



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



ΕΘΝΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΕΡΕΥΝΩΝ  
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΧΗΜΙΚΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

## ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΒΙΟΕΠΙΧΕΙΡΕΙΝ



### ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

---

Σύγκριση Δεικτών Παραγωγικότητας από την εφαρμογή Βιοδιεγερτών  
σε Καλλιέργειες Υψηλών Εισροών Κηπευτικών

---

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΡΙΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ, ΚΑΛΛΙΟΠΗ ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ

ΓΕΩΡΓΙΟΣ Χ. ΚΑΤΡΑΝΑΣ  
Α.Μ. 00084  
ΛΑΡΙΣΑ, 2021



UNIVERSITY OF THESSALY  
SCHOOL OF HEALTH SCIENCES  
DEPARTMENT OF BIOCHEMISTRY AND BIOTECHNOLOGY



NATIONAL HELLENIC RESEARCH FOUNDATION  
INSTITUTE OF CHEMICAL BIOLOGY

**INTERSTITUTIONAL PROGRAM OF POSTGRADUATE STUDIES  
IN  
BIOENTREPRENEURSHIP**



**MASTER THESIS**

---

**Comparison of Productivity Indicators from the application of  
Biostimulants in High Yield Vegetable Crops**

---

**SUPERVISOR: ASSOCIATE PROFESSOR, KALLIOPI PAPADOPOULOU**

**GEORGIOS C. KATRANAS  
A.M. 00084  
LARISSA, 2021**

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο σπουδών για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης στο

## **ΒΙΟΕΠΙΧΕΙΡΕΙΝ**

που απονέμει το Τμήμα Βιοχημείας και Βιοτεχνολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Εγκρίθηκε την ..... από την τριμελή εξεταστική επιτροπή:

### **ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

#### **ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ**

#### **ΒΑΘΜΙΔΑ**

#### **ΥΠΟΓΡΑΦΗ**

Καλλιόπη Παπαδοπούλου

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Βιοτεχνολογίας Φυτών Π.Θ.

Δημήτριος Καρπούζας

Καθηγητής Περιβαλλοντικής Μικροβιολογίας & Βιοτεχνολογίας Π.Θ.

Δημήτριος Στάγκος

Επίκουρος Καθηγητής Φυσιολογίας Ζωικών Οργανισμών Π.Θ.

**Copyright © ΚΑΤΡΑΝΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, 2021**

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας διατριβής, εξ' ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης.

Η έγκριση της Μεταπτυχιακής Διατριβής Ειδίκευσης από το Τμήμα Βιοχημείας και Βιοτεχνολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δε δηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα.

## Ευχαριστίες

Θερμές ευχαριστίες εκφράζονται στην Καθηγήτρια του Τμήματος Βιοχημείας και Βιοτεχνολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κα Καλλιόπη Παπαδοπούλου για την υπόδειξη του θέματος, την παροχή βιβλιογραφίας, την καθοδήγηση και τις υποδείξεις – διορθώσεις όλο το διάστημα που χρειάστηκε για τη σύνταξη της μεταπτυχιακής μου διατριβής.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την κα Μαρία Φέκα, υποψήφια Διδάκτορα για την πολύτιμη βοήθεια και στήριξή της, τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής κο Καρπούζα και κο Στάγκο του τμήματος Βιοχημείας και Βιοτεχνολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για τις χρήσιμες υποδείξεις και διορθώσεις της διατριβής.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στην κα Ευθυμία Λεβίζου, την κα Φύλλις Γεωργουδάκη και τον κο Γεώργιο Νάνο του τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για τη θερμή υποδοχή και την υποστήριξή τους στα εργαστήρια του τμήματος για τις ανάγκες του πειράματος.

Τέλος, υποχρέωσή μου, να ευχαριστήσω το φίλο και συνάδελφο Κωνσταντίνο Τσούτση, το προσωπικό της Kileler Plants και όλους όσους με οποιονδήποτε τρόπο συνέβαλαν στην ολοκλήρωση και καλή παρουσίαση της μεταπτυχιακής διατριβής μου.

## Περίληψη

Η τομάτα αποτελεί αδιαμφισβήτητα ένα δημοφιλές τρόφιμο υψηλής διατροφικής αξίας που προσφέρει πλήθος πολύτιμων και ευεργετικών συστατικών. Όπως όλοι οι φυτικοί οργανισμοί έτσι και η τομάτα προσβάλλεται από παθογόνα όπως μύκητες, ιοί, βακτήρια και έντομα. Η επικρατέστερη και πιο αξιόπιστη μέθοδος είναι η χημική αντιμετώπιση. Η ανακάλυψη και μελέτη των μηχανισμών άμυνας των φυτών και των μικροοργανισμών που διαβιούν στο έδαφος καθίσταται αναγκαία καθώς με την πάροδο του χρόνου παρατηρείται ανάπτυξη ανθεκτικότητας, ενώ η Ευρωπαϊκή Ένωση επιβάλλει ολοένα και περισσότερους περιορισμούς στη χρήση φυτοπροστατευτικών προϊόντων. Ένα από τα μη παθογόνα, ενδοφυτικά στελέχη του μύκητα *Fusarium solani* αποτελεί το στέλεχος K. Έχει αποδειχθεί ότι μετριάζει τις αρνητικές επιπτώσεις της μειωμένης διαθεσιμότητας του νερού σε φυτά τομάτας, ότι έχει προστατευτική δράση από το ζωοφυτοφάγο *Nesidiocoris tenuis* και ότι ελαττώνει το ποσοστό παθογένειας του ριζικού συστήματος των φυτών και την ανάπτυξη ασθένειας από το παθογόνο *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*. Από την παρούσα μελέτη προέκυψε ότι έχει επίδραση και σε δείκτες παραγωγικότητας-πρωιμότητας σε καρπούς τομάτας ποικιλίας Troy και τοματινιών ποικιλίας Red Cherry αφού η παρουσία του FsK στο ριζικό σύστημα των φυτών εμφάνισε πιο έντονο κόκκινο χρώμα και υψηλότερα Brix στην περίπτωση των Red Cherry καρπών και πιο κίτρινο χρώμα σε άγουρους καρπούς τομάτας της ποικιλίας Troy.

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν από τοπικούς φορείς και παραγωγούς, για την πιο ολοκληρωμένη και αποτελεσματική εκτίμηση των δεικτών παραγωγικότητας σε καλλιέργεια τομάτας.

## Summary

Tomato is undoubtedly a high nutritional value popular food that offers a number of valuable and beneficial ingredients. Like all plant organisms, tomatoes are infested with pathogens such as fungi, viruses, bacteria and insects. The most prevalent and reliable method is chemical treatment. The discovery and study of the defense mechanisms of plants and microorganisms that live in the soil becomes necessary as over time there is a development of resilience, while the European Union imposes more and more restrictions on the use of plant protection products. One of the non-pathogenic, endophytic strains of the fungus *Fusarium solani* is the strain K. It has been shown to mitigate the negative effects of reduced water availability on tomato plants, to have a protective effect against the herbivore *Nesidiocoris tenuis* and to reduce the pathogenicity of the plant root system and the development of disease by the pathogen *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*. The present study showed that it also has an effect on productivity-prematurity indices in Troy and Red Cherry tomatoes since the presence of FsK in the root system of plants showed a more intense red color and higher Brix in the case of Red Cherry fruits and more yellow color on unripe fruits of the Troy variety.

The results of the present study could be utilized by local actors and producers, for the most comprehensive and effective assessment of productivity indicators in tomato crops.

Εγώ, ο Γεώργιος Κατρανάς, είμαι ο συγγραφέας αυτής της Μ.Δ.Ε. Αυτή η Μ.Δ.Ε. αντικατοπτρίζει την έρευνα που έγινε από εμένα και δεν έχει υποβληθεί (εξ' ολοκλήρου ή μέρος της) σαν προπτυχιακή διατριβή ή Μ.Δ.Ε. ή ως μέρος Διδακτορικής Διατριβής σε αυτό ή άλλο Προπτυχιακό ή Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών Ιδρυμάτων Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης του εσωτερικού ή εξωτερικού.

Όποια συνεργασία καθώς και το μέγεθος αυτής, δηλώνονται επακριβώς στο αντίστοιχο πεδίο αυτής της διατριβής. Επίσης, έχω διαβάσει όλες τις βιβλιογραφικές αναφορές που παρατίθενται στο τέλος της εργασίας.

ΥΠΟΓΡΑΦΗ

Ως επιβλέπουσα της έρευνας που περιγράφεται σε αυτή τη διατριβή, δηλώνω ότι όλοι οι όροι του Εσωτερικού Κανονισμού του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών του Τμήματος Βιοχημείας και Βιοτεχνολογίας έχουν τηρηθεί από τον κο Γεώργιο Κατρανά.

ΥΠΟΓΡΑΦΗ

## Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη .....	6
Summary .....	7
<b>1.Εισαγωγή.....</b>	<b>12</b>
1.1. Τομάτα .....	12
1.2. Μηχανισμοί Άμυνας των Φυτών .....	12
1.3. Ενδόφυτα .....	12
1.4. Ιδιότητες Ενδοφύτων .....	13
1.5. Το γένος <i>Fusarium</i> .....	13
1.6. <i>Fusarium solani</i> στέλεχος K.....	13
1.7. Σκοπός Παρούσας Μελέτης.....	14
<b>2.Υλικά και Μέθοδοι .....</b>	<b>14</b>
2.1. Περιοχή Μελέτης .....	14
2.2.Φυτικό Υλικό .....	15
2.3. Παραγωγή Εμβολίου FsK .....	15
2.4. Ποσοτικοποίηση Αποικισμού με qPCR .....	16
2.5. Πειραματικός Σχεδιασμός .....	17
2.6. Καλλιεργητικές Φροντίδες.....	20
2.7. Προσδιορισμός Δεικτών Παραγωγικότητας .....	21
2.8. Στατιστική Ανάλυση .....	21
<b>3. Αποτελέσματα .....</b>	<b>21</b>
3.1. Σύγκριση Δεικτών Παραγωγικότητας στην ποικιλία Red Cherry.....	21
3.1.1. Βαθμοί Brix Καρπών .....	21
3.1.2. Συνεκτικότητα Σάρκας Καρπών (Firmness) .....	22
3.1.3. Πάχος Σάρκας Καρπών (Thickness) .....	23
3.1.4. Χρώμα Καρπών – Παράμετρος L .....	24
3.1.5. Χρώμα Καρπών – Παράμετρος a .....	25
3.1.6. Χρώμα Καρπών – Παράμετρος b .....	26
3.1.7. Νωπό Βάρος Καρπών.....	27
3.1.8. Ξηρό Βάρος Καρπών .....	28
3.1.9. pH Καρπών .....	29
3.1.10. Βάρος Καρπών .....	30
3.2. Σύγκριση Δεικτών Παραγωγικότητας στην ποικιλία Troy .....	31
3.2.1. Βαθμοί Brix Καρπών .....	31
3.2.2. Συνεκτικότητα Σάρκας Καρπών (Firmness) .....	32
3.2.3. Πάχος Σάρκας Καρπών (Thickness) .....	33

3.2.4. Χρώμα Καρπών – Παράμετρος L .....	34
3.2.5. Χρώμα Καρπών – Παράμετρος a .....	35
3.2.6. Χρώμα Καρπών – Παράμετρος b .....	36
3.2.7. Νωπό Βάρος Καρπών.....	37
3.2.8. Ξηρό Βάρος Καρπών .....	38
3.2.9. pH Καρπών.....	39
3.2.10. Βάρος Καρπών .....	40
<b>4. Συζήτηση - Συμπεράσματα.....</b>	<b>41</b>
<b>5. Βιβλιογραφικές Αναφορές.....</b>	<b>42</b>
Ξενόγλωσσες .....	42
Ελληνικές .....	43

## 1. Εισαγωγή

### 1.1. Τομάτα

Η τομάτα (*Solanum lycopersicum* L.) προέρχεται από τη Λατινική Αμερική. Προτιμά τα μετρίως ζεστά κλίματα, ενώ σε θερμοκρασίες υπό του μηδενός παθαίνει ζημιές. Το κατάλληλο κλίμα για υπαίθρια καλλιέργεια είναι το μεσογειακό τμήμα της Ευρώπης. Προσαρμόζεται σε διάφορα εδάφη, με τις πιο υψηλές αποδόσεις να επιτυγχάνονται σε μεσαία εδάφη με pH περίπου 7. Το φυτό αποτελείται από ένα βλαστό με πολλές διακλαδώσεις και η ρίζα είναι χοντρή και εισχωρεί κάθετα στο έδαφος. Η φύτευση στο χωράφι γίνεται τους μήνες Μάρτιο – Απρίλιο και οι καρποί της ωριμάζουν 4-5 μήνες μετά τη σπορά (Ciufolini).

