ ) και υψηλή αλατότητα ( $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ ). Ο συνολικός αριθμός φυτών που χρησιμοποιήθηκαν ήταν 198 (2 ποικιλίες x 3 επεμβάσεις αλατότητας x 3 επαναλήψεις x 11 φυτά ανά επανάληψη), δηλαδή συνολικά 99 φυτά ανά ποικιλία.



**Εικόνα 10: Τυχαιοποίηση φυτών στο θερμοκήπιο**

## **2.4 Καταπόνηση υπό συνθήκες αλατότητας**

Η έναρξη καταπόνησης ξεκίνησε 65 μέρες μετά την φύτευση, στις 9 Ιανουαρίου 2019 αφού τα φυτά είχαν αναπτύξει αρκετή φυλλική επιφάνεια. Για αποφυγή τυχόν άμεσης ωσμωτικής καταπόνησης, πραγματοποιήθηκε σταδιακή εφαρμογή άλατος χλωριούχου νατρίου (NaCl) στο νερό άρδευσης. Κάθε φυτό ποτιζόταν στην αρχή με 500 ml αλατόνερου συγκεκριμένης αλατότητας, ενώ στην πορεία η ποσότητα αυξήθηκε καθώς όσο τα φυτά μεγάλωναν, τόσο αυξάνονταν και οι ανάγκες τους για νερό. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού μετρήθηκε με φορητό αγωγιμόμετρο τύπου HD2306 του οίκου DELTA-OHM.





**Εικόνα 11: Χρήση αγωγιμόμετρου για μέτρηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας πριν το πότισμα**



**Εικόνα 12: Ενδείξεις αγωγιμομέτρου**

Συνολικά πραγματοποιήθηκαν τρεις επεμβάσεις με αλάτι: α) ο μάρτυρας, όπου τα φυτά ποτίζονταν μόνο με το νερό δικτύου χωρίς την προσθήκη άλατος, β) εφαρμογή διαλύματος άλατος ηλεκτρικής αγωγιμότητας  $2 \text{ dS m}^{-1}$  και γ) εφαρμογή διαλύματος άλατος ηλεκτρικής αγωγιμότητας  $4 \text{ dS m}^{-1}$ . Η συχνότητα των αρδεύσεων καθώς και η ποσότητα του νερού άρδευσης ήταν ανάλογες με τις ανάγκες των φυτών ώστε να διατηρείται επαρκής υγρασία στο υπόστρωμα. Δυο μήνες μετά την έναρξη της καταπόνησης, επειδή τα φυτά έδειχναν αρκετά καταπονημένα και ήταν υπαρκτός ο κίνδυνος απώλειας τους πραγματοποιήθηκε έκπλυση του υποστρώματος με καθαρό νερό. Παράλληλα έλαβαν χώρα όλες οι φροντίδες που απαιτεί η καλλιέργεια της φράουλας, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται φυτοϋγεία, καλή θρέψη και ανάπτυξη των φυτών. Τέλος η συχνότητα των ποτισμάτων δεν ήταν σταθερή. Τα φυτά ποτίζονταν τλοσο συχνά ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες τους και να διατηρείται επαρκής υγρασία στο υπόστρωμα.

## **2.5 Δειγματοληψία**

### **2.5.1 Καρποί**

Πραγματοποιήθηκαν συνολικά 3 δειγματοληψίες καρπών, οι οποίες συμπληρώθηκαν τμηματικά από πολλές συγκομιδές καρπών εντός συγκεκριμένων χρονικών διαστημάτων. Η κάθε δειγματοληψία διαρκούσε περίπου έναν μήνα. Η πρώτη συγκομιδή έγινε 23 Φεβρουαρίου 2019 και η τελευταία 17 Απριλίου 2019. Κατά τη δειγματοληψία λαμβάνονταν όλοι οι πλήρως ώριμοι καρποί ανά φυτό (ανάπτυξη έντονου κόκκινου χρώματος σε ολόκληρη την επιφάνεια του καρπού).



**Εικόνα 14: Καρποί ποικιλίας Camarosa**



**Εικόνα 13: Καρποί ποικιλίας A10**

Τα δείγματα αμέσως μετά τη συλλογή τους τοποθετήθηκαν μέσα σε πλαστικά σακουλάκια με κατάλληλη σήμανση αναλόγως της επέμβασης και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο μέσα σε φορητό ψυγείο με παγοκύστες. Στο εργαστήριο τα δείγματα χρησιμοποιήθηκαν για τις τρέχουσες μετρήσεις και στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε αριθμημένα πλαστικά σακουλάκια και αποθηκεύτηκαν σε θερμοκρασία μικρότερη των  $-25^{\circ}\text{C}$ .

Όταν ολοκληρώθηκε και η τελευταία συγκομιδή της τρίτης δειγματοληψίας αλλά και η περάτωση όλων των μετρήσεων ακολούθησε η πολτοποίηση των κατεψυγμένων καρπών, ξεχωριστά για κάθε δειγματοληψία, με τη χρήση οικιακού πολτοποιητή. Το μείγμα που προέκυψε τοποθετήθηκε σε ειδικά πλαστικά σωληνάρια (τύπου falcon) όγκου 50 mL και αποθηκεύτηκαν στην κατάψυξη σε θερμοκρασία μικρότερη των  $-25^{\circ}\text{C}$  έως ότου να πραγματοποιηθούν οι υπόλοιπες βιοχημικές αναλύσεις.



**Εικόνα 15: Σύγκριση καρπών των δύο ποικιλιών  
(αριστερά η A10 και δεξιά η Camarosa)**

Οι μετρήσεις που έλαβαν χώρα αμέσως μετά την συγκομιδή και πριν την αποθήκευση των καρπών στον καταψύκτη αφορούσαν τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά και ήταν οι εξής:

- Το βάρος του καρπού
- Η διάμετρος του καρπού
- Το μήκος του καρπού
- Ολική παραγωγή

Ενώ οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν μετά την ολοκλήρωση των δειγματοληψιών ήταν οι εξής:

- Τα ολικά διαλυτά στερεά
- Η ολική ογκομετρούμενη οξύτητα
- Το pH
- Η περιεκτικότητα των καρπών σε διαλυτά σάκχαρα

### **2.5.2 Δειγματοληψία φύλλων και ριζών**

Κατά τη διάρκεια της διεξαγωγής του πειράματος γινόταν καταγραφή του ρυθμού ανάπτυξης των φυτών, των εγκαυμάτων που προκλήθηκαν στα φύλλα του φυτού από την επίδραση του



άλατος καθώς και διάφορα άλλα προβλήματα όπως προσβολές από μύκητες και έντομα.

(Εικόνα 16)

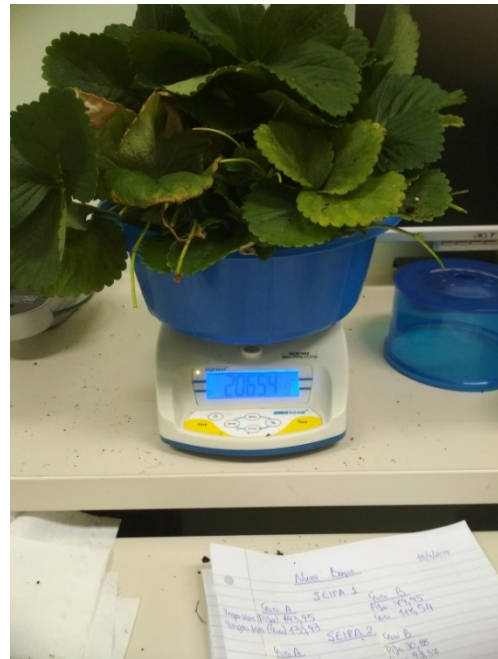


Εικόνα 16: Φύλλο καταγραφής

Μετά το πέρας και της τελευταίας δειγματοληψίας των καρπών, πραγματοποιήθηκε η δειγματοληψία των ριζών και των φύλλων (υπέργειο τμήμα). Από τα έντεκα φυτά της κάθε επέμβασης ελήφθησαν τυχαία δύο. Στη συνέχεια τα φυτά απομακρύνθηκαν με τη ρίζα από τις γλάστρες, πλύθηκαν με νερό βρύσης (Εικόνα 17) έτσι ώστε να απομακρυνθούν από αυτά τυχόν υπολείμματα από το υπόστρωμα ή από ξένες ύλες, εμβαπτίστηκαν σε απιονισμένο νερό, τοποθετήθηκαν σε πλαστικές σακούλες ξεχωριστά για κάθε επέμβαση και οδηγήθηκαν στο εργαστήριο όπου πραγματοποιήθηκε η μέτρηση του νωπού βάρους του υπέργειου τμήματος και της ρίζας (Εικόνα 18).



**Εικόνα 17: Έκπλυση ριζών με νερό βρύσης**



**Εικόνα 18: Ζύγιση νοπού βάρους υπέργειου μέρους**



**Εικόνα 19: Καταγραφή βάρους υπογείων και υπέργειων τμημάτων των φυτών (α)**



**Εικόνα 20: Καταγραφή βάρους υπογείων και υπέργειων τμημάτων των φυτών (β)**

Όταν ολοκληρώθηκαν οι παραπάνω μετρήσεις, το υπέργειο τμήμα και η ρίζα ξεχωριστά για κάθε φυτό τοποθετήθηκαν σε χάρτινες σακούλες και μεταφέρθηκαν στο φούρνο. Μετά την παραμονή τους στο φούρνο για δέκα περίπου μέρες στους 70 °C, ώστε να απομακρυνθεί όλο



το νερό από τους ιστούς, ακολούθησε μέτρηση και καταγραφή του ξηρού τους βάρους (Εικόνα 19, Εικόνα 20).

## 2.6 Μεθοδολογία μετρήσεων-αναλύσεων

### 2.6.1 Καρποί

Η μέτρηση του βάρους των καρπών φράουλας πραγματοποιήθηκε σε βαθμονομημένο ζυγό ακριβείας δεύτερου δεκαδικού του γραμμαρίου (Kern 470, Kern and Sohn, GmbH, Germany), (Εικόνα 21) ενώ οι διαστάσεις των καρπών (μήκος και διάμετρος) μετρήθηκαν με ψηφιακό παχύμετρο ακριβείας (Εικόνα 22). Ο προσδιορισμός της ολικής παραγωγής υπολογίστηκε ως το άθροισμα του βάρους των καρπών όπως προέκυψε από τις τρεις δειγματοληψίες και εκφράστηκε σε γραμμάρια.



**Εικόνα 21: Χρήση ζυγού για τη μέτρηση του βάρους των καρπών**



**Εικόνα 22: Χρήση ψηφιακού παχυμέτρου για τον καθορισμό της διαμέτρου των καρπών**

### 2.6.2 Κατάταξη καρπών σε κατηγορίες EXTRA, I και II



Σύμφωνα με τον Κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 843/2002 για τον καθορισμό των κανόνων εμπορίας που εφαρμόζονται στις φράουλες, ταξινομούνται σε τρεις ποιοτικές κατηγορίες:

α) Κατηγορία «Extra»: Οι φράουλες που κατατάσσονται σε αυτή την κατηγορία πρέπει να είναι υψηλής ποιότητας, πρέπει να παρουσιάζουν τα χαρακτηριστικά της ποικιλίας και να έχουν λαμπερή όψη, λαμβανομένων υπόψη των χαρακτηριστικών της ποικιλίας. Επίσης πρέπει να είναι σχεδόν απαλλαγμένες από χρώμα, να μην παρουσιάζουν ελαττώματα εκτός από πολύ μικρές επιφανειακές αλλοιώσεις, υπό τον όρο ότι αυτές δεν επηρεάζουν τη γενική όψη του προϊόντος, την ποιότητά του, τη διατήρησή του και την παρουσίασή του στη συσκευασία.

β) Κατηγορία I: Οι φράουλες που κατατάσσονται σε αυτή την κατηγορία πρέπει να είναι καλής ποιότητας και να παρουσιάζουν το χαρακτηριστικό σχήμα και χρώμα της ποικιλίας. Μπορούν ωστόσο να φέρουν τα εξής ελαφρά ελαττώματα, υπό τον όρο ότι αυτά δεν βλάπτουν ούτε τη γενική όψη του προϊόντος, ούτε την ποιότητά του, ούτε τη διατήρηση και την εμφάνιση του προϊόντος αυτού στην συσκευασία: ελαφρά ατέλεια του σχήματος, παρουσία ενός τμήματος στο φρούτο του οποίου το χρώμα τείνει προς το άσπρο και το οποίο δεν πρέπει να υπερβαίνει το ένα δέκατο της επιφάνειας του φρούτου, μικρά επιφανειακά σημάδια, ενώ πρέπει να είναι σχεδόν απαλλαγμένες από χρώμα.

