



**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ, ΥΠΟΔΟΜΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΑΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΟΜΕΙΣ ΑΙΧΜΗΣ & ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ
ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΟΠΩΡΟΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ & ΑΝΘΟΚΟΜΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Μελέτη της επίδρασης βιοδιεγερτών και ανόργανης λίπανσης
στην ανάπτυξη και παραγωγή φράουλας



Πολυξένη Ε. Βατίστα

Επιβλέπων καθηγητής:
Πέτρος Ρούσσος, Καθηγητής ΓΠΑ

ΑΘΗΝΑ, 2022

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ, ΥΠΟΔΟΜΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΑΣ**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Μελέτη της επίδρασης βιοδιεγερτών και ανόργανης λίπανσης
στην ανάπτυξη και παραγωγή φράουλας

“Efficacy evaluation of biostimulants and fertigation
on strawberry cultivation”

Πολυξένη Ε. Βατίστα

Εξεταστική Επιτροπή:

Ρούσσοσ Πέτροσ, Καθηγητής ΓΠΑ (επιβλέπων)
Παπαδάκης Ιωάννης, Αναπληρωτής Καθηγητής ΓΠΑ
Τσαντίλη Ελένη, Καθηγήτρια ΓΠΑ

Μελέτη της επίδρασης βιοδιεγερτών και ανόργανης λίπανσης στην ανάπτυξη και παραγωγή φράουλας

ΠΜΣ: Τομείς Αιχμής & Καινοτόμες Εφαρμογές στην Παραγωγή & Συντήρηση Οπωροκηπευτικών & Ανθοκομικών Ειδών

Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής

Εργαστήριο Δενδροκομίας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της χρήσης βιοδιεγερτών (Crenel Soil Fit και Crenel Top Vital), καθώς και της αζωτούχου λίπανσης (Entec Solub – αζωτούχο υδατοδιαλυτό λίπασμα αργής αποδέσμευσης), σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε στο θερμοκήπιο του εργαστηρίου Δενδροκομίας, στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν έρριζα φυτά με μπάλα χόματος (από δίσκους σποράς) της ποικιλίας B4 (ένα υβρίδιο, σε πειραματικό στάδιο, το οποίο αναπτύσσεται από την εταιρεία «Georion»), τα οποία μεταφυτεύτηκαν σε φυτοδοχεία 6L. Έγιναν 5 επεμβάσεις λίπανσης: ο Μάρτυρας (Control, C), τα φυτά του οποίου δεν δέχτηκαν λίπανση καθ' όλη τη διάρκεια διεξαγωγής του πειράματος, το Επικρατές Πρόγραμμα Λίπανσης (SF), όπως αυτό μας κοινοποιήθηκε από την εταιρεία Georion, το Επικρατές Πρόγραμμα Λίπανσης με το Entec Solub (SFE), το Επικρατές Πρόγραμμα Λίπανσης με τους βιοδιεγέρτες Crenel (SF-C), το Επικρατές Πρόγραμμα Λίπανσης με τους βιοδιεγέρτες και το Entec Solub (SFE-C).

Οι καρποί συλλέχθηκαν σε δύο 'χέρια', καθένα από τα οποία διήρκεσε περίπου ένα μήνα. Αξιολογήθηκε η φωτοσυνθετική ικανότητα των φυτών, η περιεκτικότητα των φύλλων σε θρεπτικά συστατικά, η ανάπτυξη των φυτών, τα χαρακτηριστικά της παραγωγής, καθώς και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών (το χρώμα με την χρήση χρωματομέτρου, το βάρος, η διάμετρος και το μήκος τους, και τέλος η συνεκτικότητά τους). Μετά το πέρας των δειγματοληψιών των καρπών, πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις οργανοληπτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών (ολικά διαλυτά στερεά, τιτλοδοτούμενη οξύτητα, pH, και συγκέντρωση φαινολικών, ανθοκυανών, σακχάρων και οργανικών οξέων).

Στα αποτελέσματα του παρόντος πειράματος όσον αφορά τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά, η επέμβαση SF-C είχε ως αποτέλεσμα σημαντικά υψηλότερο βάρος και μήκος καρπού κατά τη δεύτερη και στο σύνολο πρώτης και δεύτερης συγκομιδής σε σχέση με τους καρπούς του μάρτυρα, ενώ η συνεκτικότητα των καρπών του μάρτυρα ήταν σημαντικά υψηλότερη από τους καρπούς των υπολοίπων επεμβάσεων. Επιπλέον, όσον αφορά την παραγωγή, ο αριθμός των καρπών της κατηγορίας 'EXTRA', ο αριθμός των καρπών ανά φυτό, ο συνολικός αριθμός των καρπών, καθώς και η συνολική παραγωγή ανά φυτό, ήταν στατιστικά σημαντικά χαμηλότερα στα φυτά του μάρτυρα σε σχέση με τα φυτά όλων των επεμβάσεων κατά τη δεύτερη συγκομιδή, καθώς και στο σύνολο της πρώτης και της δεύτερης συγκομιδής.

Επίσης, κατά την πρώτη συγκομιδή οι παράμετροι Chroma, Hue και L* ήταν σημαντικά υψηλότεροι στους καρπούς του μάρτυρα σε σχέση με τα φυτά όλων των επεμβάσεων, ενώ στο σύνολο πρώτης και δεύτερης συγκομιδής δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Ακόμα, η συγκέντρωση των ολικών διαλυτών στερεών και η τιτλοδοτούμενη οξύτητα κατά την πρώτη δειγματοληψία και στο σύνολο της πρώτης και της δεύτερης δειγματοληψίας ήταν σημαντικά υψηλότερες στους καρπούς του μάρτυρα. Η επέμβαση SFE, καθώς και η επέμβαση SFE-C κατά τη δεύτερη και στο σύνολο πρώτης και δεύτερης συγκομιδής εμφάνισαν σημαντικά υψηλότερο pH από τους καρπούς του μάρτυρα.

Επιπροσθέτως, στο σύνολο της πρώτης και της δεύτερης συγκομιδής, οι καρποί του μάρτυρα εμφάνισαν μεγαλύτερη συγκέντρωση ολικών φαινολικών σε σχέση με τους καρπούς της επέμβασης SFE-C, και οι καρποί του μάρτυρα και της επέμβασης SFE έδειξαν σημαντικά υψηλότερη συγκέντρωση ολικών φλαβονολών από τους καρπούς των άλλων επεμβάσεων. Οι επεμβάσεις SF-C και SFE-C επέφεραν σημαντικά υψηλότερη συγκέντρωση ολικών ανθοκυανών στους καρπούς, από τους καρπούς του μάρτυρα κατά την πρώτη συγκομιδή, αλλά και στο σύνολο της πρώτης και της δεύτερης συγκομιδής.

Επιπλέον, η επέμβαση SFE-C επέφερε σημαντικές διαφορές στην αντιοξειδωτική ικανότητα κατά τη δεύτερη καθώς και στο σύνολο της πρώτης και της δεύτερης συγκομιδής, όπου οι καρποί του μάρτυρα εμφάνισαν σημαντικά υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα σύμφωνα με τις μεθόδους FRAP και ABTS σε σχέση με τους καρπούς της επέμβασης αυτής. Παρόμοια, οι καρποί του μάρτυρα εμφάνιζαν σημαντικά υψηλότερη συγκέντρωση γλυκόζης και φρουκτόζης από τους καρπούς των επεμβάσεων SF-C και SFE-C κατά την πρώτη και στο σύνολο της πρώτης και δεύτερης συγκομιδής, και το ίδιο ίσχυε και για την σακχαρόζη κατά την δεύτερη συγκομιδή σε σύγκριση με τους καρπούς των επεμβάσεων SF και SF-C. Η μέτρηση των οργανικών οξέων στους καρπούς των φυτών έδειξε την υψηλότερη συγκέντρωση κιτρικού οξέος στους καρπούς του μάρτυρα σε σχέση με όλες τις επεμβάσεις για τη δεύτερη αλλά και στο σύνολο της πρώτης και της δεύτερης συγκομιδής.

Η φωτοσυνθετική ικανότητα των φυτών επηρεάστηκε κατά την 6η, 7η και 8η μέτρηση στα φυτά που δέχτηκαν λίπανση, λίπανση και Entec Solub, λίπανση και βιοδιεγέρτες, λίπανση και Entec Solub και βιοδιεγέρτες, εμφανίζοντας σημαντικά υψηλότερο ρυθμό αφομοίωσης CO₂ σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα, και τα φυτά του μάρτυρα να έχουν σημαντικά υψηλότερη διακυτταρική συγκέντρωση του CO₂. Η διαπνοή και η στοματική αγωγιμότητα στις παραπάνω πρώτες δύο μετρήσεις ήταν υψηλότερη στα φυτά των επεμβάσεων SF, SFE και SFE-C από τα φυτά του μάρτυρα, με την διαπνοή να κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα κατά την τελευταία μέτρηση. Το εμβαδόν της φυλλικής επιφάνειας των φυτών επηρεάστηκε από τις επεμβάσεις, έτσι ώστε τα φυτά του μάρτυρα είχαν λιγότερη φυλλική επιφάνεια από τα φυτά των επεμβάσεων SF, SFE, SF-C και SFE-C για τη δεύτερη, και στο σύνολο πρώτης και δεύτερης συγκομιδής.

Στα αποτελέσματα από τις μετρήσεις των θρεπτικών στοιχείων, αξίζει να αναφερθεί πως η επέμβαση SFE είχε ως αποτέλεσμα σημαντικά υψηλότερη συγκέντρωση Αζώτου, Φωσφόρου, Μαγνησίου, Σιδήρου και Ψευδαργύρου κατά την πρώτη συγκομιδή σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα, και Αζώτου, Φωσφόρου, Σιδήρου, Μαγανίου και Βορίου, κατά τη δεύτερη συγκομιδή σε σχέση τα φυτά του μάρτυρα.

Συμπερασματικά, φαίνεται η εφαρμογή λίπανσης, βιοδιεγερτών ή και διαλύματος Entec Solub να έχουν θετική επίδραση σε χαρακτηριστικά της παραγωγής για την καλλιέργεια υπό την πίεση της λήξης της καλλιεργητικής περιόδου, όχι όμως στα περισσότερα ποιοτικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των καρπών.