### 1.2 Μηχανισμοί Άμυνας των Φυτών

Τα φυτά είναι ευάλωτα σε μια ποικιλία παθογόνων μυκήτων, βακτηρίων και άλλων μικροοργανισμών και ιών. Εξελικτικά έχουν αναπτύξει μηχανισμούς ανθεκτικότητας από τα αρχικά στάδια της προσβολής. Τέτοιοι μηχανισμοί μπορεί να είναι παθητικοί, π.χ. κηροί, εφυμενίδα, κυτταρικά τοιχώματα, στομάτια, χημικοί παράγοντες π.χ. τοξικοί μεταβολίτες, παρεμποδιστές ενζύμων κλπ. Στους διεγερόμενους ενεργητικούς μηχανισμούς περιλαμβάνονται ιστολογικοί μηχανισμοί (εναπόθεση λιγνίνης), βιοχημικοί μηχανισμοί π.χ. φυτοαλεξίνες και η αντίδραση υπερευαισθησίας (Τζάμος, 2007).

### 1.3. Ενδόφυτα

Τα φυτά συνδέονται με μια τεράστια ποικιλία μικροβίων που διαβιούν στο έδαφος και έχουν ευεργετικές επιδράσεις στα φυτά. Τα μικρόβια ανταγωνίζονται τα παθογόνα του εδάφους και ενισχύουν την άμυνα των φυτών για μελλοντικές προσβολές (Garantonakis et al., 2018).

Τα ενδόφυτα είναι μύκητες ή βακτήρια που αποικίζουν σε ένα συγκεκριμένο στάδιο του κύκλου ζωής σε υγιείς ιστούς των φυτών, χωρίς να προκαλούν ζημιά (Zhou et al., 2018). Ενεργούν ως δεξαμενές βιοενεργών δευτερογενών μεταβολιτών όπως αλκαλοειδή, φαινολικά οξέα, κινόνες, στεροειδή, σάπωνες, τανίνες και τερπενοειδή με ποικίλες ιδιότητες, ενώ η εξαγωγή τους επηρεάζεται από ποικίλους παράγοντες (Gouda et al., 2016). Όλες οι γνωστές τάξεις ενδοφυτικών μυκήτων περιλαμβάνουν ασκομύκητες και σε μικρότερο ποσοστό βασιδιομύκητες (Skiada et al., 2019).

#### 1.4. Ιδιότητες Ενδοφύτων

Τα φυτά αναπτύσσονται κάτω από συνθήκες αβιοτικού στρες και η ανάπτυξή τους επηρεάζεται από φυσιολογικές και μεταβολικές διεργασίες. Ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες αποτελεί η ξηρασία καθώς είναι σημαντικός παράγοντας ανάπτυξης, περιορίζει την αγροτική παραγωγή και οδηγεί σε μορφολογικές, φυσιολογικές, βιοχημικές και μοριακές αλλαγές (Karvoulakis et al., 2018).

Για την αντιμετώπιση των διαφόρων ασθενειών των φυτών εφαρμόζονται στρατηγικές αντιμετώπισης όπως για παράδειγμα η χρήση ανθεκτικών ποικιλιών, οι καλλιεργητικές, βιολογικές, φυσικές και χημικές μέθοδοι. Κάθε μέθοδος περιλαμβάνει πλεονεκτήματα καθώς και περιορισμούς στη χρήση της. Η επικρατέστερη μέθοδος είναι η χημική αντιμετώπιση η οποία χαρακτηρίζεται ως η πιο αξιόπιστη και πιο συμφέρουσα. Η χρήση της μεθόδου αυτής όμως σταδιακά εγκαταλείπεται καθώς επιβάλλονται ολοένα και περισσότεροι περιορισμοί και αποσύρονται φυτοπροστατευτικά προϊόντα από την Ευρωπαϊκή Ένωση αφού αναπτύσσονται ανθεκτικότητες (Malandrakis et al., 2018). Για το λόγο αυτό οι έρευνες στρέφονται στην ανακάλυψη νέων «βιομυκητοκτόνων» τα οποία αποτελούνται από μύκητες ή μικροοργανισμούς βακτηρίων που αποτρέπουν την εμφάνιση ασθενειών χρησιμοποιώντας διάφορους μηχανισμούς, όπως τον ανταγωνισμό θρεπτικών στοιχείων.

#### 1.5. Το γένος *Fusarium*

Θεωρείται από τα πιο σημαντικά γένη φυτοπαθογόνων μυκήτων. Προκαλεί καταστρεπτικές ασθένειες όπως σηψιρριζίες, τήξεις σποροφύτων, αδρομυκώσεις κλπ. Ένα από τα πιο σημαντικά είδη είναι το *Fusarium oxysporum* το οποίο προκαλεί αδρομυκώσεις. (Τζάμος, 2007)

#### 1.6. *Fusarium solani* στέλεχος K

Το *Fusarium solani* στέλεχος K (FsK) αποτελεί ενδοφυτικό, μη παθογόνο στέλεχος του *Fusarium solani*, το οποίο είχε απομονωθεί από ρίζες φυτών τομάτας που είχαν αναπτυχθεί σε μίγμα εδάφους με τύρφη, παραπροϊόντα παραγωγής λαδιού και στεμφύλων (Karvoulakis et al., 2007).

Το στέλεχος αυτό αποδείχθηκε ικανό να μετριάσει τις αρνητικές επιπτώσεις της μειωμένης διαθεσιμότητας του νερού σε φυτά τομάτας. Αποδείχθηκε επίσης ότι έχει προστατευτική δράση από το ζωοφυτοφάγο *Nesidiocoris tenuis* (Malandrakis et al., 2018) καθώς και ελαττώνει το ποσοστό παθογένειας του ριζικού συστήματος των φυτών και την ανάπτυξη ασθένειας από το παθογόνο *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*

(Karvoulakis et al., 2007).

## 1.7. Σκοπός Παρούσας Μελέτης

Η παρούσα εργασία, έχει ως βασικό στόχο τη σύγκριση δεικτών παραγωγικότητας από την εφαρμογή του μύκητα FsK σε καλλιέργειες υψηλών εισροών κηπευτικών.

Για το σκοπό αυτό, επιλέχθηκαν φυτά υπαίθριας χαμηλής τομάτας καθώς και τομάτας τύπου cherry. Η σύγκριση των δεικτών παραγωγικότητας βασίστηκε στην μέτρηση και καταγραφή αυτών ύστερα από συλλογή καρπών από το χωράφι και μετρήσεις σε εργαστήρια του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για μια καλλιεργητική περίοδο.

## 2. Υλικά και Μέθοδοι

### 2.1. Περιοχή Μελέτης

Η παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε στην ευρύτερη περιοχή του Νομού Λάρισας και πιο συγκεκριμένα στην περιοχή Κιλελέρ (Κυψέλη) Λάρισας. Η περιοχή ανήκει δυνητικά στην Περιφέρεια Θεσσαλίας – Περιφερειακή Ενότητα Λάρισας. Το Κιλελέρ βρίσκεται σε υψόμετρο 76μ. από την επιφάνεια της θάλασσας, σε γεωγραφικό πλάτος 39.5008522348 και γεωγραφικό μήκος 22.6377894254. Οι κύριες καλλιέργειες στην περιοχή μελέτης είναι η ρίγανη, το βαμβάκι, τα σιτηρά και το καλαμπόκι.



**Εικ.1:** Η περιοχή του Κιλελέρ Λάρισας (Google Earth)

## 2.2. Φυτικό Υλικό

Οι ποικιλίες που επιλέχθηκαν ήταν η υπαίθρια τομάτα Troy F1 και το ντοματίνι Red Cherry. Η παραγωγή των σποροφύτων καθώς και η διαξαγωγή του πειράματος πραγματοποιήθηκαν στις εγκαταστάσεις της εταιρείας Kileler Plants, στο Κιλελέρ Λάρισας.

Η σπορά πραγματοποιήθηκε στις 6 Ιουλίου 2020 σε δίσκους 77 θέσεων με υπόστρωμα μίγμα τύρφης, περλίτη και βερμικουλίτη σε αναλογία 3:1:1. Οι δίσκοι τοποθετήθηκαν σε προβλαστήριο για 2 ημέρες σε θερμοκρασία 25°C, σε σκοτάδι, με σχετική υγρασία >90%. Μετά την προβλάστηση οι δίσκοι στρώθηκαν σε θερμοκήπιο για καλλιέργεια. Η άρδευση πραγματοποιήθηκε με ράμπα ποτίσματος και χρησιμοποιήθηκε λίπασμα σύστασης 9-12-36 της εταιρείας Haifa Hellas.



Εικ.2: Παραγωγή Σποροφύτων σε Δίσκο 77 θέσεων

## 2.3. Παραγωγή Εμβολίου FsK

Η παραγωγή του μύκητα με τον οποίο επρόκειτο να εμβολιαστούν τα φυτά έγινε με καλλιέργεια σε PDB (Potato Dextrose Broth) στους 26°C για 5 ημέρες σε σκοτάδι. Στη συνέχεια παράχθηκε εναιώρημα κονιδίων και πραγματοποιήθηκε φυγοκέντρηση στα 6500rpm. Η συγκέντρωση των κονιδίων πραγματοποιήθηκε με αιματοκυτταρόμετρο και η επιθυμητή συγκέντρωση επιτεύχθηκε με προσθήκη 0,85% NaCl.

Ο εμβολιασμός των φυτών με το μύκητα πραγματοποιήθηκε στις 15 Ιουλίου 2020, στο στάδιο της πλήρους ανάπτυξης των κοτυληδόνων. Εμβολιάστηκαν 100 φυτά της ποικιλίας Troy F1 και 100 φυτά της ποικιλίας Red Cherry F1.

Ο εμβολιασμός πραγματοποιήθηκε με ριζοπότισμα με εναιώρημα κονιδίων του οποίου η

συγκέντρωση ήταν  $10^2$ /ml. Κάθε φυτό ριζοποτίστηκε με 0,5ml του εναιωρήματος κονιδίων.

#### 2.4. Ποσοτικοποίηση Αποικισμού με qPCR

Οχτώ ημέρες μετά πραγματοποιήθηκε τυχαία επιλογή 10 φυτών από κάθε ποικιλία προκειμένου να προσδιοριστεί ο αποικισμός του μύκητα. Στο εργαστήριο, αφαιρέθηκε η μπάλα χρώματος με απιονισμένο νερό, έτσι ώστε να παραμείνει μόνο η ρίζα.

Κάθε φυτό απολυμάνθηκε με εμβάπτιση σε διάλυμα χλωρίνης για 5 λεπτά και τοποθετήθηκε σε tubes με υγρό άζωτο σε κατάψυξη στους  $-80^{\circ}\text{C}$ .

Για την απομόνωση του γονιδιωματικού DNA και ποσοτικοποίηση του αποικισμού χρησιμοποιήθηκε η qPCR μέθοδος, ακολουθώντας το παρακάτω πρωτόκολλο.

Οι ρίζες των φυτών που είχαν αποθηκευτεί στους  $-80^{\circ}\text{C}$  μεταφέρθηκαν σε υγρό άζωτο για απομόνωση γονιδιωματικού DNA με τη χρήση της μεθόδου CTAB. Σύμφωνα με τη μέθοδο CTAB, σε τεμαχισμένα δείγματα προστέθηκαν 500μL διαλύματος CTAB, το οποίο έχει προθερμαθεί σε υδατόλουτρο στους  $65^{\circ}\text{C}$  για 15 λεπτά, και 1μL μερκαπτοαιθανόλης. Ακολούθησε ανάδευση των δειγμάτων (ανά 2 λεπτά vortex για 1 δευτερόλεπτο) και τοποθέτηση τους σε υδατόλουτρο στους  $65^{\circ}\text{C}$  για 15 λεπτά. Ακολουθούσε φυγοκέντριση των δειγμάτων στα 5.000 rpm για 5 λεπτά και μεταφορά της επάνω φάσης του υπερκλειμένου σε νέο σωλήνα erpendorf. Στην συνέχεια έγινε προσθήκη 500μl χλωροφόρμιο και ανάδευση για 10 δεύτερα. Έπειτα μια δεύτερη φυγοκέντριση στα 13.300 rpm για 10 λεπτά, απόρριψη του υπερκλειμένου με την βοήθεια πιπέτας και επαναδιάλυση του pellet σε 500μl ισορροποπανάλης. Μια τρίτη φυγοκέντριση στα 13.300g για 15 λεπτά, απόρριψη του υπερκλειμένου και προσθήκη 1ml 70% αιθανόλης. Έγινε φυγοκέντριση για 5 λεπτά στα 13.300 rpm. Στη συνέχεια έγινε ξήρανση του pellet για 10 λεπτά. Η επαναδιάλυση του pellet έγινε σε 20μl diH<sub>2</sub>O και το δείγμα αφέθηκε για 30 λεπτά σε θερμοκρασία δωματίου και στη συνέχεια στους  $4^{\circ}\text{C}$ .