γ) Κατηγορία II: Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει τις φράουλες οι οποίες δεν μπορούν να καταταγούν στις ανώτερες κατηγορίες, αλλά ανταποκρίνονται στα ελάχιστα χαρακτηριστικά που καθορίζονται παρακάτω. Μπορούν να παρουσιάζουν τα ακόλουθα ελαττώματα, υπό τον όρο ότι διατηρούν τα βασικά χαρακτηριστικά τους ποιότητας, διατήρησης και παρουσίασης: ελαφρά ελαττώματα σχήματος, τμήμα του φρούτου με χρώμα που τείνει προς το άσπρο και δεν πρέπει να υπερβαίνει το ένα πέμπτο της επιφάνειας του φρούτου, μικρά σημάδια τα οποία δεν ενδέχεται να εξελιχθούν, ελαφρά ίχνη χρώματος.

Επιπλέον σύμφωνα με τις διατάξεις που αφορούν την ταξινόμηση κατά μέγεθος ορίζεται από τη μέγιστη διάμετρο της ισημερινής τομής. Επομένως, οι φράουλες πρέπει να έχουν το ακόλουθο ελάχιστο μέγεθος: α) Κατηγορία «Extra»: 25mm, β) Κατηγορίες I και II: 18mm.

### **2.6.3 Προετοιμασία δειγμάτων για αναλύσεις**

Από τους καρπούς που συγκομίστηκαν, ελήφθησαν 2 mL χυμού που τοποθετήθηκαν μέσα σε σωληνάκια τύπου erpendorf, ενώ το υπόλοιπο δείγμα αποθηκεύτηκε στην κατάψυξη με

στόχο να πραγματοποιηθούν οι υπόλοιπες βιοχημικές αναλύσεις. Στα 2 mL χυμού πραγματοποιήθηκε φυγοκέντρηση για 5 min στα 12.000 rpm με στόχο να διαφοροποιηθεί ο χυμός από τα στερεά υλικά (πούλπα). Στο καθαρό χυμό που προέκυψε από τη φυγοκέντρηση πραγματοποιήθηκε η μέτρηση της περιεκτικότητας των καρπών σε ολικά διαλυτά στερεά συστατικά, η μέτρηση του pH στο χυμό των καρπών και η ολική ογκομετρούμενη οξύτητα. (Roussos et al., 2009)

#### **2.6.4 Μέτρηση περιεκτικότητας των καρπών σε ολικά διαλυτά στερεά συστατικά**

Η περιεκτικότητα των καρπών σε ολικά διαλυτά στερεά υπολογίστηκε με τη χρήση διαθλασίμετρου (HANNA, HI 96801) με εύρος τιμών από 0 έως 85% °Brix και οι τιμές εκφράστηκαν σε °Brix (Εικόνα 23). Κατά τη διαδικασία αυτή λαμβάνονταν μια σταγόνα χυμού, τοποθετούνταν στο όργανο και σημειωνόταν η αντίστοιχη μέτρηση που προέκυπτε από την ένδειξη του οργάνου. Για κάθε επανάληψη λαμβάνονταν δύο μετρήσεις. (Roussos et al., 2009)



**Εικόνα 23: Ψηφιακό διαθλασίμετρο HI 96801 του οίκου HANNA**

#### **2.6.5 Μέτρηση pH στο χυμό των καρπών**

Για τη μέτρηση του pH στους καρπούς της φράουλας, λαμβάνονταν 1 mL χυμού και διαλύονταν σε 9 mL απεσταγμένο νερό. Στη συνέχεια γινόταν ανάδευση του διαλύματος με τη χρήση μαγνήτη και υπολογιζόταν το pH με το πεχάμετρο (pH meter Consort C5010) (Εικόνα 24).



**Εικόνα 24: Πεχάμετρο Consort C5010**

### **2.6.6 Ολική ογκομετρούμενη οξύτητα**

Η ογκομετρούμενη οξύτητα αποτελεί δείκτη της έντασης της όξινης γεύσης. Ο προσδιορισμός της γίνεται με τιτλοδότηση σε αλκαλικό διάλυμα μέχρι την εξουδετέρωση των ελεύθερων καρβοξυλίων (COOH). Σε 20 mL χυμό (0,5 mL χυμού διαλυμένο σε 19,5 mL απεσταγμένο νερό) πραγματοποιήθηκε τιτλοδότηση με πρότυπο διάλυμα 0.1 N NaOH έως ότου το pH του διαλύματος φτάσει στο 8,2. Η ογκομετρούμενη οξύτητα του χυμού εκφράστηκε σε % κιτρικό οξύ (Roussos et al., 2009).

### **2.6.7 Εκχύλιση και ανάλυση διαλυτών σακχάρων**

Ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης των διαλυτών σακχάρων στους καρπούς της φράουλας έγινε σύμφωνα με τους Denaxa et al. (2012) και περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω:

- ❖ Ζυγίζονται περίπου 800 mg ιστού (χρήση ζυγού ακριβείας, KERN 410).
- ❖ Προστίθενται 2,5 mL νερού υψηλής καθαρότητας (HPLC).
- ❖ Ανάδευση του δείγματος (Vortex).
- ❖ Εκχύλιση των σακχάρων σε φούρνο μικροκυμάτων (MW) για 1,5 min στα 400 Watt.
- ❖ Φυγοκέντρωση για 5 min στα 4000 rpm και διατήρηση του υπερκείμενου.
- ❖ Στο ίζημα, προστίθενται 2,5 mL νερού HPLC.
- ❖ Ανάδευση του δείγματος (Vortex).

Δεύτερη εκχύλιση των σακχάρων που εναπόμειναν στον ιστό στο φούρνο μικροκυμάτων για 1,5 min στα 400 Watt.

- ❖ Φυγοκέντρωση για 5 min στα 4000 rpm.
- ❖ Ένωση των δύο υπερκειμένων.
- ❖ Φιλτράρισμα με φίλτρο σύριγγας διαμέτρου πόρων 0,22 μm.
- ❖ Ανάλυση των σακχάρων με τη μέθοδο της υγρής χρωματογραφίας (HPLC)

Η ανάλυση των δειγμάτων έγινε με αντλία HPLC (1050), σε στήλη Hi-Plex Ca<sup>2+</sup>, 8 μm (300 x 7.7 mm) Agilent Technologies, στους 80 °C, με κινητή φάση νερό και ροή 0,6 mL min<sup>-1</sup>. Η ανίχνευση των σακχάρων έγινε με ανιχνευτή δείκτη διάθλασης RI (HP 1047A) και η επεξεργασία των χρωματογραφημάτων έγινε μέσω ειδικού προγράμματος στον ηλεκτρονικό υπολογιστή (PeakSimple Chromatography Data System, SRI Model 302). Ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης των σακχάρων έγινε με βάση την καμπύλη αναφοράς των συγκεκριμένων προτύπων των σακχάρων. Οι πρότυπες ουσίες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η σουκρόζη, η γλυκόζη και η φρουκτόζη σε συγκεντρώσεις 1000 mg L<sup>-1</sup>, 500 mg L<sup>-1</sup>, 250 mg L<sup>-1</sup> και 125 mg L<sup>-1</sup>.

### **2.6.8 Δεδομένα μικροκλίματος και υγρασίας εδάφους**

Στο κέντρο του θερμοκηπίου, τοποθετήθηκαν (σε βάση) ένα πυρανόμετρο (για τη μέτρηση της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας), ένα θερμόμετρο (για τη μέτρηση της θερμοκρασίας), ένα βαρόμετρο (για τη μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης) και ένα υγρασιόμετρο (για τη μέτρηση της υγρασίας) στο περιβάλλον του θερμοκηπίου (Εικόνα 25) και (Εικόνα 26). Ακόμα προστέθηκε ένας αισθητήρας υγρασίας τύπου EC-5 (Εικόνα 28) ανά χειρισμό στην ποικιλία των φυτών της Cammarosa (σύνολο 3 αισθητήρες). Επίσης κατά τη διάρκεια του πειράματος χρησιμοποιήθηκε και αισθητήρας εδαφικής υγρασίας και εδαφικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας τύπου UMP1-BTPLUS (Εικόνα 30) και (Εικόνα 31). Όλες οι μετρήσεις καταγράφηκαν ανά 10 λεπτά σε αυτόματο καταγραφικό. (Εικόνα 27, Εικόνα 29)



**Εικόνα 25: Σύνθετος αισθητήρας  
θερμοκρασίας αέρα, σχετικής υγρασίας  
και βαρομετρικής πίεσης μαζί με  
πυρανόμετρο**



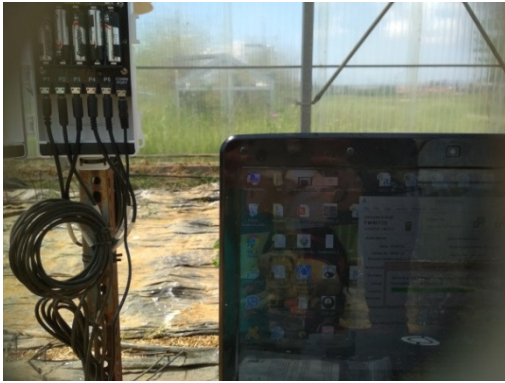
**Εικόνα 26: Πυρανόμετρο**



**Εικόνα 27: Λήψη δεδομένων από το καταγραφικό**



**Εικόνα 28: Αισθητήρας υγρασίας τύπου EC-5**



**Εικόνα 29: Αισθητήρες υγρασίας τύπου EC-5 και καταγραφικό**







**Εικόνα 30: Αισθητήρας UMP1-BTPLUS**



**Εικόνα 31: Αισθητήρας τύπου UMP1-BTPLUS σε φυτό φράουλας**

## **2.7 Στατιστική ανάλυση**

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε με το στατιστικό πακέτο JMP 7 (SAS Institute Inc.). Η ανάλυση που ακολουθήθηκε ήταν ανάλυση διασποράς (ANOVA) με παράγοντες τις επεμβάσεις με αλάτι. Οι σημαντικές διαφορές βρέθηκαν χρησιμοποιώντας το τυπικό σφάλμα της ανάλυσης διασποράς σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών μέσων του Tukey's HSD, σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=0,05$ .

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

#### 3.1 Ποικιλία A10

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι τιμές των διαφόρων οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των καρπών φράουλας της ποικιλίας A10 όπως αυτά μετρήθηκαν κατά το στάδιο της εμπορικής συγκομιδής και μετά την επίδραση της εφαρμογής άλατος στο διάλυμα άρδευσης. Η ανάλυση διασποράς και η δοκιμασία των πολλαπλών μέσων έδειξε ότι δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών επεμβάσεων με αλάτι, όσον αφορά το pH, τα ολικά διαλυτά στερεά, την ογκομετρούμενη οξύτητα του χυμού και το λόγο ολικών διαλυτών στερεών προς ογκομετρούμενη οξύτητα (Πίνακας 1).

Ειδικότερα, τα αποτελέσματα (Πίνακας 1) έδειξαν ότι το pH των καρπών είχε τιμές από 3,26 έως 3,31, ενώ τα ολικά διαλυτά στερεά είχαν τιμές από 8,06 έως 9,01 °Brix με τους καρπούς του μάρτυρα να παρουσιάζουν υψηλότερη συγκέντρωση διαλυτών στερεών χωρίς ωστόσο η διαφορά αυτή να είναι στατιστικά σημαντική. Η ογκομετρούμενη οξύτητα κυμάνθηκε από 0,98 έως 1,12 % κιτρικό οξύ και ο λόγος ολικών διαλυτών στερεών προς ογκομετρούμενη οξύτητα είχε τιμές από 8,15 έως 9,45.

**Πίνακας 1:** Επίδραση της αλατότητας στο pH, τα ολικά διαλυτά στερεά (ΟΔΣ) και την ολική ογκομετρούμενη οξύτητα (ΟΟΟ) στους καρπούς φράουλας της ποικιλίας A10.

Επεμβάσεις	pH		ΟΔΣ (°Brix)		ΟΟΟ (% κιτρ. οξύ)		ΟΔΣ:ΟΟΟ	
	ns		ns		ns		ns	
	MO	stdv	MO	stdv	MO	stdv	MO	stdv
Μάρτυρας	3.31 ±0.13a		9.00 ±1.42a		1.06 ±0.30a		9.45 ±4.17a	
2 dS m <sup>-1</sup>	3.26 ±0.17a		8.06 ±0.93a		1.12 ±0.37a		8.15 ±3.45a	
3.5 dS m <sup>-1</sup>	3.27 ±0.07a		8.09 ±0.90a		0.98 ±0.26a		8.91 ±2.81a	

Μέσοι εντός της ίδιας στήλης ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με τη δοκιμασία του Tukey's HSD σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=0.05$ .