Επιστημονική Περιοχή: Βιοδιεγέρτες φράουλας

Λέξεις κλειδιά: Βιοδιεγέρτες, Φράουλα, Πρόγραμμα λίπανσης, Ποιοτικά χαρακτηριστικά, Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά

Efficacy evaluation of biostimulants and fertigation on strawberry cultivation

MSc Top Sectors & Innovative Applications in Production & Maintenance of Fruit, Vegetable & Floricultural Species
Faculty of Crop Science
Pomology Laboratory

ABSTRACT

The purpose of this research was to assess the efficacy of Crenel Biostimulants (Crenel Soil Fit and Crenel Top Vital) a nitrogen fertigation type (Entec Solub), in a trial conducted in the glasshouse of Laboratory of Pomology, in Agricultural University of Athens. The plants used were plug plants, of cultivar B4 (a hybrid, in test phase, developed by a Greek nursery, i.e., Georion). The plants were planted in 6L pots in an organic substrate. For the purpose of the research, the following treatments were applied: Control (C) in which no fertilizer was applied, application of the standard fertilization program- fertigation (SF), application of the standard fertilization program where nitrogen was replaced by Entec Solub (SFE), fertigation with the standard fertilization program plus Crenels biostimulants (SF-C), fertigation with the standard fertilization program where nitrogen was replaced by Entec Solub plus Crenels biostimulants (SFE-C).

Fruits were harvested in two 'hands', each one with duration of approximately one month. The standard fertilization program was applied to all treatments except from the control one, where no fertilizer was added during the whole trial period. Photosynthetic performance, leaf nutrient concentration, plant growth, yield, and fruit quality attributes (color using chromameter, fruit weight, diameter and length, and fruit firmness) were assessed. After the end of the sampling, analyzes of organoleptic and qualitative characteristics (total soluble solids, titratable acidity, pH, concentration of phenolics, anthocyanins, sugars, and organic acids) were performed.

In the results of this research, as far as the physiological characteristics are concerned the treatment SF-C had fruits with significantly higher weight and diameter than the fruits of the control treatment in the second harvest and in the whole of the first and the second harvest. In addition, concerning the characteristics of the production, the number of the fruits at the "EXTRA" category, the number of fruits per plant, the total number of fruits, and the total production, were statistically lower for the plants of the control treatment than the fruits of the all the other treatments, in the second and in the whole of the first and the second harvest.

Moreover, in the first harvest the parameters Croma, Hue, L* were significantly higher for the fruits of the control treatment than all the other treatments, but in the whole of the first and the second harvest there were no statistically significant differences. Furthermore, the concentration of the total soluble sugars and the titratable acidity in the first and in the whole of the first and the second harvest were significantly higher for the fruits of the control treatment. The pH was significantly higher at the fruits of the SFE and the SFE-C treatment during the second and in the whole of the first and the second harvest. What is more, in the whole of the first and the second harvest the fruits of the control treatment showed higher concentration of the total phenolics than the fruits of the SFE-C treatment, and the fruits of the control treatment and the SFE treatment had higher concentration of the total phlavanols than the fruits of the other treatments.

Additionally, in the first and in the whole of the first and the second harvest, the concentration of the total anthocyanins was higher at the fruits of the treatments SF-C and SFE-C than the control treatment. The treatment of fertilization program along with Entec Solub and the biostimulants had a strong impact on the antioxidants activity, resulting in the fruits of the control treatment having significantly higher antioxidant activity than the SFE-C treatment, according the FRAP and ABTS

methods. The fruits of the control treatment had statistically higher concentration of glucose and fructose than the fruits of the treatments SF-C and SFE-C during the first and in the whole of the first and the second harvest, while the control treatment had higher concentration of sucrose in the fruits than the SF and the SF-C treatments at the second harvest. As far as organic acids are concerned, the control treatment showed higher concentration of citric acid than all the other treatments in the second and in the whole of the first and the second harvest.

The leaf photosynthesis was affected at the 6th, 7th, and 8th measurements, at the plants of the SF, SFE, SF-C and SFE-C treatments, which they demonstrated higher photosynthetic rate than the plants of the control treatment. Also, the plants of the control treatment had higher intercellular CO₂ concentration than the plants of those treatments. The transpiration rate and the stomatal conductance of the plants of the SF, SFE and SFE-C treatments were higher than the plants of the control treatment for the 6th and the 7th measurement, and in the end the transpiration rate had no significant differences among the treatments. The leaf area of the plants was also affected by the treatments, resulting in higher leaf area at the plants of the SF, SFE, SF-C and SFE-C than the plants of the control treatment in the second and in the whole of the first and the second harvest.

The results of this experiment shows that concerning the leaf nutrient concentration, the treatment SFE had plants with significantly higher concentration of Nitrogen, Phosphorus, Magnesium, Iron, and Zinc in the first harvest than the plants of the control treatment. The plants of the SFE treatment had also higher concentration of Nitrogen, Phosphorus, Iron, Manganese, and Boron in the second harvest than the plants of the control treatment.

To conclude, the use of the standard fertilization program, biostimulants, and/or the use of the Entec Solub solution may have a positive effect on some aspects of the cultivation under the pressure of the end of the growing season, but not on most of the quality and qualitative traits of the fruits.

Scientific area: Biostimulants in strawberry

Keywords: Biostimulants, Strawberry, Fertigation, Quality characteristics, Organoleptic traits

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτέλεσε το αντικείμενο μελέτης μου στο πλαίσιο του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών, με τίτλο «Τομείς Αιχμής και Καινοτόμες Εφαρμογές στην Παραγωγή και Συντήρηση Οπωροκηπευτικών και Ανθοκομικών Ειδών» στο Εργαστήριο Δενδροκομίας, του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή του Εργαστηρίου Δενδροκομίας, και επιβλέποντα καθηγητή της μεταπτυχιακής μου μελέτης, Δρ. Πέτρο Ρούσσο, ο οποίος μου προσέφερε τη στήριξη και εμπιστοσύνη του καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου και πλείστες ευκαιρίες για γνώση. Επιπλέον, θα ήθελα να του αποδώσω τον θαυμασμό και την εκτίμησή μου, για τη διδασκαλία και την πολύτιμη καθοδήγησή του κατά την εκπόνηση του πειραματικού μέρους, αλλά και της συγγραφής της διπλωματικής μου εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω θερμές ευχαριστίες στην Δρ. Νικολέτα-Κλειώ Δεναξιά, για τις πολύτιμες υποδείξεις και συμβουλές της, καθώς και την βοήθειά της στην περάτωση του πειραματικού μέρους της παρούσας εργασίας. Θα ήθελα να την ευχαριστήσω ιδιαίτερω για την ανιδιοτελή συμπαράστασή της και την παροχή των τόσο χρήσιμων συμβουλών της.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Δρ. Άννα Ασημακοπούλου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια στο Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, του τμήματος Γεωπονίας, η οποία προσέφερε πλείστες γνώσεις και συμβουλές στην εκπόνηση του παρόντος πειραματικού μέρους.

Δεν θα μπορούσα να μην αποδώσω ευχαριστίες και στον υποψήφιο διδάκτορα Ευστάθιο Ντάνο, για την καθοδήγησή του και την βοήθεια που προσέφερε όταν αυτό μου ήταν απαραίτητο, καθώς και στη στήριξη και συνεργασία των συναδέλφων Κατερίνα Ζήνωνος και Άννα Κώστα την περίοδο του μεταπτυχιακού προγράμματος.

Θα ήθελα ακόμη να ευχαριστήσω την εταιρία Eurochem Agro, διότι η παρούσα εργασία χρηματοδοτήθηκε και εκπονήθηκε στο πλαίσιο του έργου με τίτλο «Efficacy evaluation of biostimulants on strawberry cultivation».

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την οικογένεια και τον σύζυγό μου για την υπομονή, κατανόηση και βοήθειά τους στη διεξαγωγή της διπλωματικής μου εργασίας, και την υποστήριξη καθ' όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου.

Με την άδειά μου, η παρούσα εργασία ελέγχθηκε από την Εξεταστική Επιτροπή μέσα από λογισμικό ανίχνευσης λογοκλοπής που διαθέτει το ΓΠΑ και διασταυρώθηκε η εγκυρότητα και η πρωτοτυπία της.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
ABSTRACT	3
Ευχαριστίες	5
Περιεχόμενα	7
1 Εισαγωγή	9
1.1 Γενικά	9
1.2 Αξία καλλιέργειας- εκτάσεις και παραγωγή	10
1.3 Βοτανική ταξινόμηση	12
1.4 Μορφολογικά χαρακτηριστικά	12
1.5 Είδη- Ποικιλίες	18
1.6 Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις	20
1.6.1 Έδαφος	20
1.6.2 Κλίμα	20
1.7 Λίπανση	21
1.8 Βιοδιεγέρτες	23
1.9 Ανασκόπηση βιβλιογραφίας	29
1.10 Σκοπός εργασίας	35
2 Υλικά και Μέθοδοι	36
2.1 Τόπος διεξαγωγής του πειράματος	36
2.2 Φυτικό υλικό και φύτευση	36
2.3 Πειραματικό σχέδιο	37
2.4 Επεμβάσεις	37
2.5 Εφαρμογή βιοδιεγερτών και λίπανσης	38
2.6 Δειγματοληψίες	41

2.6.1	Καρποί	41
2.6.2	Φύλλα	41
2.7	Μετρήσεις – Αναλύσεις	42
2.7.1	Καρποί	42
2.7.2	Φύλλα	48
2.8	Στατιστική ανάλυση	48
3	Αποτελέσματα	49
3.1	Φυσιολογικά χαρακτηριστικά	49
3.2	Παραγωγή	50
3.3	Χρώμα	55
3.4	pH, TSS, TA και TSS/TA	56
3.5	Φαινολικά	58
3.6	Ανθοκυάνες	59
3.7	Αντιοξειδωτική ικανότητα	60
3.8	Σάκχαρα	62
3.9	Οργανικά Οξέα	63
3.10	Θρεπτική κατάσταση	65
3.11	Φωτοσύνθεση	67
3.12	Εμβαδόν φυλλικής επιφάνειας	71
4	Συζήτηση	72
5	Βιβλιογραφία	82
5.1	Ελληνική βιβλιογραφία	82
5.2	Ξένη βιβλιογραφία	82
5.3	Ηλεκτρονική βιβλιογραφία	84

1 Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Η φράουλα είναι φυτό ποώδες, δικοτυλήδονο, ανήκει στο γένος *Fragaria* και την οικογένεια *Rosaceae*, αναπτύσσεται γρήγορα και μπορεί να δώσει καρπούς από την πρώτη χρονιά. Η ονομασία του γένους προέρχεται από τη λατινική λέξη ‘*Fragrans*’, που σημαίνει άρωμα, και παραπέμπει στους αρωματικούς καρπούς του φυτού. Στα ελληνικά είναι γνωστή με το όνομα χαμοκέρασο ή χαμαικέρασος, και ως φράγουλα (ως παραφθορά της ιταλικής λέξης *fragola*) αναφέρεται πρώτη φορά με την μορφή στην οποία είναι γνωστή τώρα, κατά τον 10^ο ή 13^ο αιώνα από τον γιατρό Νικόλαο Μυρίπσικο, ενώ υπάρχουν γραπτές αναφορές για καρπούς της *Fragaria vesca* σε Ελληνικούς και Ρωμαϊκούς κήπους πριν από πάνω από μία χιλιετία (Βασιλακάκης, 1997; Hancock, 1999; Κανάκης 2004).