Για να επιβεβαιωθεί ότι έγινε αποικισμός στις ρίζες των φυτών από τα στελέχη FsK του μύκητα χρησιμοποιήθηκε το DNA που απομονώθηκε από την μέθοδο CTAB. Η επιβεβαίωση έγινε μέσω της μεθόδου αλυσιδωτής αντίδρασης πολυμεράσης πραγματικού χρόνου (Real Time PCR). Σε αυτό το πείραμα χρησιμοποιήθηκαν εκκινητές που στόχευαν το γονίδιο TEF-1a (Translation elongation factor 1a) του μύκητα. Η αλληλουχία των εκκινητών ήταν η εξής: για τον forward εκκινητή TEF-1a F: 5'-GGGTGGTTGAGGACAATGAC-3' και για τον reverse εκκινητή TEF-1a R: 5'-CAGCTCACTGAGGGTCTTCC-3'.

Για την qPCR ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία. Για κάθε δείγμα απαιτούνταν 5μl Mix SYBR 0,2μl από τον κάθε εκκινητή και 3,6μl ddH<sub>2</sub>O. Έγινε παρασκευή master mix, το οποίο περιείχε όλα τα απαραίτητα αντιδραστήρια σε ποσότητα αρκετή για το κάθε δείγμα, για τους δείκτες τις πρότυπης καμπύλης και τα αρνητικά control. Για το κάθε δείγμα

χρησιμοποιήθηκαν 2 τεχνικές επαναλήψεις , ενώ για την πρότυπη καμπύλη και τους αρνητικούς μάρτυρες 3 τεχνικές επαναλήψεις. Επομένως σε κάθε αντίδραση προστέθηκαν 1μL δείγματος DNA και 9μl master mix για τελικό όγκο 10μl. Στην συνέχεια από τα αποτελέσματα της qPCR υπολογίστηκε ο αριθμός των αντιγράφων του TEF-1a που υπήρχε ανά 1ng DNA για το κάθε δείγμα και αυτή η τιμή χρησιμοποιήθηκε έπειτα για να προσδιοριστεί η επιτυχία αποικισμού του μύκητα.

Το θερμοκρασιακό πρωτόκολλο το οποίο ακολουθήθηκε για την πραγματοποίηση της αντίδρασης qPCR περιείχε το εξής βήματα: 3 λεπτά στους 95°C επανάληψη για 44 κύκλους των βημάτων : 15 δευτερόλεπτα στους 95 °C για αποδιάταξη και 20 δευτερόλεπτα στους 58 °C για υβριδοποίηση των εκκινητών και επιμήκυνση. Στην συνέχεια μια melting curve analysis ,που περιλαμβάνει 5 δευτερόλεπτα στους 58 °C και 5 δευτερόλεπτα στους 90 °C , ώστε να ελεγχθεί η εξειδίκευση των προϊόντων της αντίδρασης.

Καθώς το ποσοστό αποικισμού του μύκητα ήταν σε χαμηλά επίπεδα, πραγματοποιήθηκε επαναληπτικός εμβολιασμός με εναιώρημα κονιδίων στο στάδιο των τεσσάρων πραγματικών φύλλων. Ο εμβολιασμός πραγματοποιήθηκε με ριζοπότισμα, με εναιώρημα κονιδίων συγκέντρωσης  $10^3$ /ml, σε ποσότητα 3ml/φυτό.

## 2.5. Πειραματικός Σχεδιασμός

Στις 27 Αυγούστου 2020, πραγματοποιήθηκε εγκατάσταση φυτών στο χωράφι σε τρεις γραμμές όπου κάθε γραμμή περιλάμβανε 8 plots. Η φύτευση πραγματοποιήθηκε ανά 0,8m μεταξύ των φυτών και ανά 1m μεταξύ των γραμμών. Η τυχαιοποίηση ήταν σε 24 plots (6 plots Troy F1 FsK, 6 plots Troy F1 Μάρτυρας, 6 plots Red Cherry F1 Plots, 6 plots Red Cherry F1 Μάρτυρας), ενώ το κάθε plot περιλάμβανε 8 φυτά. Ανάμεσα σε κάθε plot φυτεύτηκε και φυτό Troy F1 ή Red Cherry F1 για την αποφυγή δημιουργίας μικροκλίματος μεταξύ των φυτών που ανήκουν σε plots.

**Πίνακας 1.** Πειραματικός Σχεδιασμός FsK

(Rf: Red Cherry FsK, R: R μάρτυρας, Tf: Troy FsK, T: Troy μάρτυρας)

PLOTS	LINE 1	LINE 2	LINE 3
<b>PLOT</b>	<b>GUARD</b>	<b>GUARD</b>	<b>GUARD</b>
<b>1</b>			
<b>Plant 1</b>	<b>Rf</b>	<b>R</b>	<b>R</b>
<b>Plant 2</b>	<b>Rf</b>	<b>R</b>	<b>R</b>
<b>Plant 3</b>	<b>Rf</b>	<b>R</b>	<b>R</b>
<b>Plant 4</b>	<b>Rf</b>	<b>R</b>	<b>R</b>

<b>Plant 5</b>	<b>Rf</b>	<b>R</b>	<b>R</b>
<b>Plant 6</b>	<b>Rf</b>	<b>R</b>	<b>R</b>
<b>Plant 7</b>	<b>Rf</b>	<b>R</b>	<b>R</b>
<b>Plant 8</b>	<b>Rf</b>	<b>R</b>	<b>R</b>
<b>PLOT 2</b>	<b>GUARD</b>	<b>GUARD</b>	<b>GUARD</b>
<b>Plant 1</b>	<b>Rf</b>	<b>T</b>	<b>Rf</b>
<b>Plant 2</b>	<b>Rf</b>	<b>T</b>	<b>Rf</b>
<b>Plant 3</b>	<b>Rf</b>	<b>T</b>	<b>Rf</b>
<b>Plant 4</b>	<b>Rf</b>	<b>T</b>	<b>Rf</b>
<b>Plant 5</b>	<b>Rf</b>	<b>T</b>	<b>Rf</b>
<b>Plant 6</b>	<b>Rf</b>	<b>T</b>	<b>Rf</b>
<b>Plant 7</b>	<b>Rf</b>	<b>T</b>	<b>Rf</b>
<b>Plant 8</b>	<b>Rf</b>	<b>T</b>	<b>Rf</b>
<b>PLOT 3</b>	<b>GUARD</b>	<b>GUARD</b>	<b>GUARD</b>
<b>Plant 1</b>	<b>Tf</b>	<b>Tf</b>	<b>R</b>
<b>Plant 2</b>	<b>Tf</b>	<b>Tf</b>	<b>R</b>
<b>Plant 3</b>	<b>Tf</b>	<b>Tf</b>	<b>R</b>
<b>Plant 4</b>	<b>Tf</b>	<b>Tf</b>	<b>R</b>
<b>Plant 5</b>	<b>Tf</b>	<b>Tf</b>	<b>R</b>
<b>Plant 6</b>	<b>Tf</b>	<b>Tf</b>	<b>R</b>
<b>Plant 7</b>	<b>Tf</b>	<b>Tf</b>	<b>R</b>
<b>Plant 8</b>	<b>Tf</b>	<b>Tf</b>	<b>R</b>
<b>PLOT 4</b>	<b>GUARD</b>	<b>GUARD</b>	<b>GUARD</b>
<b>Plant 1</b>	<b>R</b>	<b>T</b>	<b>Tf</b>
<b>Plant 2</b>	<b>R</b>	<b>T</b>	<b>Tf</b>
<b>Plant 3</b>	<b>R</b>	<b>T</b>	<b>Tf</b>
<b>Plant 4</b>	<b>R</b>	<b>T</b>	<b>Tf</b>
<b>Plant 5</b>	<b>R</b>	<b>T</b>	<b>Tf</b>
<b>Plant 6</b>	<b>R</b>	<b>T</b>	<b>Tf</b>
<b>Plant 7</b>	<b>R</b>	<b>T</b>	<b>Tf</b>
<b>Plant 8</b>	<b>R</b>	<b>T</b>	<b>Tf</b>
<b>PLOT</b>	<b>GUARD</b>	<b>GUARD</b>	<b>GUARD</b>

<b>5</b>			
<b>Plant 1</b>	<b>Tf</b>	<b>R</b>	<b>Tf</b>
<b>Plant 2</b>	<b>Tf</b>	<b>R</b>	<b>Tf</b>
<b>Plant 3</b>	<b>Tf</b>	<b>R</b>	<b>Tf</b>
<b>Plant 4</b>	<b>Tf</b>	<b>R</b>	<b>Tf</b>
<b>Plant 5</b>	<b>Tf</b>	<b>R</b>	<b>Tf</b>
<b>Plant 6</b>	<b>Tf</b>	<b>R</b>	<b>Tf</b>
<b>Plant 7</b>	<b>Tf</b>	<b>R</b>	<b>Tf</b>
<b>Plant 8</b>	<b>Tf</b>	<b>R</b>	<b>Tf</b>
<b>PLOT</b>	<b>GUARD</b>	<b>GUARD</b>	<b>GUARD</b>
<b>6</b>			
<b>Plant 1</b>	<b>Rf</b>	<b>T</b>	<b>Rf</b>
<b>Plant 2</b>	<b>Rf</b>	<b>T</b>	<b>Rf</b>
<b>Plant 3</b>	<b>Rf</b>	<b>T</b>	<b>Rf</b>
<b>Plant 4</b>	<b>Rf</b>	<b>T</b>	<b>Rf</b>
<b>Plant 5</b>	<b>Rf</b>	<b>T</b>	<b>Rf</b>
<b>Plant 6</b>	<b>Rf</b>	<b>T</b>	<b>Rf</b>
<b>Plant 7</b>	<b>Rf</b>	<b>T</b>	<b>Rf</b>
<b>Plant 8</b>	<b>Rf</b>	<b>T</b>	<b>Rf</b>
<b>PLOT</b>	<b>GUARD</b>	<b>GUARD</b>	<b>GUARD</b>
<b>7</b>			
<b>Plant 1</b>	<b>T</b>	<b>Rf</b>	<b>R</b>
<b>Plant 2</b>	<b>T</b>	<b>Rf</b>	<b>R</b>
<b>Plant 3</b>	<b>T</b>	<b>Rf</b>	<b>R</b>
<b>Plant 4</b>	<b>T</b>	<b>Rf</b>	<b>R</b>
<b>Plant 5</b>	<b>T</b>	<b>Rf</b>	<b>R</b>
<b>Plant 6</b>	<b>T</b>	<b>Rf</b>	<b>R</b>
<b>Plant 7</b>	<b>T</b>	<b>Rf</b>	<b>R</b>
<b>Plant 8</b>	<b>T</b>	<b>Rf</b>	<b>R</b>
<b>PLOT</b>	<b>GUARD</b>	<b>GUARD</b>	<b>GUARD</b>
<b>8</b>			
<b>Plant 1</b>	<b>T</b>	<b>Tf</b>	<b>T</b>
<b>Plant 2</b>	<b>T</b>	<b>Tf</b>	<b>T</b>
<b>Plant 3</b>	<b>T</b>	<b>Tf</b>	<b>T</b>
<b>Plant 4</b>	<b>T</b>	<b>Tf</b>	<b>T</b>

<b>Plant 5</b>	<b>T</b>	<b>Tf</b>	<b>T</b>
<b>Plant 6</b>	<b>T</b>	<b>Tf</b>	<b>T</b>
<b>Plant 7</b>	<b>T</b>	<b>Tf</b>	<b>T</b>
<b>Plant 8</b>	<b>T</b>	<b>Tf</b>	<b>T</b>
	<b>GUARD</b>	<b>GUARD</b>	<b>GUARD</b>



**Εικ.3:** Πειραματικός Σχεδιασμός – Φύτευση στο χωράφι

## 2.6. Καλλιεργητικές Φροντίδες

Αμέσως μετά τη φύτευση πραγματοποιήθηκε άρδευση με 10ml νερό/φυτό και λίπανση με λίπασμα 11-44-11+Fe της εταιρείας Haifa Hellas, ηλεκτρικής αγωγιμότητας EC: 1,75μS/cm.