\*,  $p < 0.05$ ; \*\*,  $p < 0.01$ ; \*\*\*,  $p < 0.001$ ; ns, μη στατιστικά σημαντική επίδραση

Στον Πίνακα 2, παρατηρείται ότι υπήρχε σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων με αλάτι σε ό,τι αφορά το βάρος και τη διάμετρο των καρπών, ενώ δεν παρατηρήθηκαν



σημαντικές διαφορές στο μήκος και το λόγο διαμέτρου προς μήκος. Ο μάρτυρας παρουσίασε μεγαλύτερο βάρος και διάμετρο καρπού, αντιθέτως με την εφαρμογή διαλύματος με ηλεκτρική αγωγιμότητα 3,5 dS m<sup>-1</sup> όπου οι καρποί είχαν στατιστικά σημαντικά μικρότερο βάρος και διάμετρο καρπού.

**Πίνακας 2:** Επίδραση της εφαρμογής αλατότητας στα φυσιολογικά χαρακτηριστικά των καρπών της ποικιλίας A10.

Επεμβάσεις	Βάρος (g)		Μήκος (mm)		Διάμετρος (mm)		Διάμετρος/ Μήκος	
	**		ns		***		ns	
	MO	stdv	MO	stdv	MO	stdv	MO	stdv
Μάρτυρας	23.94±8.96	a	46.60±7.06	a	34.44±5.05	a	0.74±0.07	a
2 dS m <sup>-1</sup>	22.57±7.96	ab	44.57±8.26	a	33.01±5.56	a	0.75±0.13	a
3.5 dS m <sup>-1</sup>	20.29±7.75	b	44.89±8.70	a	31.27±4.13	b	0.71±0.10	a

Μέσοι εντός της ίδιας στήλης ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με τη δοκιμασία του Tukey's HSD σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=0.05$ .

\*,  $p < 0.05$ ; \*\*,  $p < 0.01$ ; \*\*\*,  $p < 0.001$ ; ns, μη στατιστικά σημαντική επίδραση

Η ποιότητα των καρπών δε φαίνεται να επηρεάζεται από την εφαρμογή άλατος (Πίνακας 3). Ειδικότερα παρατηρείται ότι πάνω από το 93% των καρπών ανήκουν στην ποιοτική κατηγορία extra, ενώ περίπου το 7% των καρπών που δέχτηκαν την εφαρμογή διαλύματος με ηλεκτρική αγωγιμότητα 3,5 dS m<sup>-1</sup> ανήκουν στις κατηγορίες I και II, ποσοστό υψηλότερο αλλά όχι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο σε σχέση με το μάρτυρα και την επέμβαση με διάλυμα άλατος με ηλεκτρική αγωγιμότητα 2 dS m<sup>-1</sup>. Επίσης, η μέση ολική παραγωγή ανά φυτό φράουλας ήταν από 214-277 g και δε διέφερε στατιστικά σημαντικά μεταξύ των επεμβάσεων. Ωστόσο, η ολική παραγωγή επηρεάστηκε αρνητικά από την εφαρμογή άλατος, καθώς η εφαρμογή διαλύματος με υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα (3,5 dS m<sup>-1</sup>) είχε χαμηλότερο φορτίο (7,0 κιλά) σε σχέση με το μάρτυρα (9,2 κιλά) (Πίνακας 3).

**Πίνακας 3:** Επίδραση της εφαρμογής αλατότητας στα εμπορικά χαρακτηριστικά των καρπών (κατηγορίες extra, I και II, εκφρασμένα σε ποσοστό %) στην ολική παραγωγή/φυτό (g) και στην ολική παραγωγή (Kg) στην ποικιλία A10.

Επεμβάσεις	Extra		I και II		Ολική παραγωγή/φυτό		Ολική παραγωγή	
	ns		ns		ns		***	
	MO	stdv	MO	stdv	MO	stdv	MO	stdv
Μάρτυρας	97.02±0.70 a		2.98±0.70 a		277.26±87.95 a		9.15±0.97 a	
2 dS m <sup>-1</sup>	96.91±3.23 a		3.09±3.23 a		229.08±109.81 a		7.56±1.21 b	
3.5 dS m <sup>-1</sup>	93.06±2.90 a		6.94±2.90 a		214.13±42.45 a		7.07±0.47 c	

Μέσοι εντός της ίδιας στήλης ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με τη δοκιμασία του Tukey's HSD σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=0.05$ .

\*,  $p < 0.05$ ; \*\*,  $p < 0.01$ ; \*\*\*,  $p < 0.001$ ; ns, μη στατιστικά σημαντική επίδραση

Στους Πίνακες 4, 5 και 6 παρουσιάζεται η επίδραση της εφαρμογής αλατότητας στο νωπό και ξηρό βάρος της ρίζας και του υπέργειου τμήματος του φυτού. Βρέθηκε ότι η εφαρμογή διαλύματος άλατος με ηλεκτρική αγωγιμότητα 3,5 dS m<sup>-1</sup> επηρέασε στατιστικά σημαντικά αρνητικά την ανάπτυξη της ρίζας και συνετέλεσε σε μειωμένο νωπό και ξηρό βάρος (Πίνακας 4), ενώ δεν παρατηρήθηκαν διαφορές όσον αφορά το λόγο ξηρού προς νωπό βάρος ρίζας.

**Πίνακας 4:** Επίδραση της εφαρμογής αλατότητας στο νωπό και ξηρό βάρος της ρίζας της ποικιλίας A10.

Επεμβάσεις	Ρίζα					
	Νωπό βάρος		Ξηρό βάρος		Ξηρό/Νωπό βάρος	
	*		*		ns	
	MO	stdv	MO	stdv	MO	stdv
Μάρτυρας	89.78±30.78 a		17.69±9.27 a		0.19±0.04 a	
2 dS m <sup>-1</sup>	70.98±30.84 ab		15.19±5.16 ab		0.23±0.03 a	
3.5 dS m <sup>-1</sup>	51.41±22.27 b		10.33±3.84 b		0.21±0.02 a	

Μέσοι εντός της ίδιας στήλης ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με τη δοκιμασία του Tukey's HSD σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=0.05$ .

\*,  $p < 0.05$ ; \*\*,  $p < 0.01$ ; \*\*\*,  $p < 0.001$ ; ns, μη στατιστικά σημαντική επίδραση

Αντίστοιχη μείωση όπως αυτή που βρέθηκε για τη ρίζα, παρατηρήθηκε και για το υπέργειο μέρος. Ειδικότερα βλέπουμε ότι ο μάρτυρας είχε στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο νωπό και ξηρό βάρος βλαστού (Πίνακας 5) καθώς και ολόκληρου φυτού (Πίνακας 6) και ακολουθούσε η εφαρμογή διαλύματος με ηλεκτρική αγωγιμότητα 2 dS m<sup>-1</sup> με αρκετά σημαντική μείωση. Επιπλέον, η εφαρμογή διαλύματος με ηλεκτρική αγωγιμότητα 3,5 dS m<sup>-1</sup> οδήγησε σε ιδιαίτερα σημαντική μείωση του βάρους του βλαστού και ολόκληρου του φυτού.

**Πίνακας 5:** Επίδραση της εφαρμογής αλατότητας στο νωπό και ξηρό βάρος του βλαστού της ποικιλίας A10.

Επεμβάσεις	Βλαστός					
	Νωπό βάρος		Ξηρό βάρος		Ξηρό/Νωπό βάρος	
	*		*		ns	
	MO	stdv	MO	stdv	MO	stdv
Μάρτυρας	148.51±35.59	a	46.38±9.27	a	0.32±0.02	a
2 dS m <sup>-1</sup>	123.11±13.24	ab	38.51±5.09	ab	0.31±0.03	a
3.5 dS m <sup>-1</sup>	107.50±25.46	b	33.62±6.49	b	0.32±0.02	a

Μέσοι εντός της ίδιας στήλης ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με τη δοκιμασία του Tukey's HSD σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=0.05$ .

\*,  $p < 0.05$ ; \*\*,  $p < 0.01$ ; \*\*\*,  $p < 0.001$ ; ns, μη στατιστικά σημαντική επίδραση

**Πίνακας 6:** Επίδραση της εφαρμογής αλατότητας στο νωπό και ξηρό βάρος ολόκληρου του φυτού της ποικιλίας A10.

Επεμβάσεις	Ολόκληρο το φυτό					
	Νωπό βάρος		Ξηρό βάρος		Ξηρό/Νωπό βάρος	
	**		***		ns	
	MO	stdv	MO	stdv	MO	stdv
Μάρτυρας	238.29±37.54	a	64.07±8.61	a	0.27±0.02	a
2 dS m <sup>-1</sup>	193.40±30.48	ab	53.67±7.61	ab	0.28±0.02	a
3.5 dS m <sup>-1</sup>	158.92±31.65	b	43.95±7.15	b	0.28±0.01	a

Μέσοι εντός της ίδιας στήλης ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με τη δοκιμασία του Tukey's HSD σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=0.05$ .

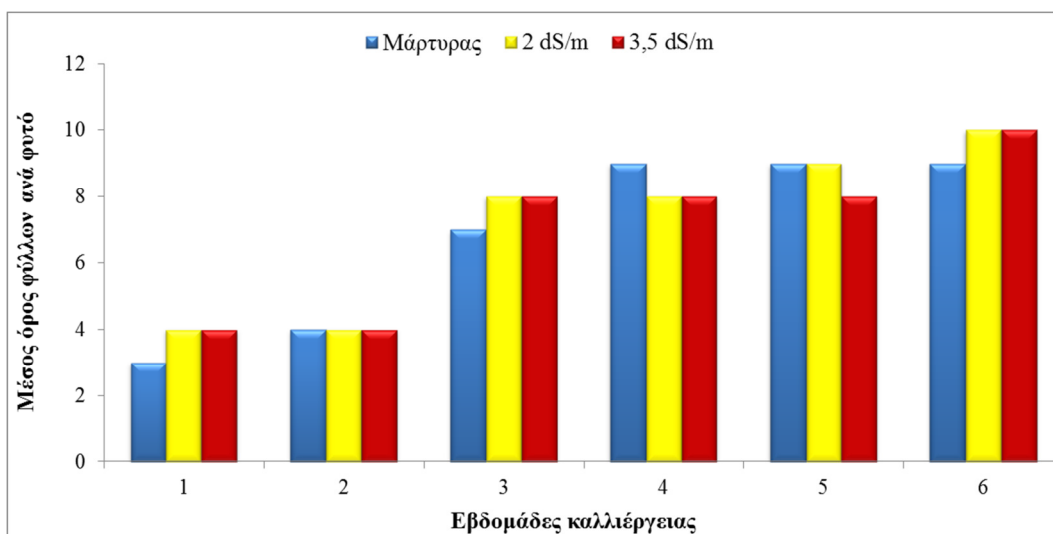
\*,  $p < 0.05$ ; \*\*,  $p < 0.01$ ; \*\*\*,  $p < 0.001$ ; ns, μη στατιστικά σημαντική επίδραση



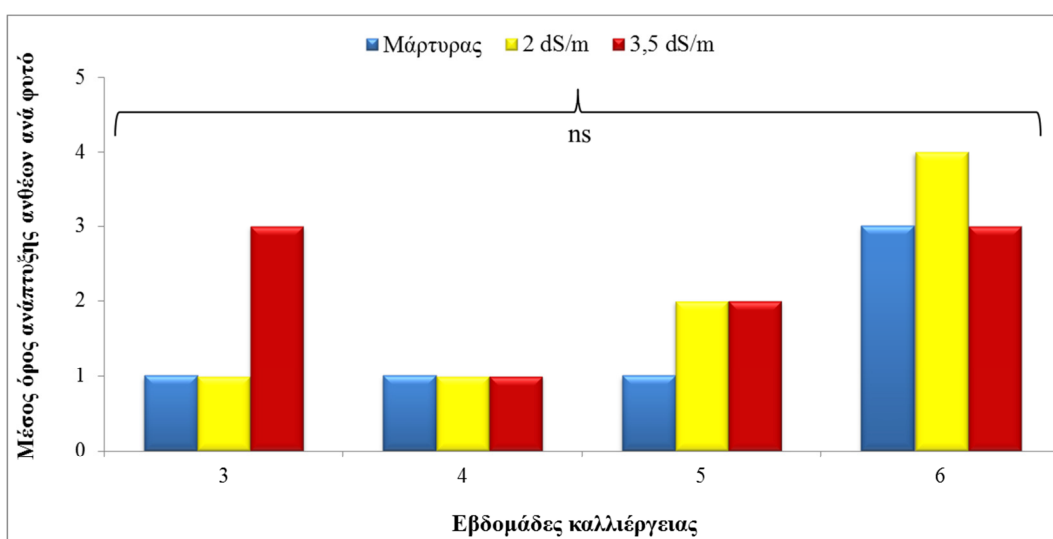
**Εικόνα 32: Υπέργειο και υπόγειο μέρος ποικιλίας A10**

Στο Γράφημα 1 παρουσιάζεται ο ρυθμός ανάπτυξης των φύλλων ανά φυτό τις πρώτες έξι εβδομάδες καλλιέργειας όπου τα φυτά φράουλας έφτασαν στην πλήρη ανάπτυξή τους. Παρατηρούμε ότι η εφαρμογή διαλύματος άρδευσης με υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα δεν επηρέασε αρνητικά την εγκατάσταση και το ρυθμό ανάπτυξης των φυτών φράουλας της ποικιλίας A10.