Ο καρπός της φράουλας αποτελεί στοιχείο της διατροφής εκατομμυρίων ανθρώπων ανά τον κόσμο, λόγω της γεύσης και του αρώματός τους, της υψηλής διατροφικής τους αξίας, λόγω της υψηλής τους συγκέντρωσης βιταμίνης C, αλλά και των πολλαπλών χρήσεων από τη μεταποίησή τους στη ζαχαροπλαστική (όπως μαρμελάδες, χυμούς, πηχτή) και στην αρωματοποιία (Βασιλακάκης, 1997; Hancock, 1999; Κανάκης 2004).

Η σύσταση του καρπού είναι περίπου κατά 90% νερό και 10% ολικά διαλυτά στερεά, ενώ επίσης περιέχει πολλά σημαντικά συστατικά για την διατροφή του ανθρώπου. Έχει υψηλή συγκέντρωση σε βιταμίνη C, τέτοια που οι δέκα καρποί να καλύπτουν κατά 95% τις συνιστώμενες ημερήσιες δόσεις. Τα κύρια σάκχαρα του καρπού είναι η γλυκόζη και η φρουκτόζη, και το κύριο οργανικό οξύ είναι το κιτρικό. Το άρωμα και η γεύση (‘*flavour*’) καθορίζονται κυρίως από την ογκομετρούμενη οξύτητα και τα διαλυτά στερεά, με σχέση που όσο πιο γευστικός και αρωματικός είναι ο καρπός τόσο υψηλότερη είναι η ογκομετρούμενη οξύτητα και τα διαλυτά στερεά (Hancock, 1999).

Η μεγάλη ζήτηση των τελευταίων χρόνων για τη φράουλα, οφείλεται στο ότι τις τελευταίες δεκαετίες υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον για την επίδραση διατροφής πλούσιας σε φρούτα και λαχανικά στην μείωση του κινδύνου εμφάνισης εκφυλιστικών και σχετιζόμενων με οξειδωτικές καταπονήσεις ασθενειών (καρκίνος, καρδιοπάθειες). Η φράουλα είναι ένας ευρέως διαδεδομένος καρπός και αναφέρεται πως έχει αντιοξειδωτική,

αντικαρκινική, αντιφλεγμονώδη και άλλες δράσεις ευεργετικές για την υγεία του ανθρώπου, οι οποίες αποδίδονται στο περιεχόμενό τους σε πολυφαινόλες, και κυρίως ανθοκυάνες, φλαβονοειδή, φαινολικά οξέα και βιταμίνη C. Η αντιοξειδωτική ικανότητα της φράουλας προσδιορίζεται από το συνολικό περιεχόμενο σε φαινολικές ενώσεις, και όχι ξεχωριστά για την καθεμία ένωση ή την βιταμίνη C. Επίσης, μπορεί να επηρεάζεται από γενετικούς παράγοντες, περιβαλλοντικές συνθήκες κατά την καλλιέργεια, καθώς και τις καλλιεργητικές τεχνικές που υιοθετήθηκαν (Roussos et al., 2009).

Η φράουλα αποτελεί ένα από τα πιο δημοφιλή φρούτα της άνοιξης και του καλοκαιριού, λόγω των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών της. Σε αυτά χαρακτηριστικά είναι το μέγεθος και το σχήμα, το χρώμα, η συνεκτικότητα, η οξύτητα και γλυκύτητα, και συνολικά η γεύση και το άρωμα του καρπού (Roussos et al., 2009).

1.2 Αξία καλλιέργειας- εκτάσεις και παραγωγή

Η καλλιέργεια της φράουλας στην Ελλάδα ξεκίνησε ως υπαίθρια και πολυετή, ενώ από την δεκαετία του '70 και έπειτα παρατηρήθηκε αύξηση των καλλιεργειών υπό κάλυψη (χαμηλά σκέπαστρα ή και θερμοκήπια) με στόχο την πρωίμιση της παραγωγής και μετατροπή της καλλιέργειας σε μονοετή ή διετή, λαμβάνοντας για την εγκατάσταση υγιές πολλαπλασιαστικό υλικό, ως φρέσκα φυτάρια ή έρριζα μοσχεύματα ψυγείου. Επίσης, η καλλιέργεια επεκτάθηκε και στις νοτιότερες περιοχές της χώρας (Πελοπόννησος, Κρήτη, Δωδεκάνησα), ενώ στην αρχή περιορίζονταν στους νομούς Πιερίας, Φλώρινας, Πέλλας, Κοζάνης και Θεσσαλονίκης. Οι παραπάνω αλλαγές στην καλλιέργεια, σε συνδυασμό με την εφαρμογή και άλλων σύγχρονων μεθόδων αύξησαν το ποσοστό των καρπών που προορίζονταν για επιτραπέζια χρήση σε σχέση με εκείνο των καρπών που προορίζονταν για τις βιομηχανίες και μεταποίηση, καλύπτοντας έτσι τις μεγαλύτερες απαιτήσεις (Βασιλακάκης, 1999; Κανάκης, 2004).

Σε παγκόσμια κλίμακα όπως παρατηρείται στον Πίνακα 1, η καλλιέργεια της φράουλας παρουσιάζει ανοδικές τάσεις. Παρομοίως, στην Ελλάδα οι καλλιεργούμενες εκτάσεις της φράουλας αυξάνονται τα τελευταία χρόνια όπως και η παραγωγή (Πίνακας 1). Για το έτος 2018, αναφέρονται με φθίνουσα σειρά παραγωγής οι χώρες ως εξής: Κίνα (2.955.453 τόνους), Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής (1.296.272 τόνους), Μεξικό (653.639 τόνους), Τουρκία (440.968 τόνους), Αίγυπτος (362.639 τόνους), Ισπανία (344.679 τόνους),

Κορέα (213054 τόνους), Ρωσία (199.000 τόνους), Πολωνία (195.578 τόνους), Ιαπωνία (163.486 τόνους), και λίγο κάτω από την δεκάδα βρίσκονται το Μαρόκο (143.440 τόνους), η Γερμανία (141.693 τόνους), το Ηνωμένο Βασίλειο (131.639 τόνους), και η Ιταλία (119.223 τόνους). Την εικοσάδα των χωρών που είναι πρώτες σε παραγωγή φράουλας για το έτος 2018 έκλεισαν με τη σειρά: το Βέλγιο, η Ολλανδία, η Ουκρανία, η Ελλάδα και το Ιράν (www.faostat.fao.org).

Πίνακας 1. Παραγωγή (σε τόνους) και καλλιεργούμενη έκταση (σε στρέμματα) της φράουλας στην Ελλάδα και Παγκοσμίως για τα έτη 2010-2018 (Πηγή: www.faostat.fao.org)

Έτος	Ελληνική Παραγωγή (τόνοι)	Ελληνική Έκταση (στρέμματα)	Παγκόσμια Παραγωγή (τόνοι)	Παγκόσμια Έκταση (στρέμματα)
2010	11.222	3.740	6.154.541	2.979.820
2011	9.923	3.490	6.245.762	3.204.810
2012	7.321	2.900	6.841.037	3.271.400
2013	6.915	2.970	7.298.004	3.508.990
2014	56.061	11.470	7.529.827	3.559.480
2015	66.060	59.910	8.086.324	3.740.570
2016	77.327	14.410	7.901.882	3.633.980
2017	74.158	14.820	8.069.134	3.670.240
2018	59.330	14.700	8.337.099	3.723.610

Πιο συγκεκριμένα, στην Ελλάδα κυριαρχεί η καλλιέργεια της φράουλας υπό κάλυψη έναντι των υπαίθριων. Συνολικά, παρατηρείται μια μικρή αύξηση των καλλιεργούμενων εκτάσεων φράουλας στην Ελλάδα και για τις υπαίθριες καλλιέργειες, αλλά και για τις καλλιέργειες υπό κάλυψη (Πίνακας 2). Σε στοιχεία από το υπουργείο για τα έτη 2010-2018 που δεν παρουσιάζονται, ηγετικό ρόλο στην καλλιέργεια και παραγωγή φράουλας παίζουν οι νομοί Ηλείας και Αχαΐας, καθώς και ο νομός Πιερίας – με το μεγαλύτερο μέρος

αυτών να αφορά καλλιέργειες υπό κάλυψη, και τα τελευταία χρόνια και ο νομός Κορινθίας σε υπαίθριες καλλιέργειες. Επίσης, σχολιάζεται πως η καλλιέργεια της φράουλας καλλιεργείται σε πλήθος νομών της Ελλάδας, σε όλη την έκτασή της.

Πίνακας 2. Έκταση σε στρέμματα και παραγωγή εκφρασμένη σε τόνους, για την παραγωγή της καλλιέργειας φράουλας στην Ελλάδα, κατά τα έτη 2010- 2018. Για την έκταση και την παραγωγή τα στοιχεία αφορούν υπαίθριες αλλά και υπό κάλυψη καλλιέργειες. Στοιχεία όπως αυτά μας στάλθηκαν κατόπιν αιτήματος από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων – 4/03/2020.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Έκταση- υπαίθρια	1.074	571	368	491	1.467	1.538	1.802	1.577	1.189
Έκταση- υπό κάλυψη	11.262	10.974	10.813	12.559	12.057	11.323	13.125	13.112	13.488
Παραγωγή- υπαίθρια	2.118	1.457	835	1.025	1.703	2.264	2.108	2.170	2.906
Παραγωγή- υπό κάλυψη	40.420	42.302	42.082	45.903	49.150	58.774	56.810	56.748	56.286

1.3 Βοτανική ταξινόμηση

Οι ποικιλίες που καλλιεργούνται ευρέως, ανήκουν κυρίως στο οκταπλοειδές είδος *Fragaria x ananassa*, το οποίο προέκυψε από τον υβριδισμό μεταξύ των οκταπλοειδών ποικιλιών *Fragaria chiloensis* (L) Duch. και *Fragaria virginiana* Duch. (Βασιλακάκης, 1997 ; Κανάκης, 2004).