Η άρδευση πραγματοποιήθηκε σε όλη την περίοδο του κύκλου ζωής των φυτών με στάγδην άρδευση. Η άρδευση και λίπανση των φυτών πραγματοποιούνταν περίπου ανά 4 ημέρες την καλοκαιρινή περίοδο και ανά εβδομάδα τη φθινοπωρινή.

Η ζιζανιοκτονία πραγματοποιούνταν με σκάλισμα των φυτών ενώ στις 12 Οκτωβρίου 2020 έγινε κλάδεμα της ποικιλίας Troy F1. Στις 12 Νοεμβρίου 2020 πραγματοποιήθηκε υποστήλωση και δέσιμο των φυτών.

Καθ'όλη τη διάρκεια του πειράματος, πραγματοποιήθηκαν 3 ψεκασμοί για περονόσπορο

και 2 για *Tuta absoluta* με εγκεκριμένα φυτοπροστατευτικά προϊόντα που κυκλοφορούν στο εμπόριο των εταιρειών Syngenta & ΑΛΦΑ Γεωργικά Εφόδια με ψεκαστήρα πλάτης.

## 2.7. Προσδιορισμός Δεικτών Παραγωγικότητας

Ο προσδιορισμός των Brix πραγματοποιήθηκε με ψηφιακό διαθλασίμετρο της εταιρείας Kern, της συνεκτικότητας σάρκας με ψηφιακό πενετρόμετρο της εταιρείας Pure Chem, του πάχους με παχύμετρο, του χρώματος με χρωματόμετρο της εταιρείας Konica Minolta, του pH με πεχάμετρο καθώς χρησιμοποιήθηκε και ζυγαριά ακριβείας για τη μέτρηση της ξηράς ουσίας και του βάρους των καρπών.

## 2.8. Στατιστική Ανάλυση

Τα δεδομένα υποβλήθηκαν σε ανάλυση διακύμανσης ενός παράγοντα (one-way ANOVA) χρησιμοποιώντας το λογισμικό JMP 15 (Sall et al., 2001), με τους παράγοντες Brix, Firmness, Thickness, Colour (L,a,b), Νωπό Βάρος, Ξηρό Βάρος, pH και Βάρος Καρπού ως εξαρτημένες μεταβλητές, και το είδος της μεταχείρισης των φυτών ως κύρια επίδραση. Σε όλες τις περιπτώσεις, η σύγκριση των μέσων όρων έγινε με τη χρήση του Tukey-Kramer HSD test, σε επίπεδο 0.05 (Sokal and Rohlf, 1995). Τα δεδομένα συλλέχθηκαν και καταχωρήθηκαν στο Microsoft Excel.

## 3. Αποτελέσματα

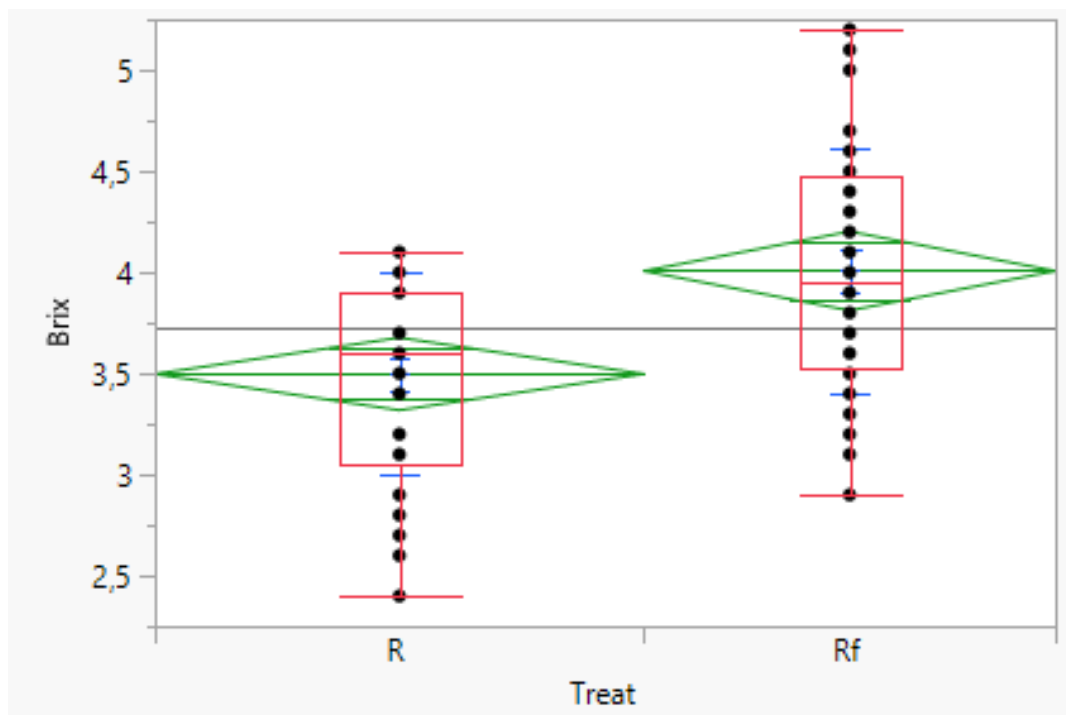
### 3.1. Σύγκριση Δεικτών Παραγωγικότητας στην ποικιλία Red Cherry

#### 3.1.1. Βαθμοί Brix Καρπών

Με βάση το συνολικό αριθμό των μετρήσεων και όπως φαίνεται από τον πίνακα 2 και το διάγραμμα 1, παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στους βαθμούς Brix μεταξύ των Red Cherry (μάρτυρας) και των Red Cherry (f). Πιο συγκεκριμένα, τα τοματίνια Red Cherry εμβολιασμένα με τον FsK είχαν υψηλότερους βαθμούς Brix σε σχέση με τα τοματίνια Red Cherry χωρίς τον FsK.

**Πίνακας.2:** Μέσος όρος μετρήσεων καρπών περιεκτικότητας βαθμών Brix. Οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

Treat	Brix
Rf	4 (a)
R	3,49 (b)



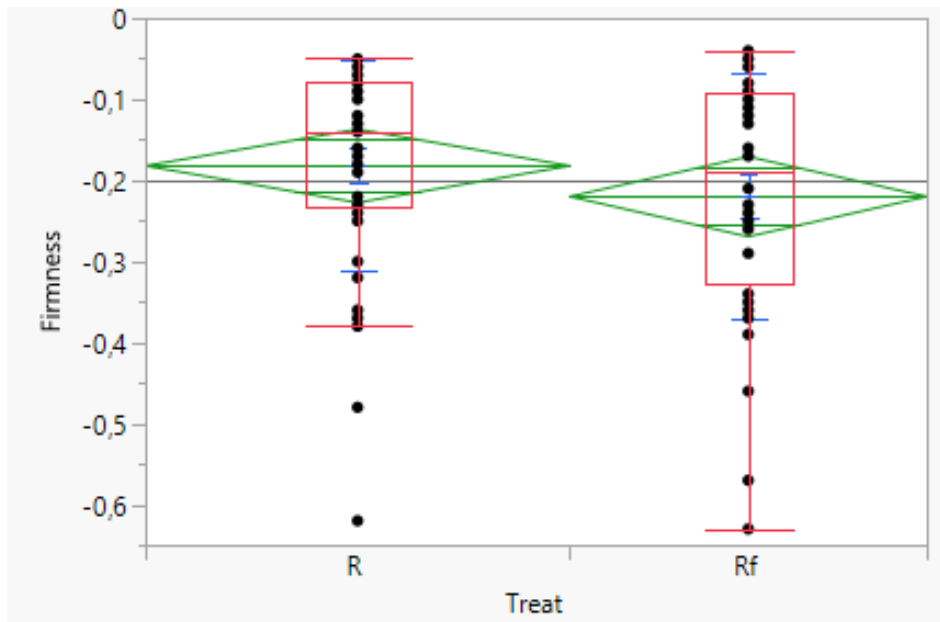
**Διάγραμμα.1:** Απεικονίζεται η διαφορά της περιεκτικότητας καρπών των R και Rf καρπών σε βαθμούς Brix. ( $p < 0,0003$ )

### 3.1.2. Συνεκτικότητα Σάρκας Καρπών (Firmness)

Όπως παρατηρείται από τον πίνακα 3 και το διάγραμμα 2, τα τοματίνια R είχαν πιο μαλακή σάρκα σε σχέση με τα τοματίνια Rf. Παρόλα αυτά η συνεκτικότητα της σάρκας και στις 2 μεταχειρίσεις δε διέφεραν στατιστικώς σημαντικά.

**Πίνακας.3:** Μέσος όρος μετρήσεων της συνεκτικότητας σάρκας των καρπών. Οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

Treat	Firmness
Rf	-0,22 (a)
R	-0,18 (a)



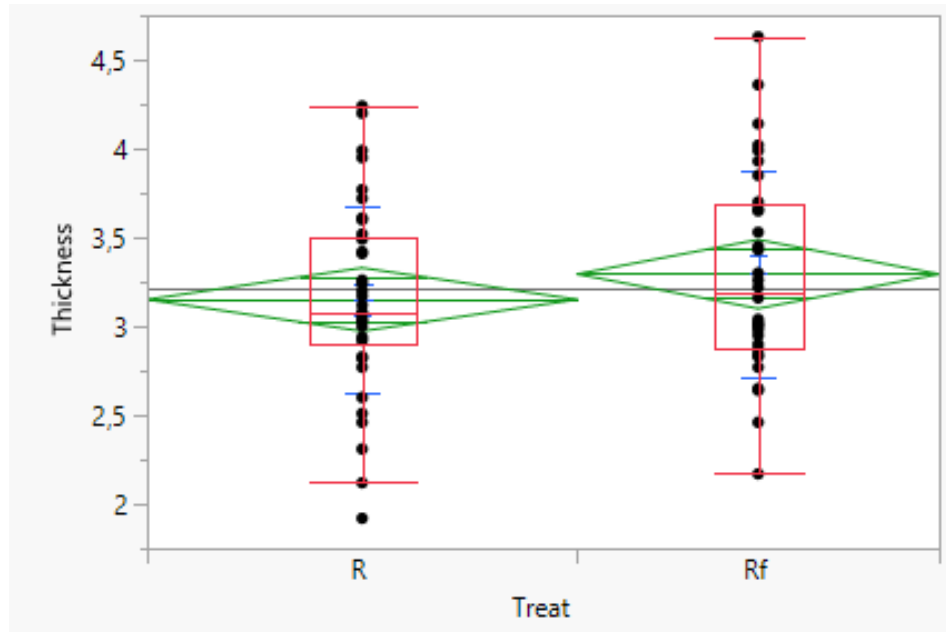
**Διάγραμμα.2:** Απεικονίζεται η διαφορά της συνεκτικότητας σάρκας των R και Rf καρπών.  
( $p < 0,2625$ )

### 3.1.3. Πάχος Σάρκας Καρπών (Thickness)

Αναφορικά με το πάχος της σάρκας των καρπών και σύμφωνα με τον πίνακα 4 και το διάγραμμα 3, παρατηρείται πιο χοντρή σάρκα στους Rf καρπούς και πιο λεπτή στους R καρπούς.

**Πίνακας.4:** Μέσος όρος μετρήσεων του πάχους της σάρκας. Οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

Treat	Thickness (mm)
Rf	3,29 (a)
R	3,15 (a)



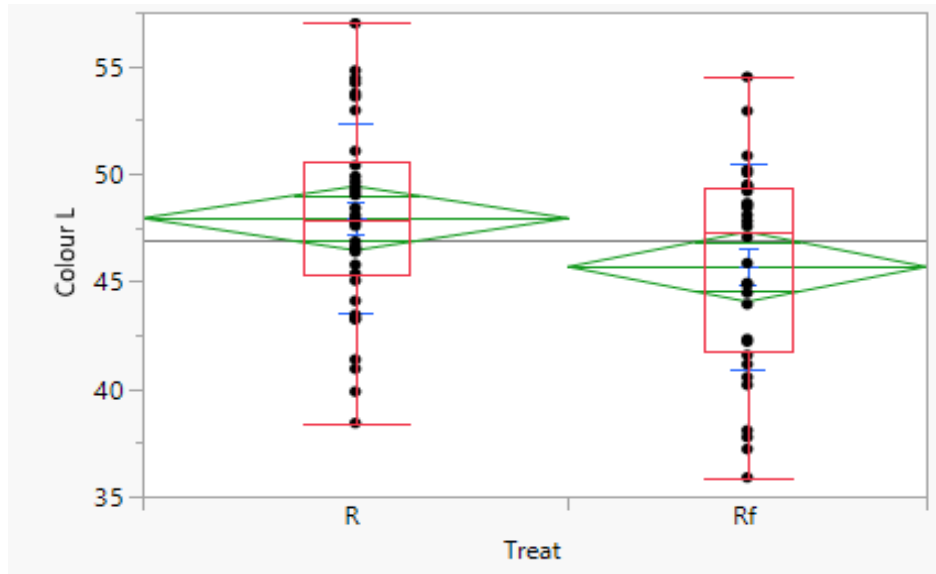
**Διάγραμμα.3:** Απεικονίζεται η διαφορά του πάχους της σάρκας των καρπών R και Rf (mm).  
( $p < 0,2834$ )

### 3.1.4. Χρώμα Καρπών – Παράμετρος L

Η παράμετρος L αναπαριστά τη φωτεινότητα του χρώματος των καρπών (η μικρότερη τιμή L αντιστοιχεί στο μαύρο) (Κολοκυθάς, 2016). Σύμφωνα με τον πίνακα 5 και το διάγραμμα 4 παρατηρείται στατιστικώς σημαντική διαφορά ανάμεσα στους R και Rf καρπούς. Πιο συγκεκριμένα, οι R καρποί εμφάνισαν υψηλότερες L τιμές κάτι το οποίο συνεπάγεται σε κόκκινους πιο ανοιχτόχρωμους καρπούς σε σχέση με τους Rf καρπούς.