Στο Γράφημα 2 παρουσιάζεται ο ρυθμός ανάπτυξης των ανθέων ανά φυτό τις πρώτες έξι εβδομάδες καλλιέργειας όπου τα φυτά φράουλας έφτασαν στην πλήρη ανάπτυξή τους. Τις πρώτες δύο εβδομάδες τα φυτά αναπτύχθηκαν μόνο βλαστικά για το λόγο αυτό δεν υπήρχαν καθόλου άνθη. Σχηματισμός και ανάπτυξη ανθέων παρατηρήθηκε σταδιακά από την τρίτη εβδομάδα και έπειτα. Όσον αφορά την εφαρμογή διαλύματος άρδευσης με υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα φαίνεται ότι δεν επηρέασε αρνητικά το σχηματισμό ανθέων στα φυτά της ποικιλίας A10.



**Γράφημα 1:** Μέσος όρος φύλλων ανά φυτό στην ποικιλία A10, τις πρώτες έξι εβδομάδες καλλιέργειας



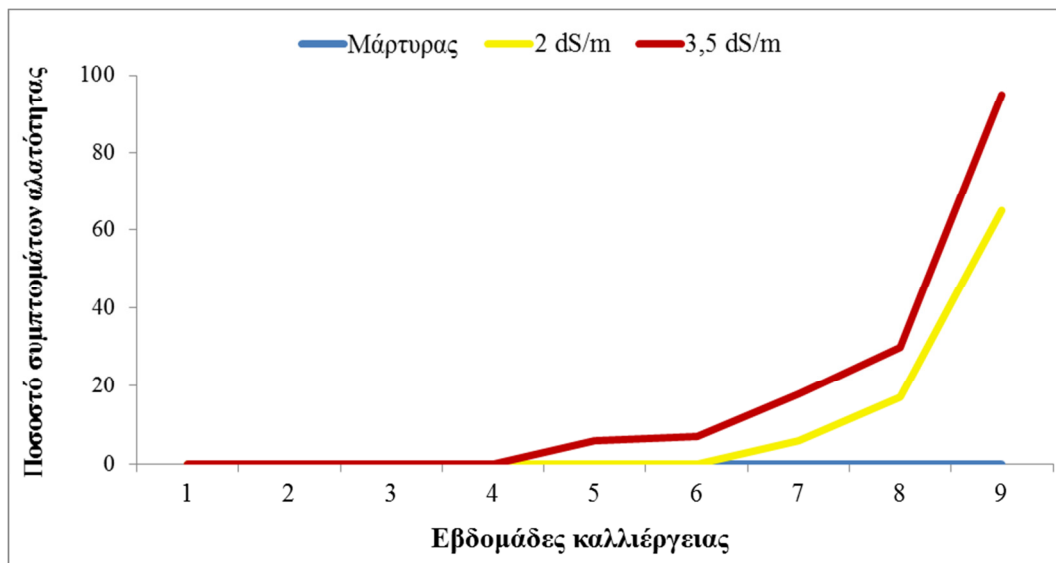
**Γράφημα 2:** Μέσος όρος ανάπτυξης ανθέων ανά φυτό στην ποικιλία A10, τις πρώτες έξι εβδομάδες καλλιέργειας

Στον Πίνακα 7 και στο Γράφημα 3, παρουσιάζεται το ποσοστό των φυτών φράουλας της ποικιλίας A10 που εμφάνισαν συμπτώματα αλατότητας τις εννέα εβδομάδες που διήρκεσε η καλλιέργεια. Ειδικότερα παρατηρούμε ότι τις πρώτες 4 με 5 εβδομάδες δεν σημειώθηκαν ιδιαίτερα προβλήματα. Ωστόσο, από την 6<sup>η</sup> εβδομάδα και μέχρι την ολοκλήρωση της καλλιέργειας βλέπουμε ότι σταδιακά αυξήθηκαν τα προβλήματα στα φυτά από την αλατότητα. Ιδιαίτερα σημαντική αύξηση παρατηρήθηκε στις 7 εβδομάδες ενώ στις 8

εβδομάδες καλλιέργειας, καταγράφηκε εκθετική αύξηση των φυτών που είχαν συμπτώματα αλατότητας που έφτασε μέχρι το 95% για το διάλυμα με ηλεκτρική αγωγιμότητα 3,5 dS m<sup>-1</sup> (Πίνακας 7 και Γράφημα 3).

**Πίνακας 7:** Ποσοστό (%) φυτών φράουλας της ποικιλίας A10 που παρουσίασαν συμπτώματα αλατότητας στην πορεία καλλιέργειας.

Επεμβάσεις	Εβδομάδες καλλιέργειας								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Μάρτυρας	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2 dS m <sup>-1</sup>	0%	0%	0%	0%	0%	6%	17%	65%	70%
3.5 dS m <sup>-1</sup>	0%	0%	0%	6%	7%	18%	30%	95%	95%



**Γράφημα 3** Απεικόνιση εξέλιξης συμπτωμάτων αλατότητας στα φυτά φράουλας της ποικιλίας A10





**Εικόνα 33: Σημάδια αλατότητας στην ποικιλία A10 (από δεξιά προς αριστερά:  
Μάρτυρας,  $2 \text{ dS m}^{-1}$ ,  $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ )**



**Εικόνα 34: Σημάδια αλατότητας στην ποικιλία A10 (από δεξιά προς αριστερά: Μάρτυρας, 2 dS m<sup>-1</sup>, 3,5 dS m<sup>-1</sup>)**

Στον Πίνακα 8 βλέπουμε την εμφάνιση εχθρών και ασθενειών κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας των φυτών της ποικιλίας A10. Οι κύριες ασθένειες που αναπτύχθηκαν ήταν ο βοτρυτής (Εικόνα 35) και το ωίδιο (Εικόνα 36), ενώ από τους εχθρούς σημαντική προσβολή παρατηρήθηκε από τον τετράνυχο (Εικόνα 37). Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι τα φυτά του μάρτυρα προσβλήθηκαν κυρίως από βοτρυτή και τετράνυχο, ενώ αυτά που δέχτηκαν την εφαρμογή άλατος από ωίδιο και τετράνυχο.

Ειδικότερα παρατηρούμε ότι τα φυτά του μάρτυρα προσβλήθηκαν από βοτρυτή σε ποσοστό 13% από την 5<sup>η</sup> εβδομάδα της καλλιέργειας, ενώ τα φυτά που δέχτηκαν την εφαρμογή άλατος παρέμειναν υγιή. Στη συνέχεια εμφανίστηκαν προβλήματα από τετράνυχο που την 6<sup>η</sup> εβδομάδα έφτασε σε ποσοστό προσβολής 16,7% αλλά στη συνέχεια μειώθηκε. Αντίστοιχα παρατηρήθηκε κορύφωση της προσβολής από βοτρυτή που έφτασε μέχρι και το 25% των καλλιεργούμενων φυτών την 7<sup>η</sup> εβδομάδα για να μειωθεί σημαντικά στη συνέχεια (1,6% την 8<sup>η</sup> εβδομάδα καλλιέργειας). Επίσης, μεταξύ των επεμβάσεων με διάλυμα άρδευσης που περιέχει αλάτι βλέπουμε ότι για την επέμβαση με υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα (3,5 dS m<sup>-1</sup>) οι προσβολές ήταν ελάχιστες (6,7%) και περιορίστηκαν στην εμφάνιση μόνο του ωιδίου



την 5<sup>η</sup> εβδομάδα της καλλιέργειας. Ωστόσο, στα φυτά που ποτίζονταν με διάλυμα ηλεκτρικής αγωγιμότητας 2 dS m<sup>-1</sup>, είχαμε προσβολή από ωίδιο και τετράνυχο μόνο την 6<sup>η</sup> και 7<sup>η</sup> εβδομάδα της καλλιέργειας, η οποία ήταν αρκετά υψηλή και έφτασε σε ποσοστό σχεδόν 32% και 25% αντίστοιχα την 7<sup>η</sup> εβδομάδα καλλιέργειας.

**Πίνακας 8:** Εμφάνιση εχθρών και ασθενειών στα φυτά φράουλας της ποικιλίας A10.

Εβδομάδες καλλιέργειας	Μάρτυρας	2 dS m <sup>-1</sup>	3.5 dS m <sup>-1</sup>
1	υγιή φυτά	υγιή φυτά	υγιή φυτά
2	υγιή φυτά	υγιή φυτά	υγιή φυτά
3	υγιή φυτά	υγιή φυτά	υγιή φυτά
4	υγιή φυτά	υγιή φυτά	υγιή φυτά
5	Βοτρύτης 13,3%	υγιή φυτά	υγιή φυτά
6	Βοτρύτης 13,3%	Ωίδιο 30%	υγιή φυτά
	Τετράνυχος 16,7%	Τετράνυχος 10%	
7	Βοτρύτης 25%	Ωίδιο 31,6%	Ωίδιο 6,7%
	Τετράνυχος 5%	Τετράνυχος 25,3%	
8	Βοτρύτης 1,6%	υγιή φυτά	υγιή φυτά
9	υγιή φυτά	υγιή φυτά	υγιή φυτά



**Εικόνα 35: Προσβολή από βοτρυτή**



**Εικόνα 36: Προσβολή οιδίου**



**Εικόνα 37:** Προσβολή από τετράνουχο

### 3.2 Ποικιλία Camarosa

Η ανάλυση διασποράς και η δοκιμασία των πολλαπλών μέσων έδειξε ότι δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών επεμβάσεων με αλάτι, όσον αφορά το pH, τα ολικά διαλυτά στερεά, την ογκομετρούμενη οξύτητα του χυμού και το λόγο ολικών διαλυτών στερεών προς ογκομετρούμενη οξύτητα (Πίνακας 9).

Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι το pH των καρπών είχε τιμές από 3,30 έως 3,34 και τα ολικά διαλυτά στερεά από 8,28 έως 8,80 °Brix με τους καρπούς που δέχτηκαν την εφαρμογή υδατικού διαλύματος με ηλεκτρική αγωγιμότητα 3,5 dS m<sup>-1</sup> να παρουσιάζουν υψηλότερη συγκέντρωση χωρίς ωστόσο η διαφορά αυτή να είναι στατιστικά σημαντική (Πίνακας 9). Η ογκομετρούμενη οξύτητα είχε τιμές από 1,06 έως 1,19 % κιτρικό οξύ και ο λόγος ολικών διαλυτών στερεών προς ογκομετρούμενη οξύτητα από 7,63 έως 8,67.

**Πίνακας 9:** Επίδραση της αλατότητας στο pH, τα ολικά διαλυτά στερεά (ΟΔΣ) και την ολική ογκομετρούμενη οξύτητα (ΟΟΟ) στους καρπούς φράουλας της ποικιλίας Camarosa.

Επεμβάσεις	pH	ΟΔΣ (°Brix)	ΟΟΟ (% κιτρικό οξύ)	ΟΔΣ:ΟΟΟ
------------	----	-------------	---------------------	---------

	ns		ns		ns		ns	
	MO	stdv	MO	stdv	MO	stdv	MO	stdv
Μάρτυρας	3.34±0.04 a		8.28±0.77 a		1.19±0.34 a		7.63±2.65 a	
2 dS m <sup>-1</sup>	3.30±0.11 a		8.39±0.74 a		1.06±0.33 a		8.67±2.86 a	
3.5 dS m <sup>-1</sup>	3.33±0.09 a		8.80±0.81 a		1.12±0.35 a		8.65±3.15 a	

Μέσοι εντός της ίδιας στήλης ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με τη δοκιμασία του Tukey's HSD σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=0.05$ .

\*,  $p < 0.05$ ; \*\*,  $p < 0.01$ ; \*\*\*,  $p < 0.001$ ; ns, μη στατιστικά σημαντική επίδραση

Όσον αφορά το βάρος, το μήκος, τη διάμετρο των καρπών, καθώς και το λόγο διαμέτρου προς μήκος καρπών δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Το μέσο βάρος καρπού ανεξαρτήτως επέμβασης με αλάτι ήταν 19,2 g, το μέσο μήκος 37,7 mm και η μέση διάμετρος 33,9 mm (Πίνακας 10).