1.4 Μορφολογικά χαρακτηριστικά

Το φυτό της φράουλας είναι πολυετές και ποώδες, με φύλλα σε βραχεία μεσογονάτια διαστήματα, και έναν βραχύτατο σαρκώδη βλαστό, ο οποίος σχηματίζει την ‘κεφαλή’ ή

‘ρόδακα’, όταν με την πάροδο του χρόνου και υπό κατάλληλες συνθήκες δημιουργηθούν περισσότεροι βλαστοί. Το υπέργειο τμήμα του φυτού στις συνθήκες περιβάλλοντος αναγεννάται κάθε άνοιξη, ενώ κατά τους μήνες Δεκέμβριο- Ιανουάριο είναι σε λήθαργο. Το φυτό έχει κορυφαίους (οι οποίοι εξελίσσονται σε ανθοφόρους το φθινόπωρο)- και πλάγιους οφθαλμούς στις μασχάλες των φύλλων, ενώ κάθε μασχαλιαίος οφθαλμός μπορεί να εξελιχθεί σε έναν πλευρικό βλαστό, σε έναν στόλωνα ή να παραμείνει σε λήθαργο, αναλόγως των περιβαλλοντικών συνθηκών που επικρατούν (θερμοκρασία και φωτοπερίοδος)- σε συνθήκες μακράς ημέρας και υψηλής θερμοκρασίας δίνουν γένεση σε στόλωνα, ενώ σε συνθήκες βραχείας φωτοπερίοδου και χαμηλών θερμοκρασιών σχηματίζουν πλευρικό βλαστό με ανθοφόρο οφθαλμό στην κορυφή (Βασιλακάκης, 1997 ; Κανάκης, 2004).

Το ριζικό σύστημα της φράουλας είναι θυσσανώδες και επιπόλαιο, και εκτείνεται κατά κύριο λόγο στα πρώτα 15 εκατοστά του υποστρώματος, με την πρόσληψη των ανόργανων θρεπτικών συστατικών και του νερού να συμβαίνει σε βάθος έως 20 εκατοστά του επιφανειακού εδαφικού στρώματος. Η ρίζα, αποτελείται από ένα μόνιμο τμήμα, με ξυλώδες και φελλώδες κάμβιο- το οποίο είναι πολυετές, και από ένα βραχύβιο τμήμα, το οποίο αποτελείται από ριζικά τριχίδια, χωρίς κάμβιο, μέσω των οποίων γίνεται η πρόσληψη των θρεπτικών. Οι πρωτοταγείς ρίζες, που παράγονται κατευθείαν από την κεφαλή του φυτού ή τη βάση των κόμβων των στολώνων, μπορεί να είναι 20- 35, και μπορεί να φτάσουν και τις 100 σπανιότερα, ενώ οι δευτεροταγείς ρίζες με τα ριζικά τριχίδια ανέρχονται σε χιλιάδες και σχηματίζουν ένα πολύ πυκνό θυσσανώδες ριζικό σύστημα (Βασιλακάκης, 1997 ; Κανάκης, 2004).

Ο βλαστός του φυτού, το ύψος του οποίου είναι μόλις μερικά εκατοστά και καλείται ‘κεφαλή’, αποτελείται από τους αγγειώδεις ιστούς (‘στήλη’) που σχηματίζουν έναν κύλινδρο, στο κέντρο του οποίου βρίσκεται η εντεριώνη, και από τους εξωτερικούς ιστούς, οι οποίοι αποτελούνται από τις βάσεις των φύλλων και εσωτερικά των οποίων υπάρχουν οι οφθαλμοί (Κανάκης, 2004).

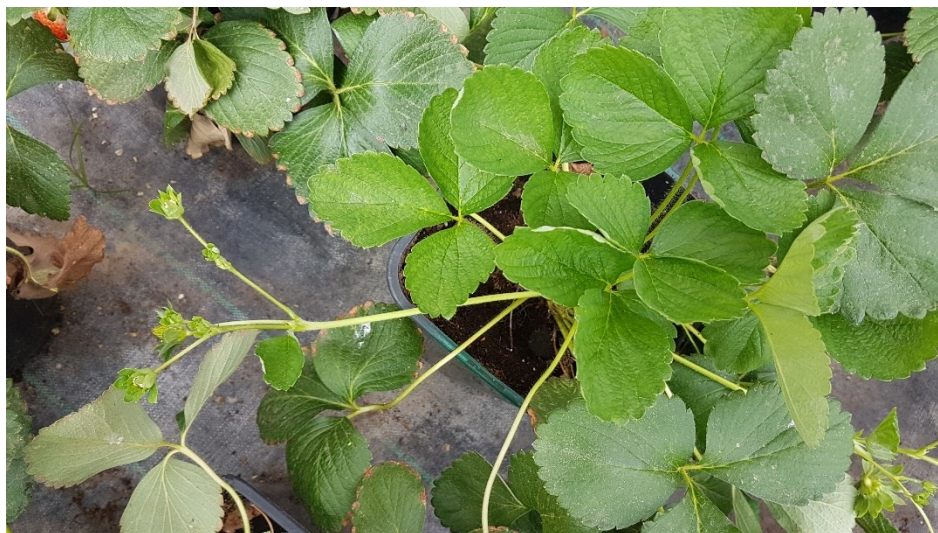
Οι στόλωνες είναι ετήσιοι βλαστοί, οι οποίοι εκπτύσσονται από τους μασχαλιαίους οφθαλμούς, εκτείνονται στα πλάγια και έρπουν στο έδαφος. Αποτελούνται από δύο γόνατα: το πρώτο φέρει οφθαλμό με ένα βράκτιο φύλλο, και το δεύτερο- ακραίο- φέρει

οφθαλμό με πραγματικό φύλλο, και ο οφθαλμός αυτός σχηματίζει βλαστό και επίκτητες ρίζες στη βάση του (οι ευνοϊκές συνθήκες για ριζοβολία είναι το διαπερατό έδαφος και ύπαρξη υγρασίας). Η διαδικασία αυτή λαμβάνει χώρα όλο το καλοκαίρι, υπό κατάλληλες περιβαλλοντικές συνθήκες. Όταν τα νέα φυτά που προκύπτουν από τους στόλωνες αποκτήσουν επαρκές ριζικό σύστημα, αποκόπτονται από το μητρικό φυτό, καθίστανται αυτόνομα και μπορούν να μεταφτευτούν. Οι στόλωνες είναι βασικό μέσο αγενούς πολλαπλασιασμού στην φράουλα, και ο χρόνος έναρξης δημιουργίας τους σχετίζεται άμεσα με τον αριθμό των ανθέων- τα φυτά τα οποία δεν έχουν άνθη, ξεκινούν την δημιουργία των στολώνων πιο νωρίς από εκείνα που ανθοφορούν, και από εκείνα που ανθοφορούν ξεκινούν τη δημιουργία των στολώνων εκείνα που έχουν τα λιγότερα άνθη (Βασιλακάκης, 1997 ; Κανάκης, 2004).

Τα φύλλα της φράουλας είναι σύνθετα, με 3-5 φυλλάρια ανά φύλλο. Για τα περισσότερα καλλιεργούμενα είδη και ποικιλίες, τα φυλλάρια σε κάθε φύλλο είναι τρία, ωοειδή, οδοντωτά και έμμισχα. Στενή συγγένεια με την *Fragaria chiloensis* δείχνουν τα φύλλα των ποικιλιών που φέρουν 4 ή 5 φυλλάρια. Η διάταξη των φύλλων επί της κεφαλής είναι σπειροειδής σε φυλλοταξία 2/5 (το πρώτο και το έκτο φύλλο βρίσκονται στην ίδια κάθετη γραμμή). Τα φύλλα ποικίλουν σε σχήμα, πάχος και χνούδι, και έχουν διάρκεια ζωής από 1 έως 3 μήνες (τα παλαιά φύλλα συνεχώς ανανεώνονται από νέα, τα οποία σχηματίζονται καθώς αυξάνει το κορυφαίο μερίστωμα). Επίσης, φέρουν μεγάλο αριθμό στομάτων σε σύγκριση με άλλα φυτά, και επομένως οι απώλειες νερού μέσω της διαπνοής είναι μεγάλες. Σημαντικό στοιχείο αποτελεί ο αριθμός των φύλλων που φέρουν τα φυτά κατά το φθινόπωρο, καθώς τότε συμβαίνει η διαφοροποίηση των φυλλοφόρων οφθαλμών σε ανθοφόρους (Αύγουστος έως Νοέμβρης), και αυτό διότι οι οφθαλμοί είναι μασχαλιαίοι. Τα φύλλα αποπίπτουν στην αρχή του χειμώνα, ενώ για κάποιες ποικιλίες της *Fragaria chiloensis* σε ήπιες συνθήκες μπορεί να τα διατηρήσουν καθ' όλη τη διάρκεια του χειμώνα (Βασιλακάκης, 1997 ; Κανάκης, 2004).

Οι ταξιανθίες στο φυτό της φράουλας, σχηματίζονται από τους ανθοφόρους οφθαλμούς στο κορυφαίο μερίστωμα, καθώς και στις κορυφές των παράπλευρων βλαστών, και είναι ένα σύνθετο σκιάδιο (ο κύριος άξονας καταλήγει σε δύο διακλαδώσεις, σε καθεμία από τις οποίες σχηματίζεται ένα άνθος). Οι ταξιανθίες επίσης, μπορεί να φέρουν διακλάδωση (απαντάται πάντα σε γόνατο της ταξιανθίας, στη μασχάλη ενός βρακτίου

φύλλου) είτε στη βάση, και επομένως να σχηματίζονται πάνω από έναν άξονες είτε μακριά από τη βάση, και επομένως να σχηματίζεται ένα κορυφαίο και πολλά δευτεροταγή, τριτοταγή κ.τ.λ. άνθη (Βασιλακάκης, 1997).



Εικόνα 1. Εμφάνιση ταξιανθίας στο φυτό της φράουλας κατά της διάρκεια του πειράματος.

Τα ερμαφρόδιτα άνθη της φράουλας έχουν στεφάνη με 5 σέπαλα, 5 λευκά, ωσειδή πέταλα, κάλυκα με 10 λοβούς διατεταγμένους σε δύο σπονδύλους. Οι στήμονες είναι πολυάριθμοι, και συνήθως πολλαπλάσιοι του 5 (20-35), σε 2 ή 3 σπείρες, ενώ μπορεί να διαφέρουν μεταξύ τους σε μήκος και πάχος του νήματος. Οι ύπεροι είναι πολυάριθμοι και οργανωμένοι σε σπειροειδή διάταξη επί της ανθοδόχης και ο αριθμός των οποίων εξαρτάται από τη θέση του άνθους στην ταξιανθία, και κάθε ύπερος έχει μία ωοθήκη (με ένα ωάριο), το στύλο και το στίγμα. Όταν γονιμοποιηθεί το ωάριο και παραχθεί το έμβρυο, η ωοθήκη μετατρέπεται σε αχάινιο. Υπάρχουν όμως και ατελή άνθη που συναντώνται σε εξαπλοειδή και οκταπλοειδή αυτοφυή είδη φράουλας, και οι καλλιεργούμενες ποικιλίες που προέκυψαν από εκείνα (Βασιλακάκης, 1997 ; Κανάκης, 2004). Οι διπλοειδείς ποικιλίες φράουλας ($2n = 14, x = 7$) έχουν κατά βάση ερμαφρόδιτα άνθη με εξαίρεση την *F. vesca* L. *ssp. bracteata*, ενώ οι πολυπλοειδείς ποικιλίες του γένους *Fragaria* είναι τρίοικες, δηλαδή σε διαφορετικά φυτά απαντώνται θηλυκά, αρσενικά, και ερμαφρόδιτα άνθη.