**Πίνακας.5:** Μέσος όρος μετρήσεων της παραμέτρου L του χρώματος των καρπών. Οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

Treat	Colour L
Rf	45,67 (b)
R	47,93 (a)



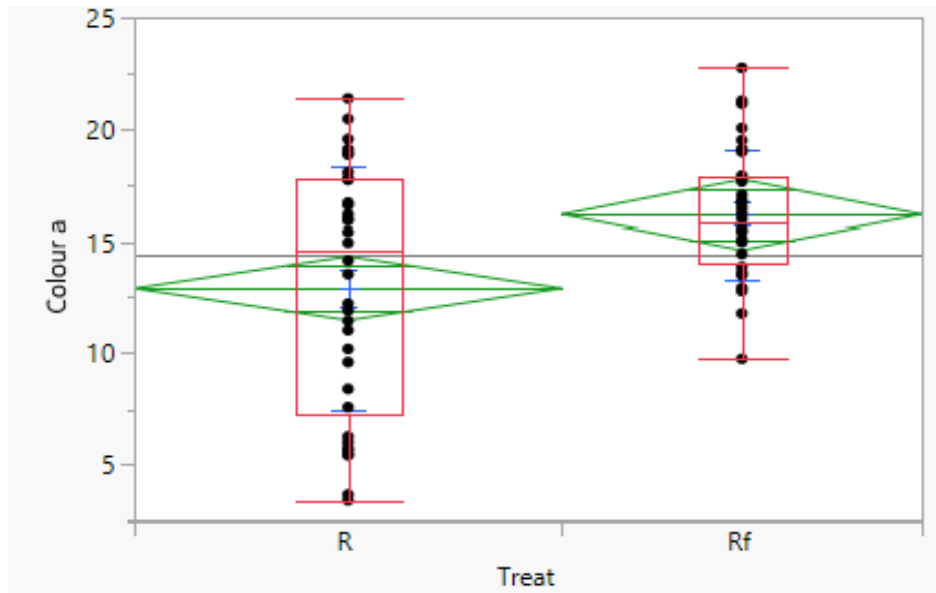
**Διάγραμμα.4:** Απεικονίζεται η διαφορά του χρώματος (L παράμετρος) μεταξύ των R και Rf καρπών. ( $p < 0,0449$ )

### 3.1.5. Χρώμα Καρπών – Παράμετρος a

Η παράμετρος a αντιστοιχεί στη θέση του χρώματος ανάμεσα στο κόκκινο και στο πράσινο (η μικρότερη τιμή a αντιστοιχεί στο πράσινο) (Κολοκυθάς, 2016). Όπως παρατηρείται στον πίνακα 6 και το διάγραμμα 5 οι Rf καρποί εμφάνισαν υψηλότερες τιμές της a παραμέτρου που σημαίνει ότι οι Rf καρποί ήταν πιο κόκκινοι σε σχέση με τους R καρπούς με στατιστικώς σημαντική διαφορά ανάμεσά τους.

**Πίνακας.6:** Μέσος όρος μετρήσεων της παραμέτρου a του χρώματος των καρπών. Οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

Treat	Colour a
Rf	16,19 (a)
R	12,90 (b)



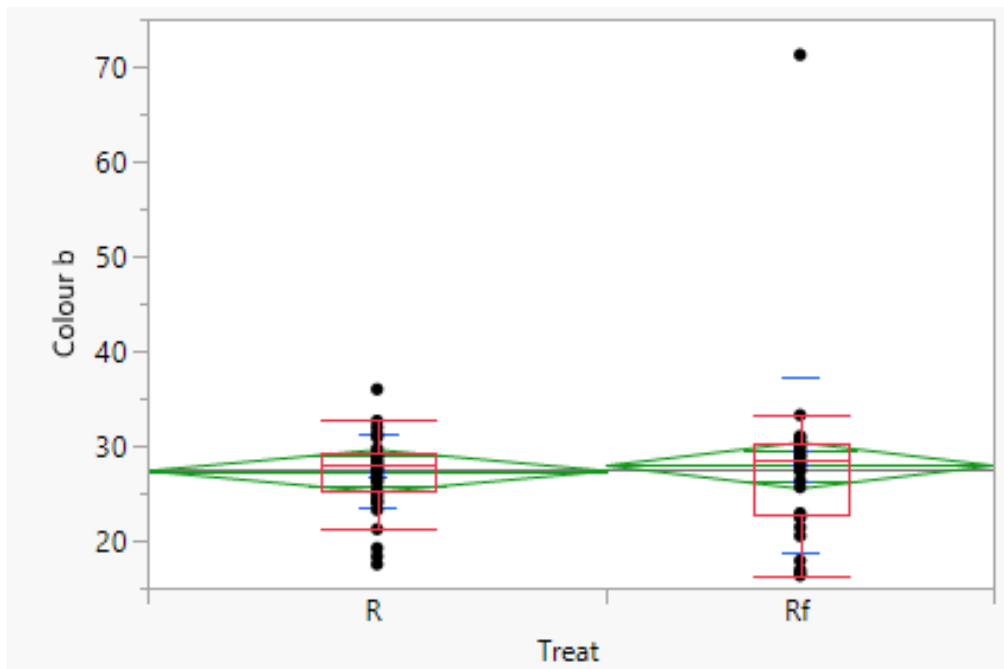
**Διάγραμμα.5:** Απεικονίζεται η διαφορά του χρώματος (a παράμετρος) του χρώματος των R και Rf καρπών.( $p < 0,0030$ )

### 3.1.6. Χρώμα Καρπών – Παράμετρος b

Η παράμετρος b αντιστοιχεί στη θέση του χρώματος ανάμεσα στο κίτρινο και στο μπλε (η μικρότερη τιμή b αντιστοιχεί στο μπλε) (Κολοκυθάς, 2016). Μεταξύ των R και Rf καρπών παρατηρήθηκε πολύ μικρή διαφορά (Πίνακας 7, Διάγραμμα 6)

**Πίνακας.7:** Μέσος όρος μετρήσεων της παραμέτρου b του χρώματος των καρπών. Οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

Treat	Colour b
Rf	27,90 (a)
R	27,34 (a)



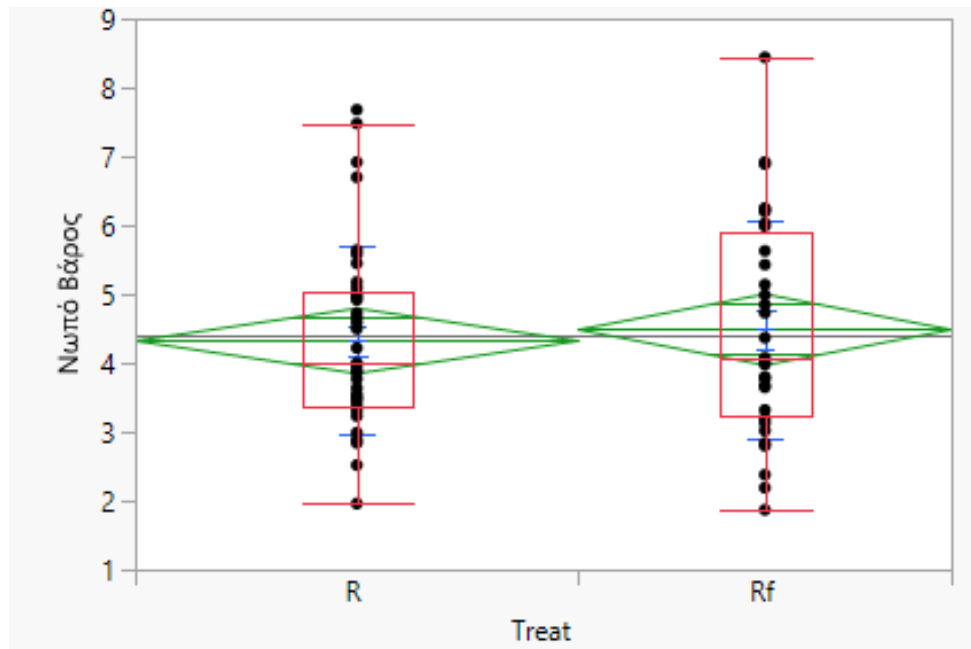
**Διάγραμμα.6:** Απεικονίζεται η διαφορά του χρώματος (b παράμετρος) μεταξύ των R και Rf καρπών. ( $p < 0,7333$ )

### 3.1.7. Νωπό Βάρος Καρπών

Όπως παρατηρείται από τον πίνακα 8 και το διάγραμμα 7 παρατηρήθηκε μικρή διαφορά ανάμεσα στους Rf και R καρπούς. Οι Rf καρποί εμφάνισαν ελαφρώς υψηλότερο νωπό βάρος σε σχέση με τους R καρπούς.

**Πίνακας.8:** Μέσος όρος μετρήσεων του νωπού βάρους των καρπών. Οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

Treat	Νωπό Βάρος (gr)
Rf	4,48 (a)
R	4,32 (a)



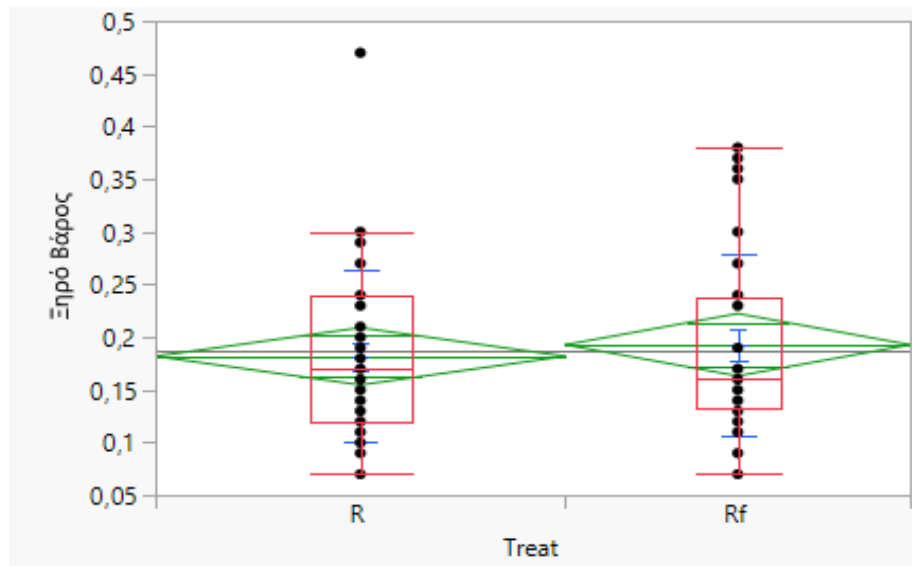
**Διάγραμμα.7:** Απεικονίζεται η διαφορά του Νωπού Βάρους μεταξύ των R και Rf καρπών σε gr. ( $p < 0,6429$ )

### 3.1.8. Ξηρό Βάρος Καρπών

Όπως και στην περίπτωση του νωπού βάρους και σύμφωνα με τον πίνακα 9 και το διάγραμμα 8 παρατηρήθηκε μικρή διαφορά ανάμεσα στους Rf και R καρπούς. Οι Rf καρποί εμφάνισαν ελαφρώς υψηλότερο ξηρό βάρος σε σχέση με τους R καρπούς.