Στον Πίνακα 11 παρατηρείται ότι η ποιότητα των καρπών δεν επηρεάστηκε από την εφαρμογή αλατος. Ειδικότερα, βρέθηκε ότι πάνω από το 92% των καρπών ανήκουν στην ποιοτική κατηγορία extra, ενώ περίπου το 6-7% των καρπών που δέχτηκαν την εφαρμογή διαλύματος με ηλεκτρική αγωγιμότητα 2 dS m<sup>-1</sup> και 3,5 dS m<sup>-1</sup> ανήκουν στις κατηγορίες I και II, ποσοστό υψηλότερο αλλά όχι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο σε σχέση με το μάρτυρα (2%). Η ολική παραγωγή ανά φυτό φράουλας καθώς και η ολική παραγωγή επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά αρνητικά από την εφαρμογή διαλύματος άρδευσης με αλάτι (Πίνακας 11). Τα φυτά του μάρτυρα παρουσίασαν την υψηλότερη ολική παραγωγή ανά φυτό (131 g) καθώς και ολική παραγωγή (4,3 Kg). Ωστόσο, όσο αυξανόταν η ηλεκτρική αγωγιμότητα του διαλύματος άρδευσης παρατηρήθηκε σημαντική μείωση της ολικής παραγωγής, που έφτασε τα 3,2 Kg στην περίπτωση των 3,5 dS m<sup>-1</sup>.

**Πίνακας 10:** Επίδραση της εφαρμογής αλατότητας στα φυσιολογικά χαρακτηριστικά των καρπών της ποικιλίας Camarosa.

Επέμβαση	Βάρος (g)		Μήκος (mm)		Διάμετρος (mm)		Διάμετρος/Μήκος	
	ns		ns		ns		*	
	MO	stdv	MO	stdv	MO	stdv	MO	stdv
Μάρτυρας	19.20±6.64	a	38.39±6.62	a	33.11±4.50	a	0.88±0.15	b
2 dS m <sup>-1</sup>	19.54±6.85	a	38.20±7.35	a	34.58±5.14	a	0.93±0.17	ab
3.5 dS m <sup>-1</sup>	18.75±5.52	a	36.98±7.10	a	34.01±3.41	a	0.95±0.16	a

Μέσοι εντός της ίδιας στήλης ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με τη δοκιμασία του Tukey's HSD σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=0.05$ .

\*,  $p < 0.05$ ; \*\*,  $p < 0.01$ ; \*\*\*,  $p < 0.001$ ; ns, μη στατιστικά σημαντική επίδραση

**Πίνακας 11:** Επίδραση της εφαρμογής αλατότητας στα εμπορικά χαρακτηριστικά των καρπών (κατηγορίες extra, I και II, εκφρασμένα σε ποσοστό %) στην ολική παραγωγή/φυτό (g) και στην ολική παραγωγή (Kg) στην ποικιλία Camarosa.

Επέμβαση	Extra		I και II		Ολική παραγωγή/φυτό (g)		Ολική παραγωγή (Kg)	
	ns		ns		**		***	
	MO	stdv	MO	stdv	MO	stdv	MO	stdv
Μάρτυρας	97.82±1.32	a	2.18±1.32	a	130.74±33.00	a	4.31±0.36	a
2 dS m <sup>-1</sup>	94.12±1.76	a	5.88±1.76	a	103.13±19.90	b	3.40±0.22	b
3.5 dS m <sup>-1</sup>	92.82±3.93	a	7.18±3.93	a	96.20±41.78	b	3.17±0.46	b

Μέσοι εντός της ίδιας στήλης ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με τη δοκιμασία του Tukey's HSD σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=0.05$ .

\*,  $p < 0.05$ ; \*\*,  $p < 0.01$ ; \*\*\*,  $p < 0.001$ ; ns, μη στατιστικά σημαντική επίδραση

Στους Πίνακες 12, 13 και 14 παρουσιάζεται η επίδραση της εφαρμογής αλατότητας στο νωπό και ξηρό βάρος της ρίζας, του βλαστού και ολόκληρου του φυτού. Η αρνητική επίδραση ήταν στατιστικά σημαντική στην ανάπτυξη της ρίζας στην εφαρμογή διαλύματος άρδευσης με ηλεκτρική αγωγιμότητα 3,5 dS m<sup>-1</sup> και συνετέλεσε σε μειωμένο νωπό και ξηρό βάρος (Πίνακας 12), ενώ δεν παρατηρήθηκαν διαφορές όσον αφορά το λόγο ξηρού προς νωπό βάρος ρίζας. Επίσης, δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων όσον αφορά το νωπό και ξηρό βάρος του βλαστού (Πίνακας 13). Ωστόσο, η

εφαρμογή διαλύματος άρδευσης με ηλεκτρική αγωγιμότητα 2 dS m<sup>-1</sup> και 3,5 dS m<sup>-1</sup> οδήγησε σε σημαντική μείωση του νωπού και ξηρού βάρους ολόκληρου του φυτού (Πίνακας 14).

**Πίνακας 12:** Επίδραση της εφαρμογής αλατότητας στο νωπό και ξηρό βάρος της ρίζας της ποικιλίας Camarosa.

Επεμβάσεις	Ρίζα					
	Νωπό βάρος		Ξηρό βάρος		Ξηρό/Νωπό βάρος	
	*		*		ns	
	MO	stdv	MO	stdv	MO	stdv
Μάρτυρας	140.67±72.34	a	27.44±14.35	a	0.19±0.01	a
2 dS m <sup>-1</sup>	86.64±34.94	ab	16.95±6.58	ab	0.20±0.02	a
3.5 dS m <sup>-1</sup>	73.24±19.60	b	13.98±1.92	b	0.20±0.03	a

Μέσοι εντός της ίδιας στήλης ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με τη δοκιμασία του Tukey's HSD σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=0.05$ .

\*,  $p < 0.05$ ; \*\*,  $p < 0.01$ ; \*\*\*,  $p < 0.001$ ; ns, μη στατιστικά σημαντική επίδραση

**Πίνακας 13:** Επίδραση της εφαρμογής αλατότητας στο νωπό και ξηρό βάρος του βλαστού της ποικιλίας Camarosa.

Επεμβάσεις	Βλαστός					
	Νωπό βάρος		Ξηρό βάρος		Ξηρό/Νωπό βάρος	
	ns		ns		ns	
	MO	stdv	MO	stdv	MO	stdv
Μάρτυρας	162.35±44.84	a	49.07±11.31	a	0.31±0.03	a
2 dS m <sup>-1</sup>	145.54±21.05	a	40.12±7.49	a	0.27±0.02	a
3.5 dS m <sup>-1</sup>	126.43±30.34	a	37.22±8.54	a	0.30±0.02	a

Μέσοι εντός της ίδιας στήλης ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με τη δοκιμασία του Tukey's HSD σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=0.05$ .

\*,  $p < 0.05$ ; \*\*,  $p < 0.01$ ; \*\*\*,  $p < 0.001$ ; ns, μη στατιστικά σημαντική επίδραση



**Πίνακας 14:** Επίδραση της εφαρμογής αλατότητας στο νωπό και ξηρό βάρος ολόκληρου του φυτού της ποικιλίας Camarosa.

Επεμβάσεις	Ολόκληρο το φυτό					
	Νωπό βάρος		Ξηρό βάρος		Ξηρό/Νωπό βάρος	
	**		***		ns	
	MO	stdv	MO	stdv	MO	stdv
Μάρτυρας	303.01±106.95	a	76.51±23.48	a	0.26±0.02	a
2 dS m <sup>-1</sup>	232.18±24.76	b	57.07±5.16	b	0.25±0.03	a
3.5 dS m <sup>-1</sup>	199.66±34.74	b	51.20±8.67	b	0.26±0.03	a

Μέσοι εντός της ίδιας στήλης ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με τη δοκιμασία του Tukey's HSD σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=0.05$ .

\*,  $p < 0.05$ ; \*\*,  $p < 0.01$ ; \*\*\*,  $p < 0.001$ ; ns, μη στατιστικά σημαντική επίδραση

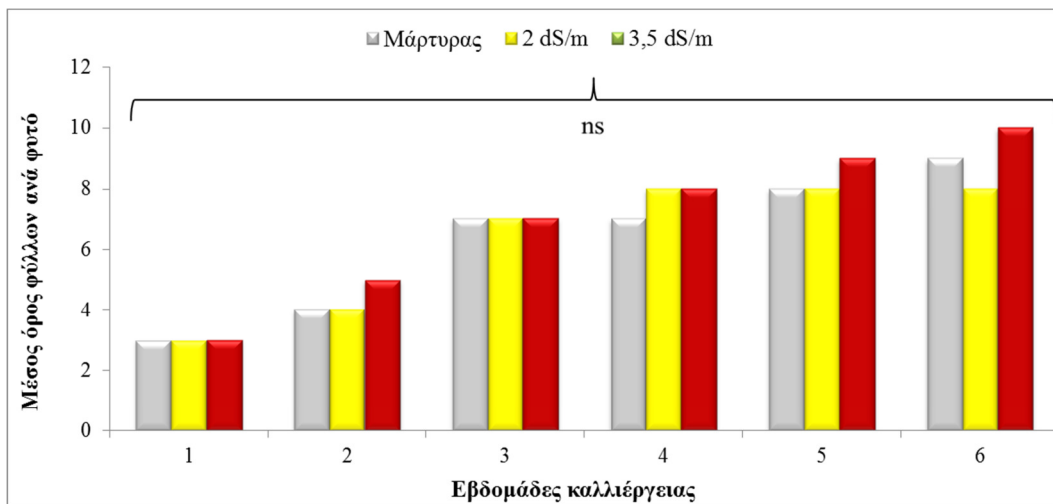


**Εικόνα 38:** Υπέργειο και υπόγειο μέρος φυτού ποικιλίας Camarosa

Στο Γράφημα 4 παρουσιάζεται ο ρυθμός ανάπτυξης των φύλλων ανά φυτό τις πρώτες έξι εβδομάδες καλλιέργειας όπου τα φυτά φράουλας έφτασαν στην πλήρη ανάπτυξή τους. Παρατηρούμε ότι η εφαρμογή διαλύματος άρδευσης με υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα δεν

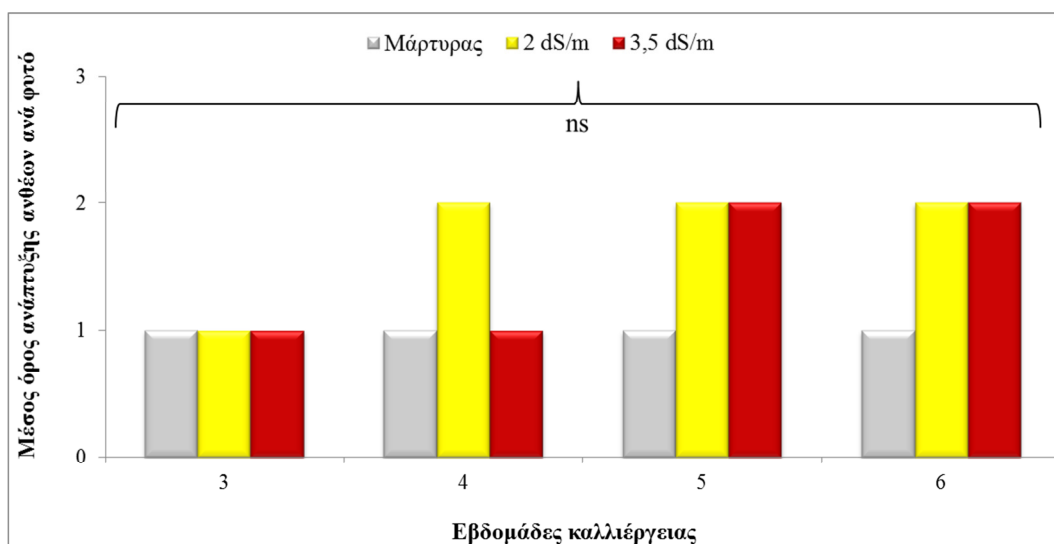
επηρέασε αρνητικά την εγκατάσταση και το ρυθμό ανάπτυξης των φυτών φράουλας της ποικιλίας Camarosa.

Στο Γράφημα 5 παρουσιάζεται ο ρυθμός ανάπτυξης των ανθέων ανά φυτό τις πρώτες έξι εβδομάδες καλλιέργειας όπου τα φυτά φράουλας έφτασαν στην πλήρη ανάπτυξή τους. Τις πρώτες δύο εβδομάδες τα φυτά αναπτύχθηκαν μόνο βλαστικά για το λόγο αυτό δεν υπήρχαν καθόλου άνθη. Σχηματισμός και ανάπτυξη ανθέων παρατηρήθηκε σταδιακά από την τρίτη εβδομάδα και έπειτα. Όσον αφορά την εφαρμογή διαλύματος άρδευσης με υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα φαίνεται ότι δεν επηρέασε αρνητικά το σχηματισμό ανθέων στα φυτά της ποικιλίας Camarosa. Αξιοσημείωτο ωστόσο είναι ότι την 5<sup>η</sup> και 6<sup>η</sup> εβδομάδα καλλιέργειας τα φυτά που δέχτηκαν την εφαρμογή αλατότητας ανεξαρτήτου ηλεκτρικής αγωγιμότητας εμφάνισαν 1 άνθος περισσότερο σε σχέση με το μάρτυρα.