Εικόνα 2. Εμφάνιση εικόνας άνθους από την πειραματική διαδικασία. Διακρίνεται πως στο ίδιο φυτό υπάρχουν άνθη σε διαφορετικά στάδια.

Ο καρπός της φράουλας είναι συγκάρπιο, και το εμπορεύσιμο τμήμα του είναι αυτό της διογκωμένης ανθοδόχης, εξωτερικά της οποίας βρίσκονται τα αχαίνια (βυθισμένα ή εξέχοντα, τα οποία αποτελούν τους πραγματικούς καρπούς) – και αναφέρεται ως ‘μούρο’ ή ‘μιμαίκυλο’. Για το μέγεθος του καρπού υπάρχει απόλυτος συσχετισμός με το μέγεθος του άνθους ή με τον αριθμό των υπέρων που αυτό έχει και θα εξελιχθούν σε αχαίνια. (Βασιλακάκης, 1997 ; Κανάκης, 2004). Επίσης, το μέγεθος του καρπού εξαρτάται από το είδος, την ποικιλία, τη θέση στο ανθικό στέλεχος, και την κατάσταση θρέψης. Το σχήμα του καρπού επίσης επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες του φθινοπώρου, όταν διαφοροποιούνται οι οφθαλμοί ή την άνοιξη κατά την ανθοφορία και από το αν έχουν γονιμοποιηθεί όλες οι ωοθήκες (Κανάκης, 2004). Το χρώμα του καρπού ποικίλει, και εξαρτάται από τον γονότυπο. Όταν αυτός είναι άγουρος, είναι πράσινος, μετά γίνεται λευκός και στη συνέχεια λευκορόδιος, ρόδιος και τέλος κόκκινος, με τις ανθοκνάνες να είναι υπεύθυνες για τον χρωματισμό του. Οι εμπορεύσιμοι καρποί χαρακτηρίζονται από τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους, τα οποία αφορούν κυρίως τη σύστασή τους σε σάκχαρα και οργανικά οξέα (Βασιλακάκης, 1997 ; Κανάκης, 2004). Για την ομοιόμορφη ανάπτυξη της ανθοδόχης και τον σχηματισμό ενός καλοσχηματισμένου καρπού είναι απαραίτητο να έχουν γονιμοποιηθεί όλοι οι ύπεροι του άνθους.

Τα σπέρματα του καρπού (αχαίνια) ολοκληρώνουν την ανάπτυξή τους πριν την ανάπτυξη του μούρου. (Κανάκης, 2004). Τέλος, η ανάπτυξη του καρπού ακολουθεί απλή σιγμοειδή καμπύλη (Δεκάζος, 1991).



Εικόνα 3. Ωριμος καρπός φράουλας, όπως συγκομίστηκε κατά τη δεύτερη συγκομιδή από φυτό μάρτυρα.



Εικόνα 4. Χρωματισμός καρπών φράουλας. Στην εικόνα διακρίνονται διαφορετικού σταδίου ωρίμανσης καρποί στο ίδιο φυτό- άγουροι (πράσινοι) καρποί, καρποί όπου κατά το ήμισυ είναι λευκοί και λευκορόδινοι, και καρποί με το χαρακτηριστικό για την ποικιλία κόκκινο χρώμα.

1.5 Είδη- Ποικιλίες

Σύμφωνα με τον Κανάκη (2004), ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα παρακάτω είδη του γένους *Fragaria*:

Αυτοφυή είδη της Ευρώπης:

- 1) *F. vesca*
- 2) *F. viridis*
- 3) *F. moschata*
- 4) *F. semperflorens*

Αυτοφυή Ασίας:

- 1) *F. vesca*
- 2) *F. moschata*
- 3) *F. daltoniana*
- 4) *F. nubicola*
- 5) *F. nilgerrensis*

Αυτοφυή Αμερικής:

- 1) *F. orientalis*
- 2) *F. moupinensis*
- 3) *F. chilonsis*
- 4) *F. virginiana*
- 5) *F. ovalis*
- 6) *F. vesca*

Στα είδη της φράουλας ανήκουν διπλοειδείς, εξαπλοειδείς και οκταπλοειδείς ποικιλίες.

Στο είδος της *Fragaria x ananassa* ανήκουν οι περισσότερες ποικιλίες και υβρίδια που καλλιεργούνται σήμερα. Τα φυτά είναι μεγάλης ανάπτυξης, με φύλλα πλατύτερα και λεπτότερα του *F. chiloensis*, με χρώμα ανοιχτοπράσινο στην άνω και κάτω επιφάνεια του ελάσματος, και με οδοντωτά φυλλάρια με περισσότερο αμβλυμμένα δόντια. Οι καρποί είναι μεγάλοι, με ποικιλία σε σχήματα και χρώμα, τα αχάινια ελαφρώς βυθισμένα σε

υποτυπώδη βοθρία της σάρκας, και η τελευταία είναι λιγότερο γευστική και με λιγότερο άρωμα από άλλα είδη φράουλας (Κανάκης, 2004).

Για την καλλιεργούμενη φράουλα, οι περισσότεροι γονότυποι που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι πολλαπλά υβρίδια. Αυτά, αναφέρονται ως ποικιλίες λόγω του ότι πολλαπλασιάζονται αγενώς και επομένως διατηρούν σταθερό το γονιδίωμά τους από γενεά σε γενεά (Κανάκης, 2004). Αναφέρονται ποικιλίες κατάλληλες για καλλιέργεια υπό κάλυψη (Πρώιμες: Aliso, Belle et Bonne, Cambridge Prizewinner, Chandler, Douglas, Hummi Grande, Marie France, Pazarro, Pocahontas, Selva, Senga Pantagruella, Senga Precosana, Sequoia, Toro, Tufts, Surprise des Halles, Μεσοπρώιμες: Belrubi, Cambridge favourite, Cambridge Vigour, Gorella, Fresno, Montose, Redgauntlet, Sivetta, Tamella, Tantallon, Tioga), ποικιλίες μεσοπρώιμες οι οποίες είναι κατάλληλες για υπαίθρια καλλιέργεια και υπό προϋποθέσεις και για κάλυψη (Marmion, Merton Princess, Merton Dawn, Senga Dulcita, Senga Fructana, Senga Gigana, Senga Litessa, Tenira), ποικιλίες κατάλληλες μόνο για υπαίθρια καλλιέργεια (Όψιμες: Hummi Ferma, Senga Sengana, Senga Tigaiga, Talisman, Πολύ όψιμες: Domanil, Madame Moutot, Famil), και τέλος πολύφορες ποικιλίες (Aromel, Gento, Hummi Gento, Ostara, Profusion, Rabunda, Revada, Sans Rivales) (Κανάκης, 2004).

Η ποικιλία Camarosa αποτελεί την πιο ευρέως καλλιεργούμενη ποικιλία φράουλας. Έχει προκύψει από πρόγραμμα στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια, και είναι πολύ σημαντική σε όλες τις περιοχές όπου επικρατούν ήπιοι χειμώνες, όπως για παράδειγμα στην Φλόριντα, νότια Αμερική, Ιταλία, Νέα Ζηλανδία, νότια Αφρική, Μεξικό και Ισπανία. Άλλες σημαντικές ποικιλίες για τις ίδιες περιοχές αποτελούν η ‘Selva’, ‘Chandler’, ‘Oso Grande’, και ‘Pajaro’. Συνολικά, οι πιο διαδεδομένες ποικιλίες είναι εκείνες που προέρχονται από προγράμματα υβριδισμού στην Καλιφόρνια: ‘Camarosa’, ‘Seascape’, ‘Selva’ και ‘Chandler’, και κυριαρχούν σε όλα τα θερμά κλίματα στο νότιο και βόρειο ημισφαίριο. Στις περιοχές με πιο ψυχρό κλίμα καλλιεργούνται λίγες ποικιλίες, με πιο συνηθισμένη την ‘Honeyone’ και την ‘Elsanta’ (Hancock, 1999).

1.6 Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις

1.6.1 Έδαφος

Σύμφωνα με τον Δεκάζο (1991), ο τύπος του εδάφους επηρεάζει αποφασιστικά την καλλιέργεια. Αποφεύγονται τα βαθιά, δύσκολα αποστραγγιζόμενα, αλλά και τα ελαφρά πετρώδη εδάφη. Επίσης, καλλιεργούνται σε εδάφη με pH μεταξύ 5,5- 6,5, ενώ αποφεύγονται pH μεγαλύτερα από 7,5 και κλίση πάνω από 10%. Υπό συνθήκες επαρκούς οργανικής ουσίας στο έδαφος τα φυτά της φράουλας καλλιεργούνται και σε pH από 5 έως 7. Σύμφωνα με τον Κανάκη (2004), το φυτό της φράουλας ευδοκμεί σε ελαφρά έως μέσης σύστασης εδάφη (αμμοπηλώδη έως αμμοαργιλώδη) που να είναι γόνιμα, πλούσια σε οργανική ουσία, αρδευόμενα και καλά αποστραγγιζόμενα. Σημαντική για την καλλιέργεια της φράουλας είναι επίσης η χαμηλή περιεκτικότητα του εδάφους σε ασβέστιο, καθώς πρόκειται για ασβεστόφοβο φυτό, και η χαμηλή συγκέντρωση των αλάτων λόγω της ευαισθησίας του φυτού σε αυτά (η ηλεκτρική αγωγιμότητα να διαμορφώνεται στο 1- 1,2 mmhos/cm).

1.6.2 Κλίμα

Το φυτό της φράουλας μπορεί να αντέξει στις χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα και σε πολύ ψυχρά κλίματα- καθώς είναι φυτό των ψυχρών περιοχών, που όμως επειδή διαθέτει μεγάλη γενετική ποικιλομορφία, προσαρμόζεται εύκολα σε ποικίλα περιβάλλοντα (Βασιλακάκης, 1997; Hancock, 1999).