**Πίνακας.9:** Μέσος όρος μετρήσεων του ξηρού βάρους των καρπών. Οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

Treat	Ξηρό Βάρος (gr)
Rf	0,19 (a)
R	0,18 (a)



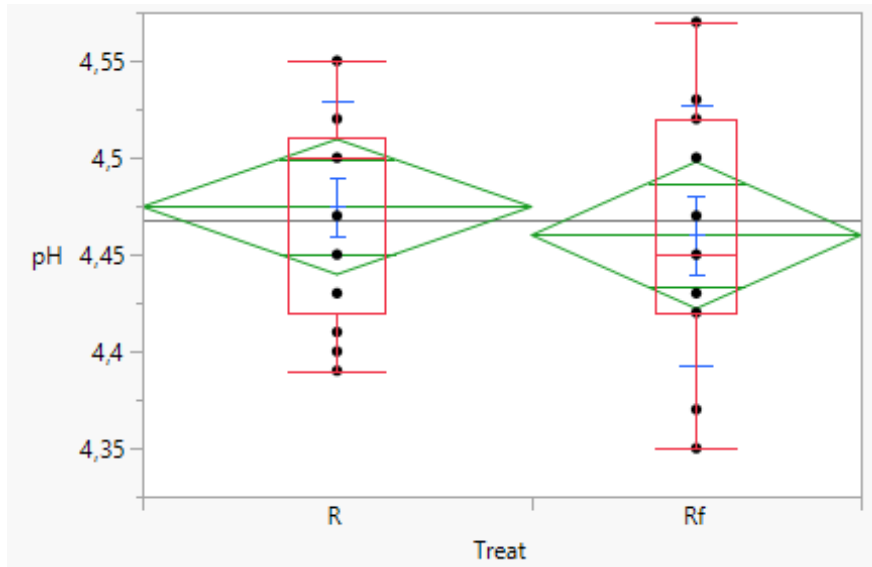
**Διάγραμμα.8:** Απεικονίζεται η διαφορά του ξηρού βάρους μεταξύ των R και Rf καρπών σε gr. ( $p < 0,5873$ )

### 3.1.9. pH Καρπών

Από τον πίνακα 10 και το διάγραμμα 9 παρατηρούμε ότι οι Rf καρποί παρουσίασαν ελαφρώς χαμηλότερο pH σε σχέση με τους R καρπούς.

**Πίνακας.10:** Μέσος όρος μετρήσεων του pH των καρπών. Οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

Treat	pH
Rf	4,46 (a)
R	4,47 (a)



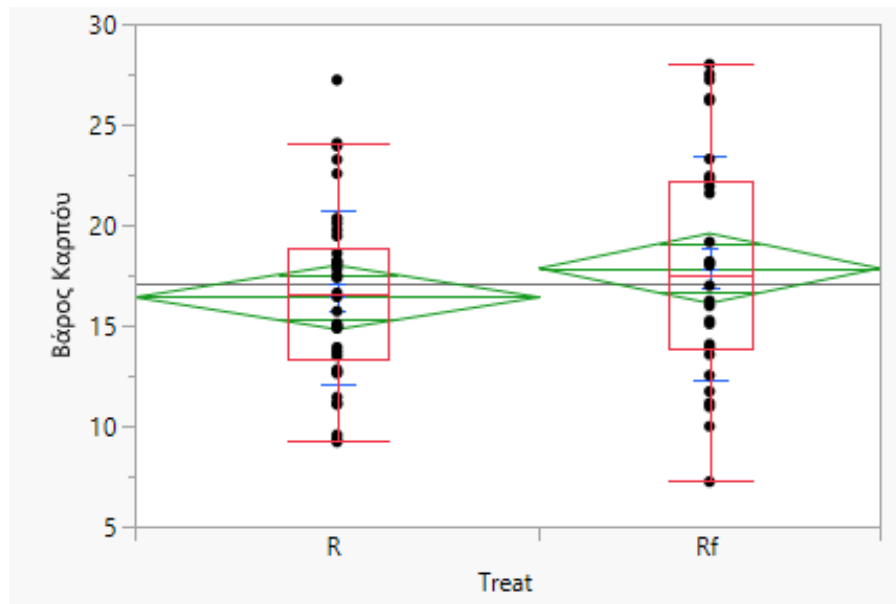
**Διάγραμμα.9:** Διαφορά του pH ανάμεσα σε R και Rf καρπούς. ( $p < 0,5619$ )

### 3.1.10. Βάρος Καρπών

Αναφορικά με το βάρος των καρπών και σύμφωνα με τον πίνακα 11 και το διάγραμμα 10, παρατηρούμε ότι οι Rf καρποί είχαν σχετικά υψηλότερο βάρος σε σχέση με τους R καρπούς χωρίς όμως στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ τους.

**Πίνακας.11:** Μέσος όρος μετρήσεων του βάρους των καρπών. Οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

Treat	Βάρος Καρπών (gr)
Rf	17,85 (a)
R	16,40 (a)



**Διάγραμμα.10:** Απεικονίζεται η διαφορά του βάρους μεταξύ των R και Rf καρπών σε gr.  
( $p < 0,2255$ )

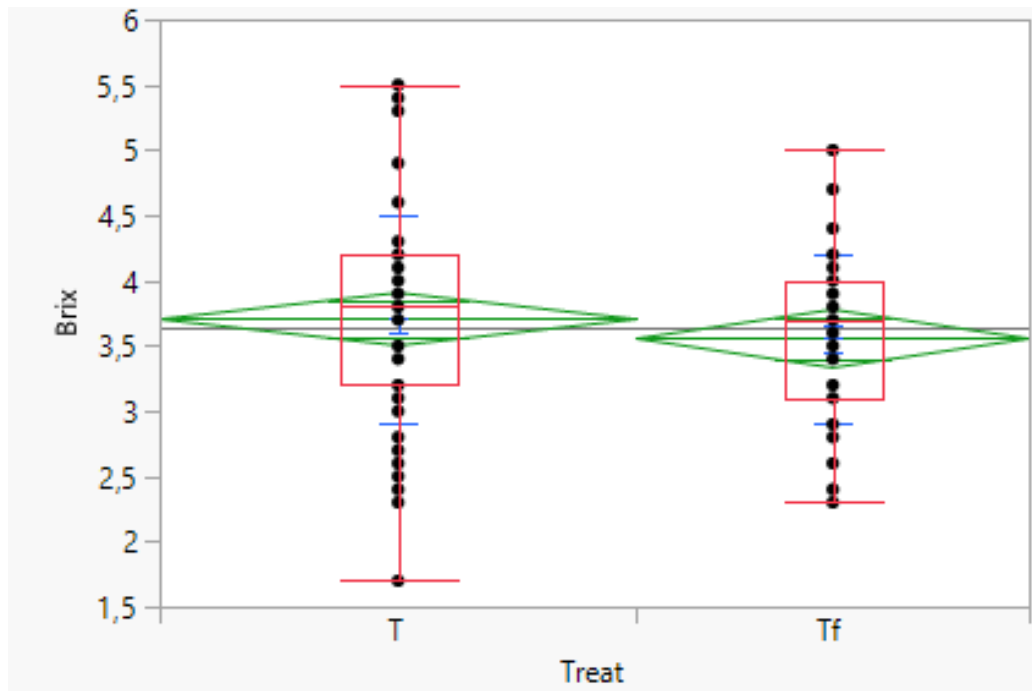
### 3.2. Σύγκριση Δεικτών Παραγωγικότητας στην ποικιλία Τρογ

#### 3.2.1. Βαθμοί Brix Καρπών

Με βάση το συνολικό αριθμό των μετρήσεων και όπως φαίνεται από τον πίνακα 12 και το διάγραμμα 11, δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά στους βαθμούς Brix μεταξύ των Τρογ (T-μάρτυρας) και των Τρογ (f - FsK). Πιο συγκεκριμένα, οι τομάτες Τρογ εμβολιασμένες με τον FsK είχαν χαμηλότερους βαθμούς Brix σε σχέση με τις τομάτες χωρίς τον FsK.

**Πίνακας.12:** Μέσος όρος μετρήσεων καρπών περιεκτικότητας βαθμών Brix. Οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

Treat	Brix
Tf	3,55 (a)
T	3,70 (a)



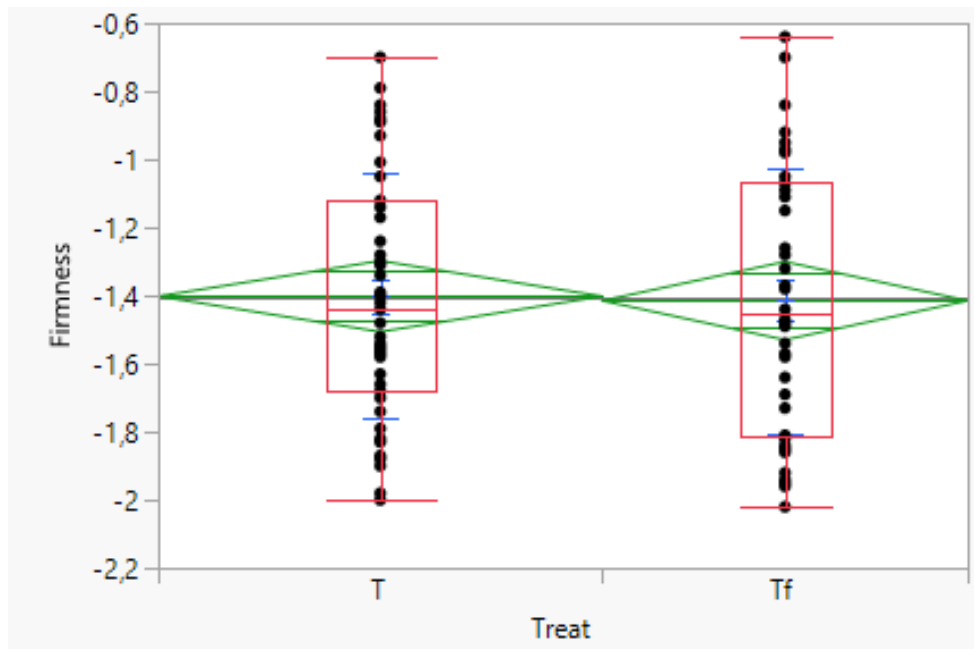
**Διάγραμμα.11:** Απεικονίζεται η διαφορά της περιεκτικότητας καρπών των T και Tf καρπών σε βαθμούς Brix. ( $p < 0,3273$ )

### 3.2.2. Συνεκτικότητα Σάρκας Καρπών (Firmness)

Όπως παρατηρείται από τον πίνακα 13 και το διάγραμμα 12, οι τομάτες T είχαν παρόμοιας συνεκτικότητας σάρκα με τις τομάτες Tf. Η συνεκτικότητα της σάρκας και στις 2 μεταχειρίσεις δε διέφερε στατιστικώς σημαντικά.

**Πίνακας.13:** Μέσος όρος μετρήσεων της συνεκτικότητας σάρκας των καρπών. Οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

Treat	Firmness
Tf	-1,41 (a)
T	-1,40 (a)



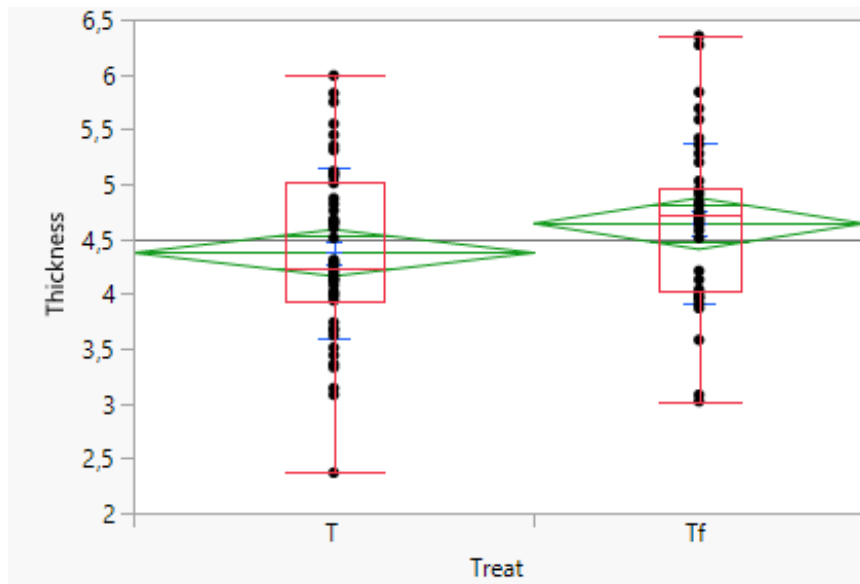
**Διάγραμμα.12:** Απεικονίζεται η διαφορά της συνεκτικότητας σάρκας των T και Tf καρπών.  
( $p < 0,8671$ )

### 3.2.3. Πάχος Σάρκας Καρπών (Thickness)

Αναφορικά με το πάχος της σάρκας των καρπών και σύμφωνα με τον πίνακα 14 και το διάγραμμα 13, παρατηρείται ελαφρώς πιο χοντρή σάρκα στους Tf καρπούς και πιο λεπτή στους T καρπούς.