**Γράφημα 4:** Μέσος όρος φύλλων ανά φυτό στην ποικιλία Camarosa, τις πρώτες έξι εβδομάδες καλλιέργειας



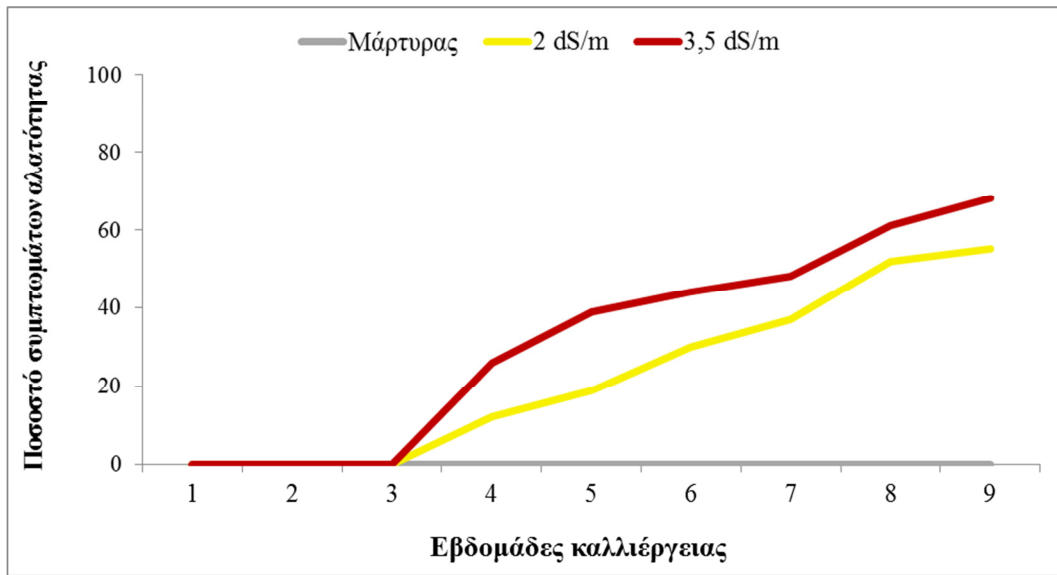


**Γράφημα 5:** Μέσος όρος ανθέων ανά φυτό στην ποικιλία Camarosa, τις πρώτες έξι εβδομάδες καλλιέργειας

Στον Πίνακα 15 και στο Γράφημα 6, παρουσιάζεται το ποσοστό των φυτών φράουλας της ποικιλίας Camarosa που εμφάνισαν συμπτώματα αλατότητας τις εννέα εβδομάδες που διήρκεσε η καλλιέργεια. Ειδικότερα παρατηρούμε ότι τις πρώτες 4 εβδομάδες δεν σημειώθηκαν ιδιαίτερα προβλήματα. Την 5<sup>η</sup> εβδομάδα το 39% των φυτών στα οποία εφαρμόστηκε διάλυμα άρδευσης με ηλεκτρική αγωγιμότητα 3,5 dS m<sup>-1</sup> παρουσίασαν συμπτώματα αλατότητας. Από την 6<sup>η</sup> εβδομάδα και μέχρι την ολοκλήρωση της καλλιέργειας βλέπουμε ότι σταδιακά αυξήθηκαν τα προβλήματα στα φυτά από την αλατότητα και έφτασαν μέχρι το 68% για το διάλυμα άρδευσης με ηλεκτρική αγωγιμότητα 3,5 dS m<sup>-1</sup> και μέχρι το 55% για αυτά που δέχτηκαν διάλυμα άλατος ηλεκτρικής αγωγιμότητας 2 dS m<sup>-1</sup> (Πίνακας 15 και Γράφημα 6).

**Πίνακας 15:** Ποσοστό (%) φυτών φράουλας της ποικιλίας Camarosa που παρουσίασαν συμπτώματα αλατότητας στην πορεία καλλιέργειας.

Επεμβάσεις	Εβδομάδες καλλιέργειας								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Μάρτυρας	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2 dS m <sup>-1</sup>	0%	0%	0%	12%	19%	30%	37%	52%	55%
3.5 dS m <sup>-1</sup>	0%	0%	0%	26%	39%	44%	48%	61%	68%



**Γράφημα 6:** Απεικόνιση εξέλιξης συμπτωμάτων αλατότητας στα φυτά φράουλας της ποικιλίας Camarosa



**Εικόνα 39:** Σημάδια αλατότητας στην ποικιλία Camarosa (από δεξιά προς αριστερά: Μάρτυρας, 2 dS m<sup>-1</sup>, 3,5 dS m<sup>-1</sup>)





**Εικόνα 40: Σημάδια αλατότητας στην ποικιλία Camarosa (από δεξιά προς αριστερά: Μάρτυρας, 2 dS m<sup>-1</sup>, 3,5 dS m<sup>-1</sup>)**

Στον Πίνακα 16 βλέπουμε την εμφάνιση εχθρών και ασθενειών κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας των φυτών της ποικιλίας Camarosa. Οι κύριες ασθένειες που αναπτύχθηκαν ήταν ο βοτρυτής και το οίδιο (Εικόνα 41), ενώ από τους εχθρούς σημαντική προσβολή παρατηρήθηκε από τον τετράνυχο (Εικόνα 42). Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι τα φυτά του μάρτυρα προσβλήθηκαν μόνο από οίδιο, ενώ αυτά που δέχτηκαν την εφαρμογή άλατος από οίδιο, βοτρυτή και τετράνυχο.

Ειδικότερα παρατηρούμε ότι όλα τα φυτά ανεξαρτήτου επέμβασης προσβλήθηκαν από οίδιο αρκετά νωρίς, την 3<sup>η</sup> εβδομάδα καλλιέργειας και σε αρκετά υψηλά ποσοστά 16,6 – 36,6%. Στον μάρτυρα η προσβολή από οίδιο έφτασε σε ποσοστό 23% από την 6<sup>η</sup> – 7<sup>η</sup> εβδομάδα της καλλιέργειας. Τα φυτά που δέχτηκαν την εφαρμογή διαλύματος άρδευσης ηλεκτρικής αγωγιμότητας 2 dS m<sup>-1</sup> προσβλήθηκαν από οίδιο σε αρκετά υψηλά ποσοστά που έφθαναν μέχρι και 56% την 6<sup>η</sup> εβδομάδα καλλιέργειας, ενώ η προσβολή από βοτρυτή δεν ξεπέρασε το 20% και ο τετράνυχος το 10%. Τέλος, στα φυτά που εφαρμόστηκε διάλυμα άρδευσης με ηλεκτρική αγωγιμότητα 3,5 dS m<sup>-1</sup> οι προσβολές ήταν περιορισμένες συγκριτικά με τις άλλες δύο επεμβάσεις και αφορούσαν στο οίδιο με μέγιστο ποσοστό προσβολής σχεδόν 28% και στον τετράνυχο με 10%.

**Πίνακας 16:** Εμφάνιση εχθρών και ασθενειών στα φυτά φράουλας της ποικιλίας Camarosa.

Εβδομάδες καλλιέργειας	Μάρτυρας	2 dS m <sup>-1</sup>	3.5 dS m <sup>-1</sup>
1	υγιή φυτά	υγιή φυτά	υγιή φυτά
2	υγιή φυτά	υγιή φυτά	υγιή φυτά
3	Ωίδιο 16,6%	Ωίδιο 36,6%	Ωίδιο 10%
4	Ωίδιο 10%	Ωίδιο 20%	υγιή φυτά
5	Ωίδιο 20%	Ωίδιο 40%	Ωίδιο 20%
		Βοτρύτης 13,3%	
		Ωίδιο 53,3%	Ωίδιο 23,3%
6	Ωίδιο 23,3%	Βοτρύτης 20%	Τετράνυχος 10%
		Τετράνυχος 10%	
		Ωίδιο 56%	Ωίδιο 28%
7	Ωίδιο 23%	Βοτρύτης 16,7%	Τετράνυχος 8,3%
		Τετράνυχος 8,3%	
8	υγιή φυτά	υγιή φυτά	υγιή φυτά
9	υγιή φυτά	υγιή φυτά	υγιή φυτά



**Εικόνα 41: Προσβολή από ωίδιο**

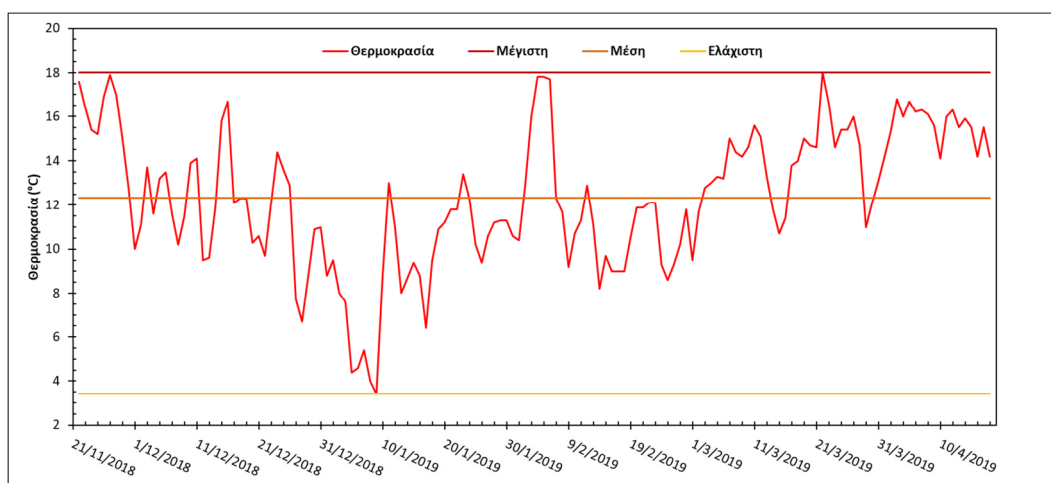


**Εικόνα 42: Προσβολή από τετράνυχο.**

### 3.3 Αποτελέσματα μετρήσεων παραμέτρων μικροκλίματος θερμοκηπίου και υγρασίας εδάφους

Στα γραφήματα 7 ως 9 παρουσιάζονται οι ημερήσιες μέσες τιμές των μετρήσεων των μετεωρολογικών παραμέτρων που καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος, από τους αισθητήρες που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο.

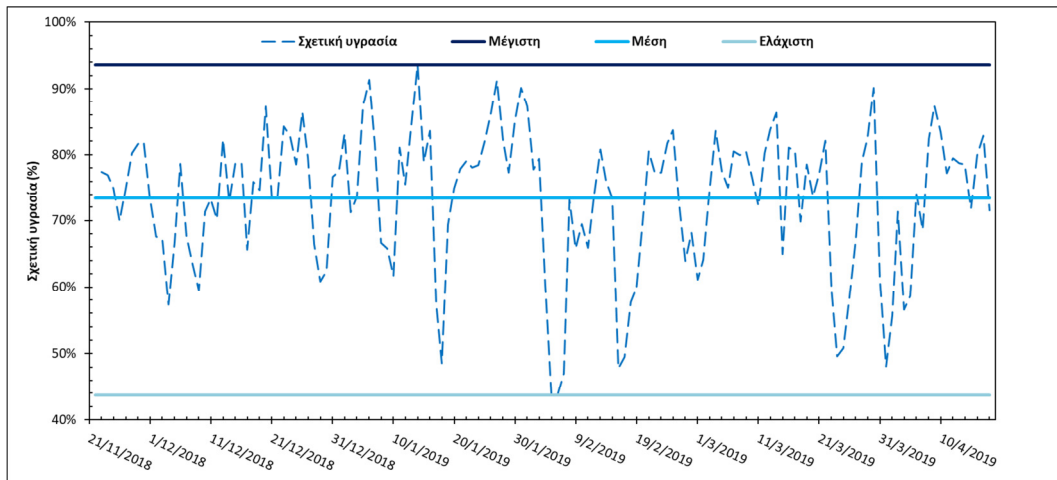
Ειδικότερα, στο Γράφημα 7 παρουσιάζεται η διακύμανση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, ενώ παράλληλα εμφανίζονται η μέγιστη (18,0 °C), η μέση (12,3 °C) και η ελάχιστη (3,4 °C) τιμή της.