Κατά τον Κανάκη (2004) η φράουλα μπορεί να καλλιεργηθεί σε υψόμετρο έως και 1.000 – 1.100 μέτρα, και σε χαμηλές θερμοκρασίες (η καταστροφή του φυλλώματος και των ανθέων για τις περισσότερες ποικιλίες συμβαίνει σε θερμοκρασίες από -2 έως -7°C). Όταν το φυτό έχει εισέλθει σε λήθαργο, το ριζικό σύστημα μπορεί να αντέξει σε θερμοκρασίες από -40 έως -51°C, και επομένως είναι ανθεκτικό ακόμα και αν καλυφθεί από χιόνι, αλλά είναι ευάλωτο σε όψιμους παγετούς της άνοιξης, όταν ο βλαστός έχει αναπτυχθεί και έχει άνθη ή και καρπούς. Η ελάχιστη θερμοκρασία για την φράουλα είναι 6°C, η άριστη θερμοκρασία ημέρας 22- 23°C, η άριστη θερμοκρασία νύχτας 10- 13°C, ενώ η μέγιστη 30°C. Οι απαιτήσεις των κατάλληλων επιπέδων θερμοκρασίας διαφέρουν ανάλογα με το βλαστικό στάδιο. Έτσι,

- i. Κατά το στάδιο διαφοροποίησης των οφθαλμών, η θερμοκρασία θα πρέπει να είναι στους 10 έως 23°C.
- ii. Κατά το στάδιο του ληθάργου, η θερμοκρασία θα πρέπει να είναι χαμηλότερη από 10°C.
- iii. Κατά το στάδιο της αφύπνισης των φυτών από το λήθαργο, η θερμοκρασία θα πρέπει να είναι υψηλότερη από 10°C.
- iv. Κατά το στάδιο ανθοφορίας και καρποφορίας, στο οποίο η άριστη θερμοκρασία για το άνοιγμα των ανθέων είναι 15°C, και για την καρπόδεση 18,8°C (θερμοκρασία ημέρας) και 13°C (θερμοκρασία νύκτας).

Η φράουλα ανήκει στα φυτά μικρής ημέρας όσον αφορά τον φωτοπεριοδισμό, και για τη μέγιστη ανάπτυξη του φυτού η κάθε ποικιλία έχει συγκεκριμένες απαιτήσεις σε θερμοκρασία και φως (οι περισσότερες ποικιλίες αναπτύσσονται καλά σε θερμοκρασίες 20- 26°C, σε συνδυασμό με φωτοπερίοδο μεγαλύτερη από 12 h). Οι ποικιλίες των νοτίων περιοχών μπορούν να προσαρμοστούν σε συνθήκες μικρής ημέρας και σχετικά χαμηλών θερμοκρασιών και να καλλιεργηθούν στην χώρα μας χωρίς να περάσουν από κατάσταση ληθάργου ή ακόμα και αν χρειαστούν, η περίοδος αυτή να είναι μικρή. Για την παραγωγή στολώνων, το απαιτούμενο μήκος ημέρα είναι τουλάχιστον 12 ώρες και η θερμοκρασία πάνω από 10°C, ενώ φαίνεται πως για την ταχύτερη ανάπτυξη των στολώνων οι ιδανικές συνθήκες είναι μήκος ημέρας 15 ωρών και θερμοκρασία 22- 23°C. Για τις μονόφορες ποικιλίες, η έναρξη της διαφοροποίησης των οφθαλμών σε ανθοφόρους, συμβαίνει σε συνθήκες μικρής φωτοπεριόδου (6-12 ωρών) για τουλάχιστον 6- 14 ημέρες, αναλόγως της ποικιλίας, ενώ για τις δίφορες, πολύφορες ή αείφορες ποικιλίες η διαφοροποίηση των οφθαλμών συμβαίνει και υπό 17 ώρες φωτός και σε θερμοκρασίες υψηλότερες των 30°C (χαρακτηρίζονται ως ‘ποικιλίες μεγάλης ημέρας’) (Κανάκης, 2004).

Η φράουλα είναι επίσης απαιτητικό φυτό όσον αφορά την υγρασία του εδάφους, και συγκεκριμένα απαιτούνται 600- 900 m³ νερού/ στρέμμα κατά τη βλαστική περίοδο (Δεκάζος, 1991).

1.7 Λίπανση

Για τη λίπανση, σύμφωνα με τον Hancock (1999) οι λιπαντικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται διαφέρουν ανά γεωγραφική περιοχή και σύστημα καλλιέργειας. Σε

γενικές γραμμές, εφαρμόζεται πιο συχνά και σε μεγαλύτερες ποσότητες το άζωτο, και ακολουθούν το κάλιο και ο φώσφορος. Αυτό που συνιστάται είναι η εδαφική ανάλυση και η φυλλοδιαγνωστική για τον προσδιορισμό των κατάλληλων ποσοτήτων των θρεπτικών για όλα τα θρεπτικά.

Κατά τον Κανάκη (2004), οι λιπαντικές ανάγκες της καλλιέργειας καθορίζονται έπειτα από αξιολόγηση της εδαφικής ανάλυσης του υποστρώματος, και αναφέρεται πως για μια ικανοποιητική παραγωγή επαρκούν οι παρακάτω ποσότητες λιπασμάτων στο στρέμμα:

- Χωνεμένη κοπριά: 2.000- 3.000 κιλά
- Θεϊκή αμμωνία (21-0-0): 18-22 κιλά
- Απλό υπερφωσφορικό (0-18-0): 45-55 κιλά
- Θεϊκό κάλιο (0-8-48): 20-25 κιλά
- Σύνθετο λίπασμα (11-15-15): 80- 100 κιλά

Αντί της θεϊκής αμμωνίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν και οργανικά αζωτούχα λιπάσματα, τα οποία δεν εκπλένονται εύκολα και αποδίδονται βραδέως στα φυτά. Αντίθετα, θα πρέπει να αποφεύγονται τα νιτρικά λιπάσματα στην βασική λίπανση, καθώς εκπλένονται γρήγορα και λόγω του ότι οι μεγάλες δόσεις των άλλων μορφών αζωτούχων λιπασμάτων προκαλούν ζημιές στα φυτά (Κανάκης, 2004).

Από την φύτευση μέχρι την αφύπνιση των φυτών από τον λήθαργο, δεν πραγματοποιείται λίπανση, γιατί οι ανάγκες των φυτών καλύπτονται από την βασική λίπανση. Όσον αφορά την επιφανειακή λίπανση, στις καλλιέργειες όπου η λίπανση γίνεται μέσω του νερού άρδευσης χρησιμοποιείται νιτρικό κάλιο με νιτρική αμμωνία, σε αναλογία άζωτο: κάλιο αρχικά 1:1 και στη συνέχεια 1:2. Οι υψηλές δόσεις του αζώτου θα πρέπει να αποφεύγονται, διότι αυξάνουν τη ζωηρότητα των φυτών, μειώνουν την διαφοροποίηση των οφθαλμών το φθινόπωρο, μειώνουν την ανθοφορία και υποβαθμίζουν την ποιότητα των καρπών, κάνοντάς τους πιο υδαρείς και επιρρεπείς στο σάπισμα. Όσον αφορά τον φώσφορο, στην χώρα μας δεν απαντώνται συχνά προβλήματα λόγω έλλειψης φωσφόρου. Πιο συχνά είναι τα προβλήματα που εμφανίζονται λόγω έλλειψης καλίου, κυρίως όταν δεν προστίθεται κοπριά ή καλιούχα λιπάσματα στη βασική λίπανση. Τα αρνητικά αποτελέσματα από την έλλειψη καλίου σχετίζονται με μείωση της ζωηρότητας, μείωση της καρποφορίας, και για τις πολυετείς καλλιέργειες μείωση της καλλιεργητικής ζωής. Οι

απαιτήσεις της φράουλας σε μαγνήσιο είναι μικρές, ενώ το φυτό δεν ανέχεται υψηλά επίπεδα ασβεστίου στο υπόστρωμα (Κανάκης, 2004).

1.8 Βιοδιεγέρτες

Σύμφωνα με τον Du Jardin (2015), ως βιοδιεγέρτης ορίζεται οποιαδήποτε ουσία ή μικροοργανισμός εφαρμόζεται σε φυτό με σκοπό να ενισχύσει την επάρκεια των θρεπτικών συστατικών, την αντοχή σε αβιοτικές καταπονήσεις ή και χαρακτηριστικά ποιότητας στην παραγωγή, ανεξάρτητα από το περιεχόμενο του φυτού σε θρεπτικά. Κατά τους Brown et al. (2015), οι βιοδιεγέρτες ορίζονται ως: προϊόντα με περιεχόμενες ουσίες ή ουσία, ή και μικροοργανισμούς, των οποίων η χρήση όταν εφαρμόζονται στα φυτά ή την ριζόσφαιρα είναι να ενεργοποιεί φυσικές διεργασίες που ενισχύουν ή ωφελούν την πρόσληψη των θρεπτικών, την θρεπτική επάρκεια, την αντοχή σε αβιοτικές καταπονήσεις και την ποιότητα της παραγωγής. Οι βιοδιεγέρτες μπορούν να εφαρμοστούν είτε στο έδαφος είτε στα φύλλα του φυτού ανάλογα με την σύνθεσή τους και τα αναμενόμενα αποτελέσματα (Paradikovic et al., 2019). Οι Bulgari et al. (2015) υποστηρίζουν πως ο χαρακτηρισμός των βιοδιεγερτών θα πρέπει να γίνεται με βάση την απόκριση του φυτού, υποδεικνύοντας την φυσιολογία και τα μεταβολικά μονοπάτια με τα οποία σχετίζονται. Επιπλέον, οι βιοδιεγέρτες δεν έχουν σταθερά αποτελέσματα μεταξύ των διαφόρων ειδών φυτών, λόγω της διαφορετικού κατωφλίου ευαισθησίας ενός ή και περισσότερων στοιχείων του βιοδιεγέρτη και των πιθανώς απόντων συνεργιστικών σχέσεων (Bulgari et al., 2015).

Περιγράφονται επίσης από τον Du Jardin (2015), κάποιες κατηγορίες βιοδιεγερτών:

✓ **Χουμικά και Φουλβικά οξέα**

Αποτελούν συστατικά της οργανικής ουσίας του εδάφους, και προκύπτουν από την αποσύνθεση φυτικών και ζωικών ιστών, μικροβιακών υπολειμμάτων, και από τη μεταβολική δραστηριότητα των μικροοργανισμών στο υπόστρωμα. Διαχωρίζονται σε χουμικά και φουλβικά οξέα λόγω διαφορετικού μοριακού βάρους και διαλυτότητας. Οι χουμικές ουσίες και τα σύμπλοκά τους στο έδαφος προκύπτουν ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης της οργανικής ύλης, του μικροβιώματος και του ριζικού συστήματος, καθιστώντας την σύνθεσή τους μη σταθερή (παρ' ολ' αυτά είναι θετικά στην ανάπτυξη των φυτών). Η φύση των χουμικών ουσιών (χουμικά και φουλβικά οξέα), οι περιβαλλοντικές συνθήκες, το φυτικό υλικό στο οποίο εφαρμόζονται, η δόση και ο τρόπος εφαρμογής τους,

είναι υπεύθυνα για τα διαφορετικά αποτελέσματα της χρήσης τους. Η βιοδιεγερτική ικανότητά τους σχετίζεται με την βελτίωση απορρόφησης των θρεπτικών στοιχείων διαμέσου των ριζών με διαφορετικούς μηχανισμούς (αυξημένη πρόσληψη μακρο- και ιχνοστοιχείων, αυξημένη διαθεσιμότητα του εδάφους σε P) να βοηθά στην αναπνοή και άλλες διεργασίες που παρέχουν οργανικά υποστρώματα, να σχετίζονται με ορμονικές επιδράσεις, και τέλος με την αντοχή σε αβιοτικές καταπονήσεις (Du Jardin, 2015).