**Πίνακας.14:** Μέσος όρος μετρήσεων του πάχους της σάρκας. Οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

Treat	Thickness (mm)
Tf	4,64 (a)
T	4,37 (a)



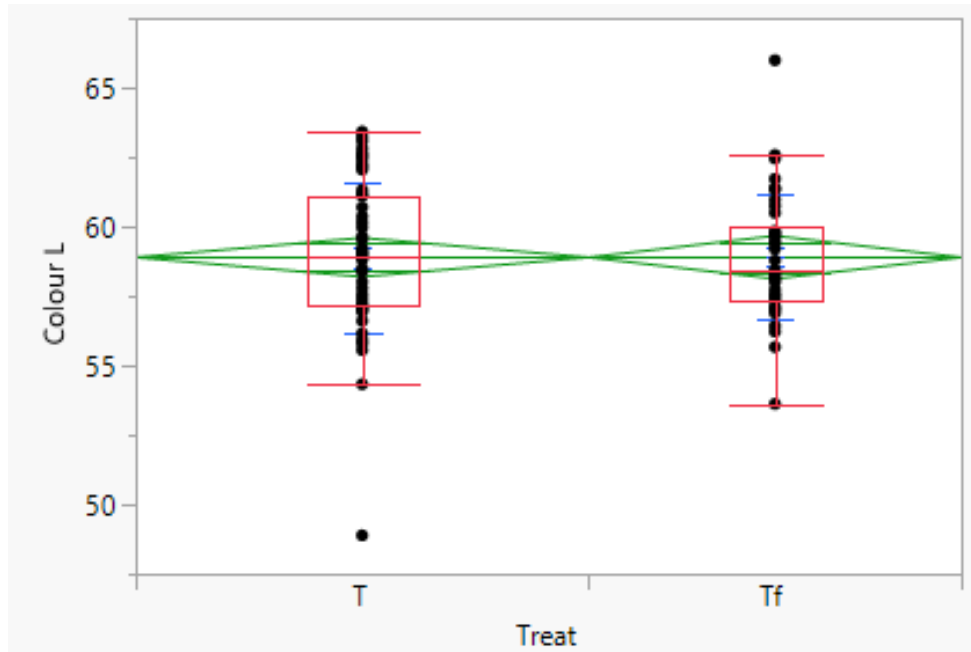
**Διάγραμμα.13:** Απεικονίζεται η διαφορά του πάχους της σάρκας των καρπών T και Tf (mm). ( $p < 0,0963$ )

### 3.2.4. Χρώμα Καρπών – Παράμετρος L

Η παράμετρος L αναπαριστά τη φωτεινότητα του χρώματος των καρπών (η μικρότερη τιμή L αντιστοιχεί στο μαύρο) (16). Σύμφωνα με τον πίνακα 15 και το διάγραμμα 14 δεν παρατηρείται καμία διαφορά χρώματος ανάμεσα στους T και Tf καρπούς.

**Πίνακας.15:** Μέσος όρος μετρήσεων της παραμέτρου L του χρώματος των καρπών. Οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

Treat	Colour L
Tf	58,89 (a)
T	58,89 (a)



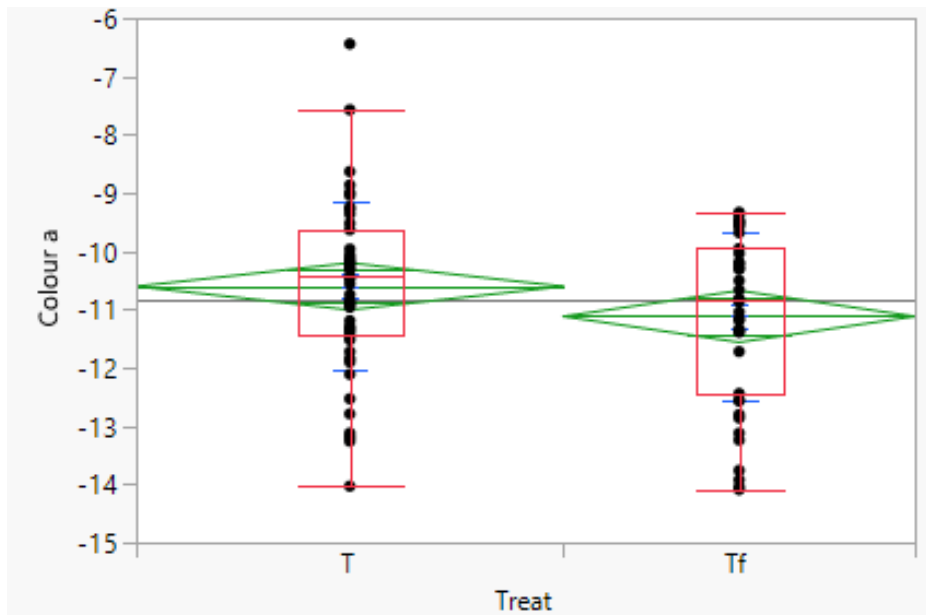
**Διάγραμμα.14:** Απεικονίζεται η διαφορά του χρώματος (L παράμετρος) μεταξύ των R και Rf καρπών. ( $p < 0,9977$ )

### 3.2.5. Χρώμα Καρπών – Παράμετρος a

Η παράμετρος a αντιστοιχεί στη θέση του χρώματος ανάμεσα στο κόκκινο και στο πράσινο (η μικρότερη τιμή a αντιστοιχεί στο πράσινο) (16). Όπως παρατηρείται στον πίνακα 16 και το διάγραμμα 15 οι Tf καρποί εμφάνισαν χαμηλότερες τιμές της a παραμέτρου που σημαίνει ότι οι Tf καρποί ήταν πιο πράσινοι σε σχέση με τους T καρπούς χωρίς στατιστικώς σημαντική διαφορά ανάμεσά τους.

**Πίνακας.16:** Μέσος όρος μετρήσεων της παραμέτρου a του χρώματος των καρπών. Οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

Treat	Colour a
Tf	-11,11 (a)
T	-10,60 (a)



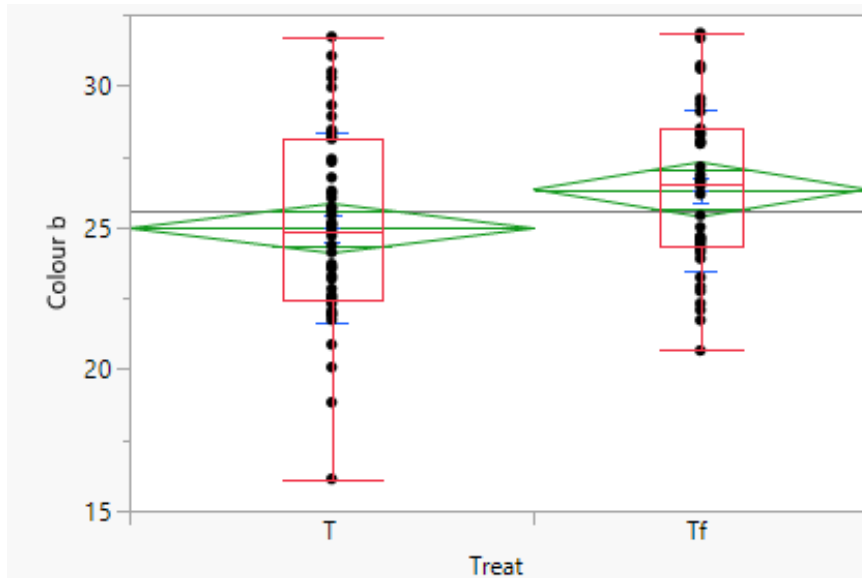
**Διάγραμμα.15:** Απεικονίζεται η διαφορά του χρώματος (a παράμετρος) του χρώματος των T και Tf καρπών. ( $p < 0,0901$ )

### 3.2.6. Χρώμα Καρπών – Παράμετρος b

Η παράμετρος b αντιστοιχεί στη θέση του χρώματος ανάμεσα στο κίτρινο και στο μπλε (η μικρότερη τιμή b αντιστοιχεί στο μπλε) (16). Μεταξύ των T και Tf καρπών παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά καθώς οι Tf καρποί είχαν πιο κίτρινο χρώμα σε σχέση με τους T καρπούς (Πίνακας 17, Διάγραμμα 16).

**Πίνακας.17:** Μέσος όρος μετρήσεων της παραμέτρου b του χρώματος των καρπών. Οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

Treat	Colour b
Tf	26,33 (b)
T	24,96 (a)



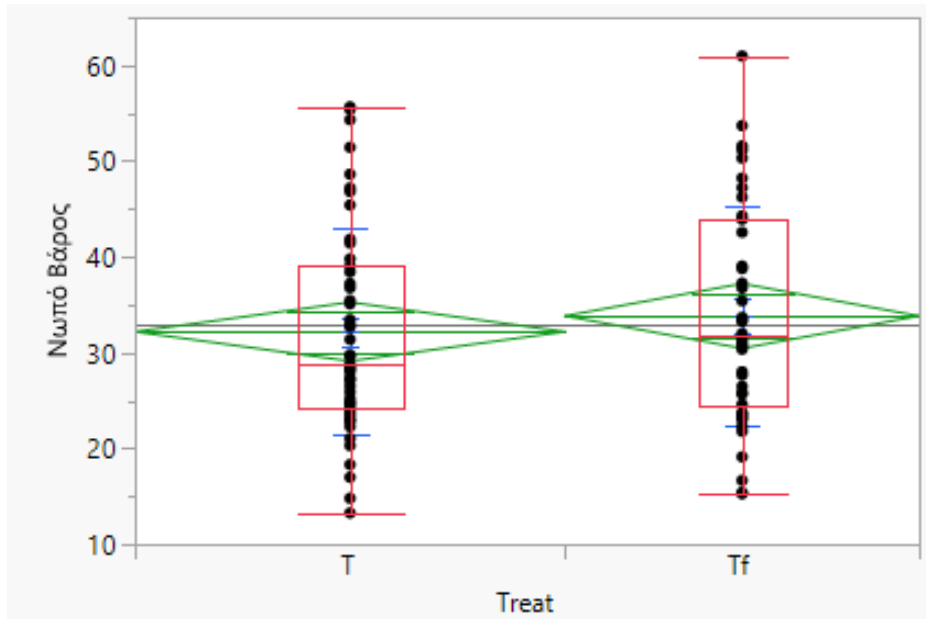
**Διάγραμμα.16:** Απεικονίζεται η διαφορά του χρώματος (b παράμετρος) μεταξύ των T και Tf καρπών. ( $p < 0,0386$ )

### 3.2.7. Νωπό Βάρος Καρπών

Όπως παρατηρείται από τον πίνακα 18 και το διάγραμμα 17 παρατηρήθηκε μικρή διαφορά ανάμεσα στους Tf και T καρπούς. Οι Tf καρποί εμφάνισαν ελαφρώς υψηλότερο νωπό βάρος σε σχέση με τους T καρπούς.