**Γράφημα 7:** Απεικόνιση διακύμανσης της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου

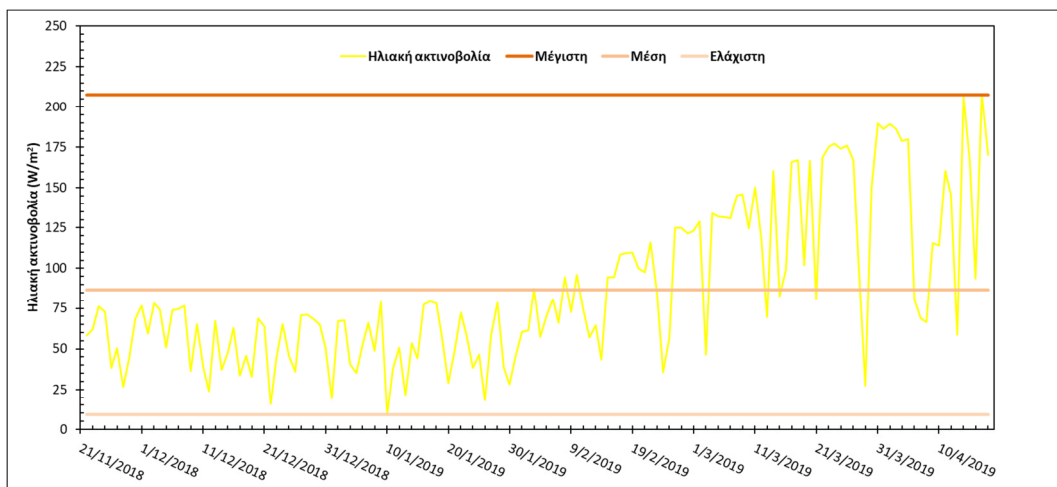
Στο Γράφημα 8 παρουσιάζεται η διακύμανση της μέσης ημερήσιας σχετικής υγρασίας του αέρα στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, ενώ παράλληλα εμφανίζονται η μέγιστη (93,6 %), η μέση (73,4 %) και η ελάχιστη (43,7 %) τιμή της.





**Γράφημα 8:** Απεικόνιση διακύμανσης της μέσης ημερήσιας σχετικής υγρασίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου.

Στο Γράφημα 9 παρουσιάζεται η διακύμανση της μέσης ημερήσιας ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, ενώ παράλληλα εμφανίζονται η μέγιστη (93,6 %), η μέση (73,4 %) και η ελάχιστη (43,7 %) τιμή της.

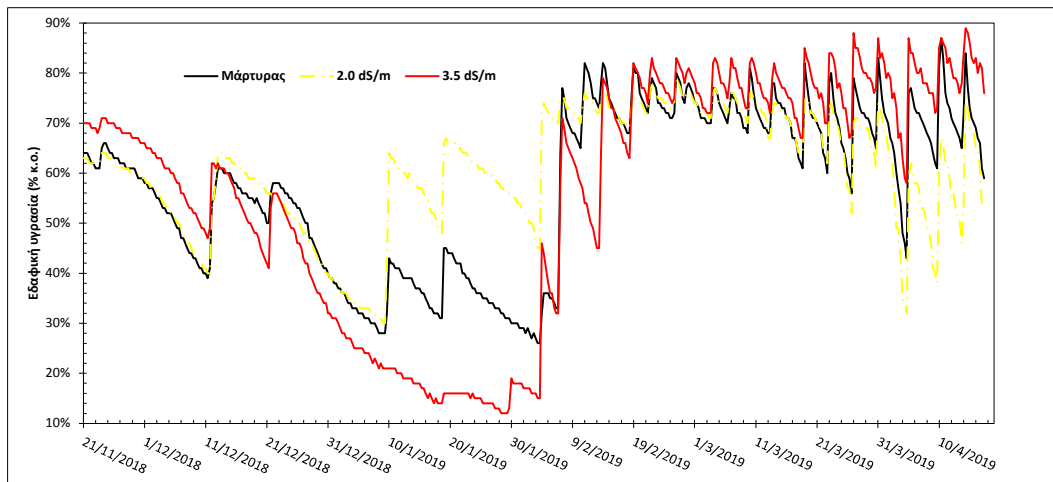


**Γράφημα 9:** Απεικόνιση διακύμανσης της μέσης ημερήσιας ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου

Στο Γράφημα 10 παρουσιάζονται οι τιμές των τριών αισθητήρων εδαφικής υγρασίας EC-5, που είχαν τοποθετηθεί σε φυτά της ποικιλίας Camarosa κατά τη διάρκεια του πειράματος. Ειδικότερα με μαύρο χρώμα παρουσιάζεται η εδαφική υγρασία στη γλάστρα ενός από τους



μάρτυρες, ενώ με κίτρινο και κόκκινο παρουσιάζεται η εδαφική υγρασία στις γλάστρες των άλλων δύο χειρισμών, αντίστοιχα.



**Γράφημα 10:** Απεικόνιση διακύμανσης της εδαφικής υγρασίας στους τρεις διαφορετικούς χειρισμούς της ποικιλίας Camarosa

Παρατηρούμε ότι η διακύμανση της εδαφικής υγρασίας είναι παρόμοια και στους τρεις αισθητήρες, ενώ γίνονται εμφανείς οι μεταβολές της μετά από την εφαρμογή άρδευσης. Επίσης, παρατηρούμε ότι στο τέλος του πειράματος στη γλάστρα του χειρισμού με την υψηλή αλατότητα ( $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ ), η εδαφική υγρασία βρισκόταν σε υψηλότερα επίπεδα από τους άλλους δύο χειρισμούς, ενώ η γλάστρα με την χαμηλή αλατότητα ( $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ ), παρουσίασε παρόμοιο ποσοστό εδαφικής υγρασίας με τον μάρτυρα. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι τα φυτά που αρδεύονταν με νερό αυξημένης ηλεκτρικής αγωγιμότητας δεν μπορούσαν να προσλάβουν τις απαραίτητες ποσότητες νερού για να μπορέσουν να καλύψουν τις ανάγκες τους, λόγω αυξημένης ωσμωτικής και ιοντικής καταπόνησης (Καραμπουρνιώτης κ.α, 2012).

Στο τέλος του πειράματος (17/4/2019) η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους, όπως αυτή μετρήθηκε από τον αισθητήρα UMP1-BTPLUS, για την ποικιλία Camarosa ήταν  $0,85 \text{ dS m}^{-1}$  στον μάρτυρα,  $1,74 \text{ dS m}^{-1}$  στην εφαρμογή άλατος με  $2 \text{ dS m}^{-1}$  και  $3,96 \text{ dS m}^{-1}$  στην εφαρμογή διαλύματος άρδευσης με ηλεκτρική αγωγιμότητα  $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ .



**Εικόνα 43: Άποψη του θερμοκηπίου από Βορά προς Νότο**



**Εικόνα 44: Νοτιοανατολική άποψη του θερμοκηπίου**

## 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο γίνεται κατανοητό ότι υπήρξαν διαφορές μεταξύ των δύο ποικιλιών όσο αφορά την ανάπτυξη και την παραγωγή τους κάτω από συνθήκες καταπόνησης αλατότητας. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται αναλυτικά τα συμπεράσματα της εργασίας για τις δύο ποικιλίες.

### 4.1 Ποικιλία A10

Στην ποικιλία A10 η εφαρμογή διαλύματος άρδευσης με υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα δεν επηρέασε αρνητικά την εγκατάσταση και το ρυθμό ανάπτυξης των φυτών φράουλας.

Η ανάλυση διασποράς και η δοκιμασία των πολλαπλών μέσων έδειξε ότι δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών επεμβάσεων με αλάτι, όσον αφορά το pH, τα ολικά διαλυτά στερεά, την ογκομετρούμενη οξύτητα του χυμού, και το λόγο ολικών διαλυτών στερεών προς την ογκομετρούμενη οξύτητα.

Επίσης, οι καρποί του μάρτυρα παρουσίασαν υψηλότερη συγκέντρωση διαλυτών στερεών από τους άλλους δύο χειρισμούς, χωρίς ωστόσο η διαφορά αυτή να είναι στατιστικά σημαντική.

Υπήρξε σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων με αλάτι όσον αφορά το βάρος και τη διάμετρο των καρπών, ενώ δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στο μήκος και το λόγο διαμέτρου προς το μήκος. Ο μάρτυρας παρουσίασε μεγαλύτερο βάρος και διάμετρο καρπού, αντιθέτως με την εφαρμογή διαλύματος άλατος με ηλεκτρική αγωγιμότητα  $3,5 \text{ dS m}^{-1}$  όπου οι καρποί είχαν στατιστικά σημαντικά μικρότερο βάρος και μικρότερη διάμετρο καρπού.





**Εικόνα 45: Συμπτώματα αλατότητας σε φυτά της ποικιλίας A10 (από δεξιά προς αριστερά: Μάρτυρας, 2 dS m<sup>-1</sup>, 3,5 dS m<sup>-1</sup>)**

Όσον αφορά την ποιότητα των καρπών, δεν επηρεάστηκε από την εφαρμογή άλατος αφού, πάνω από το 93% των καρπών ανήκουν στην ποιοτική κατηγορία extra, ενώ περίπου το 7% των καρπών που δέχτηκαν την εφαρμογή διαλύματος άλατος με ηλεκτρική αγωγιμότητα 3,5 dS m<sup>-1</sup> ανήκουν στις κατηγορίες I και II, ποσοστό υψηλότερο αλλά όχι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο σε σχέση με το μάρτυρα και, την επέμβαση με διάλυμα άλατος με ηλεκτρική αγωγιμότητα 2 dS m<sup>-1</sup>.

Επίσης, η μέση ολική παραγωγή ανά φυτό φράουλας δε διέφερε στατιστικά σημαντικά μεταξύ των επεμβάσεων. Ωστόσο, η ολική παραγωγή επηρεάστηκε αρνητικά από την εφαρμογή άλατος, καθώς η εφαρμογή διαλύματος με υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα είχε χαμηλότερο φορτίο (7,0 κιλά) σε σχέση με το μάρτυρα (9,2 κιλά).

Η αρνητική επίδραση ήταν στατιστικά σημαντική στην ανάπτυξη της ρίζας, στην της εφαρμογής διαλύματος με ηλεκτρική αγωγιμότητα 3,5 dS m<sup>-1</sup> και συνετέλεσε σε μειωμένο νωπό και ξηρό βάρος, ενώ δεν παρατηρήθηκαν διαφορές όσον αφορά το λόγο ξηρού προς το νωπό βάρος ρίζας.

Αντίστοιχη μείωση όπως αυτή που βρέθηκε για τη ρίζα, παρατηρήθηκε και στο υπέργειο κομμάτι του φυτού. Φάνηκε ότι ο μάρτυρας είχε στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο νωπό και ξηρό βάρος υπέργειου μέρους, και ύστερα ακολουθούσε η εφαρμογή διαλύματος άλατος με ηλεκτρική αγωγιμότητα 2 dS m<sup>-1</sup> με αρκετά σημαντική μείωση. Επιπλέον, η εφαρμογή

διαλύματος άρδευσης με ηλεκτρική αγωγιμότητα  $3,5 \text{ dS m}^{-1}$  οδήγησε σε ιδιαίτερα σημαντική μείωση του βάρους του υπέργειου μέρους.

Όσον αφορά την εφαρμογή διαλύματος άρδευσης με υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα φαίνεται ότι δεν επηρέασε αρνητικά το σχηματισμό ανθέων στα φυτά της ποικιλίας A10.

Τις πρώτες 4 με 5 εβδομάδες της καλλιέργειας δεν σημειώθηκαν ιδιαίτερα προβλήματα. Ωστόσο, από την 6<sup>η</sup> εβδομάδα και μέχρι την ολοκλήρωση της καλλιέργειας βλέπουμε ότι σταδιακά αυξήθηκαν τα προβλήματα στα φυτά από την αλατότητα. Ιδιαίτερα σημαντική αύξηση παρατηρήθηκε στις 7 εβδομάδες ενώ στις 8 εβδομάδες καλλιέργειας, καταγράφηκε εκθετική αύξηση των φυτών που είχαν συμπτώματα αλατότητας που έφτασε μέχρι το 95% για το διάλυμα με ηλεκτρική αγωγιμότητα  $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ .

## 4.2 Ποικιλία Camarosa

Η ανάλυση διασποράς και η δοκιμασία των πολλαπλών μέσων έδειξε ότι δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών επεμβάσεων με αλάτι, όσον αφορά το pH, τα ολικά διαλυτά στερεά, την ογκομετρούμενη οξύτητα του χυμού και το λόγο ολικών διαλυτών στερεών προς την ογκομετρούμενη οξύτητα.

Το pH των καρπών είχε τιμές από 3,30 έως 3,34 και τα ολικά διαλυτά στερεά από 8,28 έως 8,80 °Brix με τους καρπούς που δέχτηκαν την εφαρμογή υδατικού διαλύματος με ηλεκτρική αγωγιμότητα  $3,5 \text{ dS m}^{-1}$  να παρουσιάζουν υψηλότερη συγκέντρωση χωρίς ωστόσο η διαφορά αυτή να είναι στατιστικά σημαντική.