✓ Υδρολυμένες πρωτεΐνες και άλλες ενώσεις που περιέχουν Άζωτο

Αποτελούνται από αμινοξέα ή μείγματα πεπτιδίων, τα οποία λαμβάνονται από την χημική ή ενζυματική υδρόλυση παραπροϊόντων βιομηχανικών καλλιεργειών, που μπορεί να προέρχονται από υπολείμματα καλλιεργειών ή ζωικά απόβλητα ή χημική σύνθεση απλών ή σύνθετων ενώσεων. Άλλα αζωτούχα μόρια περιλαμβάνουν βεταΐνη, πολυαμίνες και ‘μη πρωτεϊνούχα αμινοξέα’, με την βεταΐνη της γλυκίνης να αποτελεί ξεχωριστή περίπτωση παράγωγου αμινοξέος με σαφείς ιδιότητες κατά των καταπονήσεων. Οι παραπάνω ενώσεις έχουν άμεσες επιδράσεις στα φυτά ρυθμίζοντας την πρόσληψη και αφομοίωση του αζώτου, ρυθμίζοντας ένζυμα που σχετίζονται με την αφομοίωση του αζώτου και των γονιδίων αυτών επηρεάζουν ορμονικές δραστηριότητες, ενώ για κάποια αμινοξέα όπως η προλίνη αναφέρεται πως μπορεί να προστατεύουν τα φυτά από βαρέα μέταλλα, αλλά και να συμβάλλουν στην κινητικότητα και αφομοίωση ιχνοστοιχείων. Επίσης, η αντιοξειδωτική δράση τους προκύπτει από την απομάκρυνση των ελεύθερων ριζών από ενώσεις που περιέχουν άζωτο (όπως η βεταΐνη της γλυκίνης και η προλίνη, η οποία συμβάλλει και στον περιορισμό των επιπτώσεων από περιβαλλοντικές καταπονήσεις). Επιπλέον, υπάρχουν και έμμεσες επιδράσεις των υδρολυμένων πρωτεϊνών στην θρέψη των φυτών και την ανάπτυξή τους όταν αυτές εφαρμόζονται στο έδαφος ή το φυτό, όπως η αύξηση της μικροβιακής βιομάζας, τον αερισμό του εδάφους και συνολικά στην γονιμότητα του εδάφους, ενώ χηλικές και άλλες περίπλοκες διεργασίες συγκεκριμένων αμινοξέων και πεπτιδίων θεωρείται πως συμβάλλουν στην διαθεσιμότητα και αφομοίωση των θρεπτικών μέσω των ριζών (Du Jardin, 2015).

✓ Εκχυλίσματα από φύκια και φυτά

Χρησιμοποιούνται εκχυλίσματα φυκιών και άλλων ενώσεων, που περιλαμβάνουν πολυσακχαρίτες και προϊόντα διάσπασής τους. Άλλα συστατικά που συμβάλλουν στην

ανάπτυξη των φυτών περιλαμβάνουν μακρο- και ιχνοστοιχεία, στερόλες, αζωτούχες ενώσεις (όπως βεταΐνες) και ορμόνες. Τα εκχυλίσματα από φύκια μπορεί να είναι πηγή ποικίλων ενώσεων όπως λιπίδια, πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, φυτορμόνες, αμινοξέα, ωσμορυθμιστές, αντιμικροβιακές ενώσεις και θρεπτικά στοιχεία (Paradikovic et al. 2019). Αρκετές από τις παραπάνω ενώσεις είναι ιδιαίτερες λόγω της προέλευσής τους από τα φύκια. Συγκεκριμένα για τα εκχυλίσματα από φύκια, εφαρμόζονται στο έδαφος, στα διαλύματα υδροπονικών καλλιεργειών, αλλά και διαφυλλικά στα φυτά. Στο έδαφος έχουν ποικίλες θετικές επιδράσεις, όπως η διατήρηση εδαφικής υγρασίας, ο αερισμός, η εξυγίανση του εδάφους από βαρέα μέταλλα, και η προώθηση βακτηρίων που ενισχύουν την ανάπτυξη των φυτών και ανταγωνιστικά παθογόνων των φυτών σε προβληματικά εδάφη. Στα φυτά, τα εκχυλίσματα από φύκια δρουν ως λιπάσματα λόγω του ότι παρέχουν μακρο- και ιχνοστοιχεία στα φυτά, αλλά και ως βιοδιεγέρτες καθώς σχετίζονται με επιδράσεις στη λειτουργία των ορμονών, που σε μεγαλύτερο μέρος έχει να κάνει με την βιοσύνθεση των ορμονών και σε λιγότερο βαθμό από το περιεχόμενο του εκχυλίσματος από φύκια σε ορμόνες ή σε ενώσεις που μοιάζουν με ορμόνες (όπως οι στερόλες και οι πολυαμίνες). Επιπλέον, περιγράφεται και δράση κατά των καταπονήσεων από την χρήση αυτών των εκχυλισμάτων φυκιών από αντιοξειδωτικές ουσίες που περιέχονται στα εκχυλίσματα φυκιών αλλά και από ρυθμιστές κάποιων γονιδίων του φυτού που ενεργοποιούνται από τις καταπονήσεις.

✓ Χιτοζάνη και άλλα βιοπολυμερή

Η χιτοζάνη αποτελεί μια μορφή του βιοπολυμερούς χιτίνη, η οποία παράγεται είτε φυσικά είτε τεχνητά. Η χιτίνη και η χιτοζάνη εμπλέκονται σε μηχανισμούς που σχετίζονται με τη σηματοδότηση στην απόκριση του φυτού υπό συνθήκες καταπόνησης και με τη ρύθμιση της ανάπτυξης. Η χρήση της χιτίνης στη γεωργία επικεντρώνεται στην προστασία από παθογόνους μύκητες, την αντοχή σε αβιοτικές καταπονήσεις (το κλείσιμο των στοματιών επάγεται από την χιτοζάνη ως μηχανισμός αντοχής στις καταπονήσεις από το περιβάλλον), και στην βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών που σχετίζονται με τον πρωτογενή και δευτερογενή μεταβολισμό (Du Jardin, 2015).

✓ Ανόργανες ενώσεις

Κάποια χημικά στοιχεία που προωθούν την ανάπτυξη των φυτών και μπορεί να είναι σημαντικά σε συγκεκριμένα είδη, αλλά όχι απαραίτητα σε όλα τα είδη φυτών, ονομάζονται ωφέλιμα στοιχεία. Αυτά είναι το Αργίλιο (Al), το Κοβάλτιο (Co), το Νάτριο (Na), το Σελήνιο (Se), και το Πυρίτιο (Si), και μπορεί να υπάρχουν ως ανόργανα άλατα και αδιάλυτες μορφές στο έδαφος ή τα φυτά. Οι ευεργετικές τους ιδιότητες μπορεί αφορούν δομικές αλλαγές των κυττάρων ή έκφραση υπό συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες (προσβολή από παθογόνα για το Se ή ωσμωτική καταπόνηση για το Na). Ως συνέπεια αυτού, ως ωφέλιμα στοιχεία θα πρέπει να είναι εκείνα με γνωστή τη χημική τους σύσταση, αλλά και το πλαίσιο στο οποίο εμφανίζονται οι θετικές επιδράσεις τους στην ανάπτυξη των φυτών και την απόκρισή τους στις καταπονήσεις. Ακόμη, οι ευεργετικές ιδιότητες βιοδιεγερτών όπως εκχυλίσματα φυκιών, υπολείμματα φυτικών ιστών ή ζωικά απόβλητα, περιλαμβάνουν επίσης και τις λειτουργίες των ωφέλιμων στοιχείων, όπως (η προώθηση της ανάπτυξης των φυτών, την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων, και την αντοχή σε αβιοτικές καταπονήσεις). Οι παραπάνω ευεργετικές ιδιότητες πραγματοποιούνται μέσω της ακαμψίας κυτταρικού τοιχώματος, ωσμορύθμισης, μειωμένης διαπνοής λόγω εναπόθεσης κρυστάλλων, ρύθμισης θερμότητας μέσω της ανάκλασης της ακτινοβολίας, ενζυμικής δραστηριότητας από συμπαραγόντες, θρέψης των φυτών μέσω αλληλεπιδράσεων με άλλα στοιχεία κατά την πρόσληψη και κινητικότητα, αλληλεπιδράσεις με συμβιωτικούς μικροοργανισμούς και παθογόνα, προστασίας από τοξικότητα βαρέων μετάλλων, βιοσύνθεσης ορμονών και μεταγωγής τους σήματός τους). Τέλος, για τα ανόργανα άλατα από ωφέλιμα ή απαραίτητα στοιχεία παρότι χρησιμοποιούνται ως μυκητοκτόνα και πηγή θρεπτικών, θα πρέπει να μελετηθεί περαιτέρω η δράση τους ως βιοδιεγέρτες, και το πώς αυτά δρουν στην αποτελεσματικότητα της θρέψης και στην αντοχή στις αβιοτικές καταπονήσεις (Du Jardin, 2015).

✓ Ευεργετικοί μύκητες

Οι μύκητες μπορούν να εμφανίσουν διαφορετικές σχέσεις με τα φυτά, από αμοιβαία συμβίωση έως και παρασιτισμό. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι μυκορριζικοί μύκητες που αναπτύσσουν συμβιωτικές σχέσεις με τα φυτά, και δημιουργούν συμβίωση με το 90% των ειδών των φυτών. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την γεωργική παραγωγή παρουσιάζουν οι Δενδρώδεις μυκορριζικοί μύκητες ή ενδομυκορριζικοί (Arbuscule-Forming Mycorrhiza ή AMF), οι οποίοι ανήκουν στο φύλο Glomeromycota, είναι

υποχρεωτικά συμβιωτικοί οργανισμοί, και παίζουν ρόλο στην αποδοτικότητα της θρέψης των φυτών για μακρο- και ιχνοστοιχεία, στην διατήρηση καλύτερης υδατικής κατάστασης του φυτού, στην προστασία από βιοτικές και αβιοτικές καταπονήσεις, καθώς και στην επικοινωνία μεταξύ των φυτών. Για την αξιοποίηση των θετικών επιδράσεων των AMF θα πρέπει να μελετηθούν περισσότερο οι καλλιέργειες φυτών και οι πρακτικές που ακολουθούνται, αλλά και η σχέση τους με άλλους μικροοργανισμούς που υπάρχουν στο υπόστρωμα. Τα προϊόντα που βασίζονται στους παραπάνω μύκητες και εφαρμόζονται στις καλλιέργειες με σκοπό να βελτιώσουν την αποδοτικότητα της θρέψης των φυτών, την αντοχή στις καταπονήσεις, την παραγωγή και την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων θα πρέπει να περιλαμβάνονται στους βιοδιεγέρτες. Ωστόσο, η χρήση τους παρουσιάζει περιορισμούς λόγω της αδυναμίας παραγωγής τους σε μεγάλη κλίμακα λόγω του βιοτροφικού χαρακτήρα τους και της έλλειψης πληροφοριών για τη σχέση τους με τον ξενιστή και των αλληλεπιδράσεων με το μικροβιακό πληθυσμό στο έδαφος. Υπάρχουν όμως ενδείξεις και για άλλους μύκητες πως μπορούν να θεωρηθούν ως βιοδιεγέρτες (*Trichoderma* spp., οι οποίοι ανήκουν στους Ασκομύκητες ή τον *Piriformospora indica* από τους Βασιδιομύκητες) (Du Jardin, 2015).