**Πίνακας.18:** Μέσος όρος μετρήσεων του νωπού βάρους των καρπών. Οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

Treat	Νωπό Βάρος (gr)
Tf	33,84 (a)
T	32,19 (a)



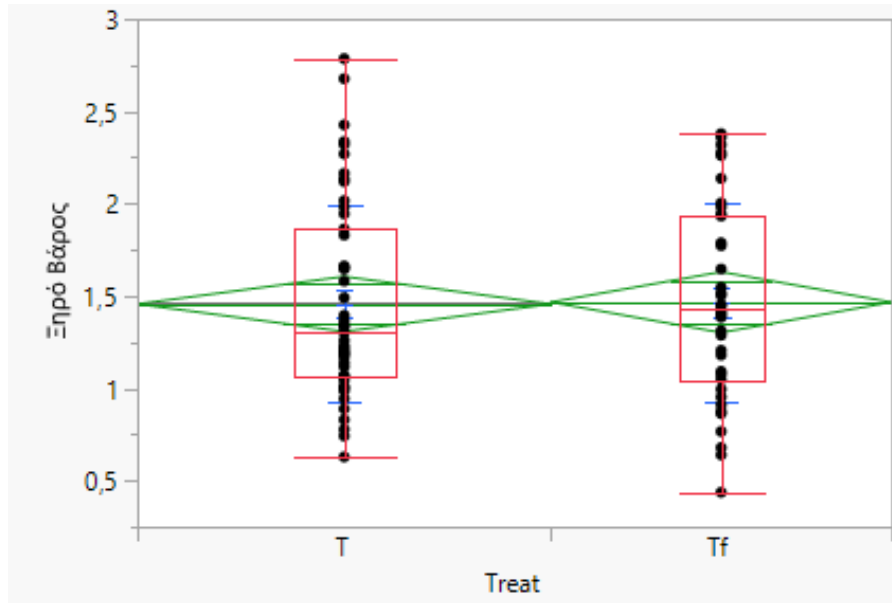
**Διάγραμμα.17:** Απεικονίζεται η διαφορά του Νωπού Βάρους μεταξύ των T και Tf καρπών σε gr. ( $p < 0,4765$ )

### 3.2.8. Ξηρό Βάρος Καρπών

Όπως και στην περίπτωση του νωπού βάρους και σύμφωνα με τον πίνακα 19 και το διάγραμμα 18 παρατηρήθηκε μικρή διαφορά ανάμεσα στους Tf και T καρπούς. Οι Tf καρποί εμφάνισαν ελαφρώς υψηλότερο ξηρό βάρος σε σχέση με τους T καρπούς.

**Πίνακας.19:** Μέσος όρος μετρήσεων του ξηρού βάρους των καρπών. Οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

Treat	Ξηρό Βάρος (gr)
Tf	1,46 (a)
T	1,45 (a)



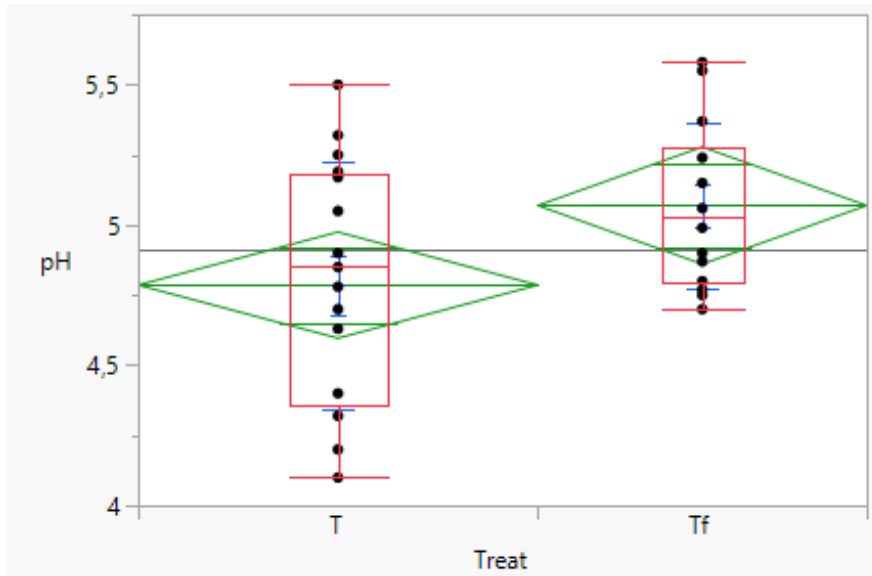
**Διάγραμμα.18:** Απεικονίζεται η διαφορά του ξηρού βάρους μεταξύ των T και Tf καρπών σε gr. ( $p < 0,9307$ )

### 3.2.9. pH Καρπών

Από τον πίνακα 20 και το διάγραμμα 19 παρατηρούμε ότι οι T καρποί ήταν πιο όξινοι σε σχέση με τους Tf καρπούς εμφανίζοντας και στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ τους.

**Πίνακας.20:** Μέσος όρος μετρήσεων του pH των καρπών. Οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

Treat	pH
Tf	5,06 (a)
T	4,78 (b)



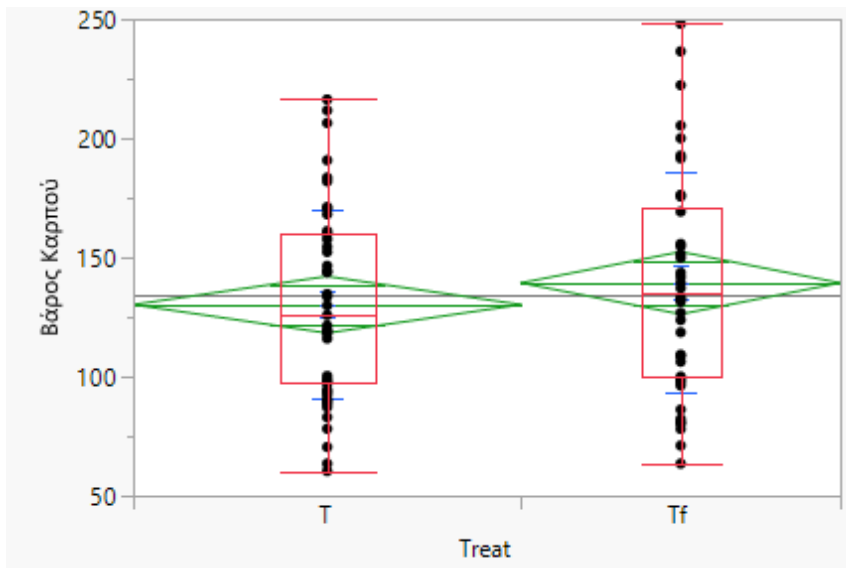
**Διάγραμμα.19:** Διαφορά του pH ανάμεσα σε T και Tf καρπούς. ( $p < 0,0488$ )

### 3.2.10. Βάρος Καρπών

Αναφορικά με το βάρος των καρπών και σύμφωνα με τον πίνακα 21 και το διάγραμμα 20, παρατηρούμε ότι οι Tf καρποί είχαν σχετικά υψηλότερο βάρος σε σχέση με τους T καρπούς χωρίς όμως στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ τους.

**Πίνακας.21:** Μέσος όρος μετρήσεων του βάρους των καρπών. Οι μέσοι που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά.

Treat	Βάρος Καρπών (gr)
Tf	139,33 (a)
T	130,21 (a)



**Διάγραμμα.20:** Απεικονίζεται η διαφορά του βάρους μεταξύ των T και Tf καρπών σε gr.  
( $p < 0,3081$ )

#### 4. Συζήτηση – Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δείχνουν ότι υπάρχουν δείκτες παραγωγικότητας που επηρεάζονται από την ύπαρξη του FsK ως ενδόφυτο στις τομάτες και τα τοματίνια. Έτσι, με βάση τα στοιχεία που συλλέχθηκαν, τα τοματίνια Red Cherry που είχαν εμβολιαστεί με τον FsK παρουσίασαν υψηλότερα σάκχαρα στους καρπούς (Brix) σε σχέση με τα τοματίνια που δεν περιείχαν τον FsK. Από τον δείκτη αυτό (Πίνακας 2, Διάγραμμα 1) προκύπτει η εκτίμηση ότι ο FsK πρωιμίζει ως ένα βαθμό την παραγωγή. Την άποψη αυτή επιβεβαιώνουν και οι υψηλότερες τιμές των παραμέτρων χρώματος L & a, που σημαίνει ότι οι καρποί με τον FsK είχαν πιο έντονο κόκκινο χρώμα σε σχέση με τους καρπούς χωρίς τον FsK οι οποίοι ήταν πιο πράσινοι (Πίνακες, Διαγράμματα).

Στην περίπτωση των καρπών από την ποικιλία Troy, παρατηρούνται λιγότερες διαφορές στους δείκτες παραγωγικότητας, κάτι το οποίο πιθανώς να οφείλεται στη συλλογή καρπών αρκετές ημέρες πριν την ωρίμανσή τους. Σημαντική διαφορά παρατηρήθηκε στην περίπτωση της παραμέτρου b του χρώματος των καρπών αφού στους καρπούς των φυτών παρουσία του FsK παρατηρήθηκαν υψηλότερα νούμερα στις μετρήσεις, σε σχέση με τους καρπούς των φυτών απουσία FsK. Υψηλότερες τιμές της παραμέτρου b σημαίνουν καρποί πιο κίτρινου χρώματος. Και η παράμετρος b θα μπορούσε να θεωρηθεί δείκτης ωρίμανσης των καρπών. Επιπροσθέτως, ενδιαφέρον παρουσιάζει η διαφορά στο pH των καρπών. Οι καρποί των φυτών παρουσία FsK εμφάνισαν υψηλότερο pH σε σχέση με τους καρπούς των φυτών που λειτουργούσαν ως μάρτυρες. Μελέτες αποδεικνύουν ότι η κατανάλωση λιγότερο όξινων τροφών λειτουργεί βοηθητικά με θετικές επιδράσεις στην υπέρταση, στην αύξηση

του μαγνησίου ενδοκυτταρικά, στην προστασία του σμάλτου των δοντιών κλπ.

Συνοψίζοντας τα δεδομένα της παρούσας μελέτης δείχνουν ότι υπάρχουν κάποιοι δείκτες παραγωγικότητας οι οποίοι θα πρέπει να αξιοποιηθούν με μεγαλύτερη λεπτομέρεια σε φυτεύσεις υπαίθριας τομάτας, τομάτας θερμοκηπίου καθώς και σε περιοχές με διαφορετικές κλιματικές και εδαφικές συνθήκες. Σίγουρα το χρώμα αποτελεί ιδιαίτερα σημαντικό δείκτη παραγωγικότητας και πιο συγκεκριμένα δείκτη ωριμότητας και θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη. Για να είναι τα αποτελέσματα συγκρίσιμα και αξιόπιστα θα πρέπει να αξιολογηθεί και η ποσότητα του εναιωρήματος των κονιδίων FsK καθώς και ο χρόνος εφαρμογής.

## Βιβλιογραφικές Αναφορές

### Ξενόγλωσσες

Garantonakis N., Pappas M.L., Varikou K., Skiada V., Broufas G., Karvoulakis N., Papadopoulou K. (2018). Tomato Inoculation With the Endophytic Strain *Fusarium solani* K Results in Reduced Feeding Damage by the Zoophytophagous Predator *Nesidiocoris tenuis*. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 6,126.

Gouda S., Das G., Sen S., Shin H.S., Patra J.K. (2016). Endophytes: A Treasure House of Bioactive Compounds of Medicinal Importance. *Frontiers Microbiology*, 7:1538.

Karvoulakis N., Doupis G., Papadakis I.E., Ehaliotis C., Papadopoulou K. (2018) Tolerance of tomato plants to water stress is improved by the root endophyte *Fusarium solani* Fsk. *Rhizosphere*, 6, 77-85.

Karvoulakis N., Ntougias S., Zervakis G., Ehaliotis C., Haralampidis K., Papadopoulou K. (2007) Role of ethylene in the protection of tomato plants against soil-borne fungal pathogens conferred by an endophytic *Fusarium solani* strain. *Journal of Experimental Botany*, 58,14, 3853-3864.

Malandrakis A., Daskalaki E.R., Skiada V., Papadopoulou K., Karvoulakis N. (2018) A *Fusarium solani* endophyte vs fungicides: Compatibility in a *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*- tomato pathosystem. *Fungal Biology*, 122, 1215-1221.

Sall J., Lehman A., Creighton L. (2001) *JMP Start Statistics, a Guide to Statistics and Data Analysis Using JMP and JMP IN Software*. Duxbury Press, Belmont, CA, p.491.

Sokal R.R., Rohlf F.J. (1995) *Biometry*, third ed. Freeman, New York, p.877.

Skiada V., Faccio A., Karvoulakis N., Genre A., Bonfante P., Papadopoulou K. (2019). Colonization of legumes by an endophytic *Fusarium solani* strain FsK reveals common features to symbionts or pathogens. *Fungal Genetics and Biology*, 127, 60-74.

Zhou J., Li X., Huang P.W., Dai C.C. (2018). Endophytism or saprophytism: Decoding the lifestyle transition of the generalist fungus *Phomopsis liquidambari*. *Microbiological*

Research, 206, 99-112.

### **Ελληνικές**

Κολοκυθάς Κ. (2006). Διαχείριση Χρώματος, μια Σύντομη Επισκόπηση. Ψηφιακή Φωτογραφία-Εργαστηριακά Βοηθήματα. Τμήμα Φωτογραφίας και Οπτικοακουστικών Τεχνών, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας, Αθήνα.

Τζάμος Ε. (2007). Φυτοπαθολογία. Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε., Αθήνα.

Ciufolini C. Λαχανοκομία Κηπευτική, Γενική και Ειδική. Εκδόσεις Ψυχάλου, Αθήνα.