Όσον αφορά το βάρος, το μήκος, τη διάμετρο των καρπών, καθώς και το λόγο διαμέτρου προς μήκος καρπών δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Η ποιότητα των καρπών δεν επηρεάστηκε από την εφαρμογή άλατος. Ειδικότερα, βρέθηκε ότι πάνω από το 92% των καρπών ανήκουν στην ποιοτική κατηγορία extra, ενώ περίπου το 6-7% των καρπών που δέχτηκαν την εφαρμογή διαλύματος με ηλεκτρική αγωγιμότητα  $2 \text{ dS m}^{-1}$  και  $3,5 \text{ dS m}^{-1}$  ανήκουν στις κατηγορίες I και II, ποσοστό υψηλότερο αλλά όχι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο σε σχέση με το μάρτυρα (2%).





**Εικόνα 46: Συμπτώματα αλατότητας σε φυτά της ποικιλίας Camarosa (κάτω: Μάρτυρας, πάνω δεξιά: 2 dS m<sup>-1</sup>, πάνω αριστερά 3,5 dS m<sup>-1</sup>)**

Η επίδραση της εφαρμογής άλατος ήταν στατιστικά σημαντική, στην μέση ολική παραγωγή ανά φυτό φράουλας Camarosa καθώς και στην ολική παραγωγή, από την εφαρμογή διαλύματος άρδευσης με αλάτι. Τα φυτά του μάρτυρα παρουσίασαν την υψηλότερη ολική παραγωγή ανά φυτό (131 g) καθώς και την ολική παραγωγή (4,3 Kg). Ωστόσο, όσο αυξανόταν η ηλεκτρική αγωγιμότητα του διαλύματος άρδευσης παρατηρήθηκε σημαντική μείωση της ολικής παραγωγής, που έφτασε τα 3,2 Kg στην περίπτωση των 3,5 dS m<sup>-1</sup>.

Η αρνητική επίδραση που προκάλεσε η αλατότητα στο ξηρό καθώς και στο νωπό βάρος της ρίζας ήταν στατιστικά σημαντική κυρίως στην εφαρμογή διαλύματος άρδευσης με ηλεκτρική αγωγιμότητα 3,5 dS m<sup>-1</sup> και συνετέλεσε σε μειωμένο νωπό και ξηρό βάρος, ενώ δεν παρατηρήθηκαν διαφορές όσον αφορά το λόγο ξηρού προς νωπό βάρος ρίζας. Επίσης, δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων όσον αφορά το νωπό και ξηρό βάρος του βλαστού. Ωστόσο, η εφαρμογή διαλύματος άρδευσης με ηλεκτρική

αγωγιμότητα  $2 \text{ dS m}^{-1}$  και  $3,5 \text{ dS m}^{-1}$  οδήγησε σε σημαντική μείωση του νωπού και ξηρού βάρους ολόκληρου του φυτού.

Τέλος παρατηρούμε ότι τις πρώτες 4 εβδομάδες δεν σημειώθηκαν ιδιαίτερα προβλήματα. Βέβαια την 5<sup>η</sup> εβδομάδα το 39% των φυτών στα οποία εφαρμόστηκε διάλυμα άρδευσης με ηλεκτρική αγωγιμότητα  $3,5 \text{ dS m}^{-1}$  παρουσίασαν συμπτώματα αλατότητας. Από την 6<sup>η</sup> εβδομάδα και μέχρι την ολοκλήρωση της καλλιέργειας βλέπουμε ότι σταδιακά αυξήθηκαν τα προβλήματα στα φυτά από την αλατότητα και έφτασαν μέχρι το 68% για το διάλυμα άρδευσης με ηλεκτρική αγωγιμότητα  $3,5 \text{ dS m}^{-1}$  και μέχρι το 55% για αυτά που δέχτηκαν διάλυμα άλατος ηλεκτρικής αγωγιμότητας  $2 \text{ dS m}^{-1}$ .

### 4.3 Σύγκριση των δύο γονοτύπων

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία γίνεται κατανοητό πως η ποικιλία Camarosa φαίνεται να είναι λιγότερο ανθεκτική στην άρδευση με διάλυμα άλατος από την A10, όσον αφορά την ολική παραγωγή καθώς και την μέση παραγωγή ανά φυτό, σε όλους τους χειρισμούς. Στην περίπτωση των ολικών διαλυτών στερεών, παρατηρείται υψηλότερη συγκέντρωση αυτών στην επέμβαση των  $3,5 \text{ dS m}^{-1}$  στην ποικιλία Camarosa, εν αντιθέσει με την ποικιλία A10 στην οποία η συγκέντρωση των ολικών διαλυτών στερεών είναι υψηλότερη στον μάρτυρα.

Οι καρποί του μάρτυρα του γονοτύπου A10 είναι ποιοτικά καλύτεροι από τους καρπούς που αρδεύονταν με διάλυμα  $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ , εν αντιθέσει με την ποικιλία Camarosa στην οποία η ποιότητα των καρπών που αρδεύονταν με διάλυμα  $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ , ήταν καλύτερη από τους καρπούς του μάρτυρα, ενώ διακρίνεται ότι και στις δυο ποικιλίες η άρδευση με διάλυμα  $3,5 \text{ dS m}^{-1}$  επηρεάζει αρνητικά την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος.

Οι Turhan και Eris (2005) σε πειράματα αλατότητας με διάφορες ποικιλίες φράουλας μεταξύ αυτών και η Camarosa παρατηρούν επίσης μείωση του ξηρού βάρους της ρίζας σε συνθήκες υψηλής αλατότητας, αλλά και ταυτόχρονα αύξηση ξηρού βάρους της ρίζας σε χαμηλά επίπεδα αλατότητας, γεγονός που διαφέρει με τα δικά μας αποτελέσματα όπου η παρατηρούμενη διαφορά δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Αντίστοιχα αποτελέσματα σχετικά με το ξηρό βάρος της ρίζας αλλά και τη συνολική παραγωγή καρπών στο χειρισμό με την υψηλή αλατότητα (συγκριτικά με τον μάρτυρα) παρατηρούνται επίσης από τους Saied et. Al (2005) σε εμπορικές ποικιλίες φράουλας.

Πρόσφατα, οι Shorafa et al. (2014) και Gariga et al. (2015), σε πειράματα αλατότητας παρατηρούν μείωση του νωπού και ξηρού βάρους της ρίζας, καθώς και μείωση του νωπού και ξηρού βάρους των βλαστών σε φυτά της ποικιλίας Camarosa καθώς και άλλων ποικιλιών. Επίσης οι Gariga et al. (2015) παρατηρούν μείωση του μεγέθους των καρπών, όταν αυξάνεται η αλατότητα, σε αντίθεση με εμάς όπου οι διαφορές δεν είναι στατιστικά σημαντικές. Αντίθετη εικόνα παρατηρείται σε σχέση με τα Ολικά Διαλυτά Συστατικά όπου εμείς παρατηρούμε μεταβολές στη συγκέντρωσή τους σε σχέση με τη αλατότητα, ενώ αυτοί όχι. Οι παραπάνω διαφορές είναι πιθανόν να οφείλονται σε διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες (κλίμα, έδαφος) που επικρατούν καλλιέργειας, σε διαφορετικούς αγροκομικούς χειρισμούς ή και σε διαφορές στα επίπεδα της καταπόνησης που εφαρμόστηκαν.

Τέλος με βάση τα μικροκλιματικά δεδομένα προκύπτει ότι οι χαμηλές θερμοκρασίες που επικράτησαν το πρώτο δεκαήμερο του Ιανουαρίου ευνόησαν περισσότερο την καρπόδεση στην ποικιλία Camarosa η οποία προηγήθηκε. Από αυτό το γεγονός προκύπτει το συμπέρασμα πως η ποικιλία Camarosa ανταποκρίνεται καλύτερα σε συνθήκες ψύχους κατά την διάρκεια της καρπόδεσης από την A10.



**Εικόνα 47 Η καλλιέργεια την τελευταία μέρα του πειράματος**





**Εικόνα 48**

**Πρώτος καρπός του πειράματος**



**Εικόνα 49**

**Τελευταίος καρπός του πειράματος**



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **Ελληνική βιβλιογραφία**

- Βασιλακάκης Μ., 1997. Μικρά σπωροφόρα. Εκδόσεις Δεδούση, Θεσσαλονίκη.
- Βλάχου Γ., 2011. Επίδραση της αλατότητας στα μορφολογικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά της μπάμιας σε υδροπονική καλλιέργεια. Μεταπτυχιακή διατριβή. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Δεκάζος Η., 1991. Μικροί καρποί. Τόμος Β'. Κ. Πλέτσας-Ζ. Καρδαρή Ο.Ε, Αθήνα.
- Κανάκης Α., 2004. Καλλιέργεια λαχανικών στο θερμοκήπιο. Τόμος Β'. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.
- Καραμπουρνιώτης Γ., Λιακόπουλος Γ., Νικολόπουλος Δ., 2012. Φυσιολογία καταπονήσεων των φυτών. Εκδόσεις ΕΜΒΡΥΟ.
- Νάνος Γ., 2011. Διδακτικές σημειώσεις για το μάθημα Ειδική δενδροκομία. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Ντάνος Ε., 2016. Επίδραση διαφόρων παραγόντων στην ανάπτυξη και παραγωγή φράουλας καλλιεργούμενης υπό καταπόνηση άλατος. Μεταπτυχιακή διατριβή. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Συγγραφική ομάδα ISOFRUIT, 2016. Φρούτα Μακροχρόνια Συντήρηση (Τα μυστικά), Εκδόσεις ISOFRUIT.

### **Ξενόγλωσση βιβλιογραφία**

- Ahmadi H. and Bringhurst R.S., 1991. Genetics of Sex Expression in *Fragaria* Species. *American Journal of Botany* Vol. 78, No. 4 (pp. 504-514).
- Denaxa N.K., Vemmos S.N., Roussos P.A., 2012. The role of endogenous carbohydrates and seasonal variation in rooting ability of cuttings of an easy and a hard to root olive cultivars (*Olea europaea* L.). *Scientia Horticulturae*, Vol. 143, 19-28.
- Edger, P.P., Poorten, T.J., VanBuren, R. et al., 2019. Origin and evolution of the octoploid strawberry genome. *Nat Genet* 51, 541–547. <https://doi.org/10.1038/s41588-019-0356-4>

- Garriga, Miguel & Muñoz, Claudia & Caligari, Peter & Retamales, Jorge., 2015. Effect of salt stress on genotypes of commercial (*Fragaria x ananassa*) and Chilean strawberry (*F. chiloensis*). *Scientia Horticulturae*. 195. 37-47. 10.1016/j.scienta.2015.08.036.
- Hirakawa H, Shirasawa K, Kosugi S, et al., 2014. Dissection of the octoploid strawberry genome by deep sequencing of the genomes of *Fragaria* species. *DNA Res*. 21(2):169-181. doi:10.1093/dnares/dst049
- Keutgen A. and Pawelzik E., 2008. Quality and nutritional value of strawberry fruit under long term salt stress. *Food Chemistry* 107 : 1413–1420.
- Keutgen A.J. and Pawelzik E., 2009. Impacts of NaCl stress on plant growth and mineral nutrient assimilation in two cultivars of strawberry. *Environmental and Experimental Botany* 65 170–176.
- Roussos P.A., Denaxa N-K., Damvakaris T., 2009. Strawberry fruit quality attributes after application of plant growth stimulating compounds, *Scientia Horticulturae*, Volume 119, Issue 2, pp 138-146
- Saied A.S., Keutgen A.J. and Noga G., 2005. The influence of NaCl salinity on growth, yield and fruit quality of strawberry cvs. ‘Elsanta’ and ‘Korona’. *Scientia Horticulturae* 103 289–303.
- Shorafa A., Mahadeen A. and Al-Absi K., 2014. Evaluation for salt stress tolerance in two strawberry cultivars. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 9 (3): 334-341.
- Shulaev, V., Sargent, D., Crowhurst, R. et al., 2011. The genome of woodland strawberry (*Fragaria vesca*). *Nat Genet* 43, 109–116. <https://doi.org/10.1038/ng.740>
- Turhan E. and Eris A., 2005. Change of micronutrients, dry weight and chlorophyll contents in strawberry plants under salt stress conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36: 1021–1028.
- Velickova E., Winkelhausen E., Kuzmanova S., Alves V.D. and Moldão-Martins M., 2013. Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa* cv Camarosa) under commercial storage conditions. *LWT - Food Science and Technology* 52 : 80-92.
- Yuan, H., Yu, H., Huang, T. et al. The complexity of the *Fragaria x ananassa* (octoploid) transcriptome by single-molecule long-read sequencing. *Hortic Res* 6, 46 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41438-019-0126-6>

- [www.faostat.fao.org](http://www.faostat.fao.org)
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Strawberry>