✓ Ευεργετικά βακτήρια

Τα βακτήρια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βιοδιεγέρτες, αφορούν συμβιωτικά βακτήρια του γένους *Rhizobium*, και τα Plant Promoting Rhizobacteria (PGPRs) στη ριζόσφαιρα των φυτών. Βακτήρια του γένους *Rhizobium* καθώς και κάποιων ακόμα γενών κυκλοφορούν στην αγορά ως βιολογικά λιπάσματα, καθώς η εφαρμογή τους στην καλλιέργεια διευκολύνει την πρόσληψη των θρεπτικών από τα φυτά. Τα PGPRs έχουν πολλές δράσεις και επηρεάζουν πολλές λειτουργίες των φυτών: θρέψη, ανάπτυξη, μορφογένεση, απόκριση σε βιοτικές και αβιοτικές καταπονήσεις, αλληλεπιδράσεις με άλλους οργανισμούς στο αγροοικοσύστημα. Η χρήση τους στη γεωργία περιορίζεται λόγω του τρόπου δράσης τους- ο οποίος είναι περίπλοκος, των διαφορετικών επιδράσεών τους αναλόγως του φυτικού είδους στο οποίο εφαρμόζονται και του περιβάλλοντος, και του τρόπου εφαρμογής τους που συνεπάγεται με μη σταθερά στον χρόνο αποτελέσματα, αλλά παρ' όλ' αυτά η ζήτηση για τέτοια προϊόντα στην παγκόσμια αγορά είναι αυξανόμενη γιατί σχετίζονται με καλύτερη θρέψη των φυτών και ανοσοποίηση (Du Jardin, 2015).

Συνολικά, οι βιοδιεγέρτες μπορεί να συμβάλλουν στην υποστήριξη των μηχανισμών αντοχής στις καταπονήσεις, να επάγουν την ανάπτυξη των φυτών, να ενισχύσουν την πρόσληψη των θρεπτικών, να αυξήσουν την παραγωγικότητα, να βοηθήσουν στο σπάσιμο του ληθάργου, να βοηθήσουν στην ανάπτυξη του μεγέθους του καρπού, να ενισχύσουν την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, να αυξήσουν την δραστηριότητα σε φωτοσυνθετικούς και άλλους ιστούς του φυτού, να βελτιώσουν την ευρωστία του φυτού, να ρυθμίσουν την άνθιση και να διεγείρουν την μετατροπή του άνθους σε καρπό και στη συνέχεια την ωρίμανσή του (Paradikovic et al. 2019).

Επιπλέον, οι Du Jardin (2015) αναφέρουν πως οι βιοδιεγέρτες έχουν κοινά χαρακτηριστικά που αφορούν την φύση, τις λειτουργίες ή και τις χρήσεις τους.

- ✓ Η φύση των βιοδιεγερτών: παρουσιάζει ποικιλία, καθώς μπορεί να περιλαμβάνει ουσίες (μία ένωση ή ομάδα ενώσεων) και μικροοργανισμούς (μεμονωμένα στελέχη ή μείγματα μικροοργανισμών).
- ✓ Οι φυσιολογικές λειτουργίες τους στις διεργασίες του φυτού είναι ποικίλες- με τον όρο φυσιολογικές λειτουργίες εννοείται κάθε ενέργεια στις λειτουργίες του φυτού.
- ✓ Οι επιστημονικά αποδεδειγμένες επιδράσεις των βιοδιεγερτών θα πρέπει να συγκλίνουν σε μία τουλάχιστον ή περισσότερες από τις αναφερόμενες λειτουργίες: να αυξάνουν την αποδοτικότητα της θρέψης, την αντοχή σε αβιοτικές καταπονήσεις ή και τα χαρακτηριστικά της παραγωγής (διατροφική αξία, την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες των δημητριακών, διάρκεια μετασυλλεκτικής ζωής).
- ✓ Το πώς θα οριστούν τα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη της χρήσης των βιοδιεγερτών εξαρτάται από τις πολιτικές που ακολουθούνται στην γεωργία και το περιβάλλον, βάσει στόχων και τελικών σημείων αξιολόγησης. Ωστόσο, ο ορισμός των βιοδιεγερτών δεν θα πρέπει να στοχεύει μόνο στην εξυπηρέτηση του παραπάνω κινήτρου.

Για την βελτιστοποίηση των ευεργετικών επιδράσεων των βιοδιεγερτών θα πρέπει να είναι γνωστά: η χημική σύσταση των εμπορικών σκευασμάτων των βιοδιεγερτών, αλλά και η άριστη δόση και ο χρόνος χορήγησής τους. Επιπλέον, ο συνδυασμός περισσότερων του

ενός βιοδιεγέρτη είναι δυνατόν να δώσει καλύτερα αποτελέσματα από την χρήση ενός μοναδικού βιοδιεγέρτη. Θα πρέπει, ωστόσο, να διερευνηθούν περισσότερο οι βιοχημικές διεργασίες που συμβαίνουν στο φυτό ως αποτέλεσμα της επέμβασης με βιοδιεγέρτες. Τέλος, ως προς το τελικό αποτέλεσμα, αξίζει να αναφερθεί πως οι επιδράσεις των βιοδιεγερτών εξαρτώνται από το είδος του βιοδιεγέρτη αλλά και από το είδος του φυτού στο οποίο εφαρμόζεται (Paradikovic et al., 2019).

1.9 Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

Οι ολοένα αυξανόμενες ανάγκες για αποδοτικότερη παραγωγή καρπών, με την χρήση των απαραίτητων μόνο λιπάνσεων και επομένως με μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα, καλύτερα ποιοτικά χαρακτηριστικά και αντοχή σε βιοτικές και αβιοτικές καταπονήσεις, οδήγησε τα τελευταία χρόνια στην έρευνα για την χρήση των βιοδιεγερτών.

Οι Rohloff et al. (2002) διεξήγαγαν πείραμα πεδίου σε φυτά φράουλας τριών διαφορετικών ποικιλιών σε πέντε διαφορετικές τοποθεσίες στη Νορβηγία, υπό συνθήκες στάγδην άρδευσης, για την διερεύνηση των επιδράσεων διάφορων ρυθμιστών βιοχημικών διεργασιών των φυτών σε αυτά. Χρησιμοποιήθηκαν εκτός από τη λίπανση, βεταΐνη της γλυκίνης και ένωση παρόμοια της κυτοκινίνης ανά διαστήματα δύο εβδομάδων, για πέντε φορές από τον Ιούνιο έως τον Ιούλιο-Αύγουστο. Η βλαστική ανάπτυξη (ο αριθμός των κεφαλών, των φύλλων και των ανώριμων καρπών, ξηρό βάρος), η μορφολογία του καρπού, και η παραγωγή επηρεάστηκε σημαντικά υπό την επίδραση των βιοδιεγερτών και διαφορετικά αναλόγως της ποικιλίας, δίνοντας καλύτερα αποτελέσματα στα φυτά που δέχτηκαν την επέμβαση με βιοδιεγέρτη. Η ανάλυση των διαλυτών σακχάρων, του pH, και της τιτλοδοτούμενης οξύτητας υπέδειξε πως δεν παρατηρήθηκε διαφορά στην εμπορεύσιμη ποιότητα των καρπών ανάμεσα στα φυτά των επεμβάσεων και σε αυτά του μάρτυρα.

Οι Arthur et al. (2003) μελέτησαν την επίδραση της εφαρμογής του σκευάσματος Kelrak (εκχύλισμα από φύκια) σε τρεις ποικιλίες πιπεριάς όσον αφορά την ανάπτυξη και παραγωγή τους σε θερμοκήπιο. Η εφαρμογή του Kelrak για τις περισσότερες από τις επεμβάσεις βελτίωσε την παραγωγή των εμπορεύσιμων καρπών. Η συνδυασμένη επέμβαση της εμβάπτισης των σπορόφυτων σε 0,4% Kelrak για δύο ώρες πριν την μεταφύτευση και τρεις εφαρμογές διαφυλλικού ψεκάσμού με 0,4% Kelrak κατά την

ανάπτυξη των φυτών, αύξησε σημαντικά τον αριθμό και το μέγεθος των εμπορεύσιμων καρπών.

Οι Mansy et al. (2004) πραγματοποίησαν διετές πείραμα με σκοπό την διερεύνηση των επιδράσεων διαφυλλικής εφαρμογής δυο εμπορικών σκευασμάτων, προερχόμενων από εκχυλίσματα από φύκη- των Kelpak SL και Goëmar BM 86®, σε δύο ποικιλίες φράουλας- τις ‘Elkat’ και ‘Salut’. Οι παράμετροι που αξιολογήθηκαν ήταν η ανάπτυξη, η παραγωγή, το βάρος του καρπού, η συνεκτικότητά του, και η αντοχή στο παθογόνο *Botrytis cinerea*. Και τα δύο σκευάσματα βελτίωσαν σημαντικά την παραγωγή της ποικιλίας ‘Elkat’ αλλά δεν επηρέασαν την παραγωγή στην ποικιλία ‘Salut’. Το σκεύασμα Kelpak SL μείωσε το βάρος του καρπού στην ποικιλία ‘Salut’ αλλά όχι στην ‘Elkat’, ενώ το σκεύασμα Goëmar BM 86® δεν επηρέασε το βάρος του καρπού σε καμία από τις δύο ποικιλίες. Και τα δύο σκευάσματα μείωσαν την συνεκτικότητα του καρπού και στις δύο ποικιλίες σε σχέση με τους καρπούς του μάρτυρα. Όσον αφορά την αντοχή στο παθογόνο, κανένα από τα δύο σκευάσματα δεν είχε σημαντική επίδραση για καμία από τις δύο ποικιλίες.

Οι Prokkola and Kivijärvi (2007) πραγματοποίησαν διετή έρευνα σε φυτά φράουλας βιολογικής καλλιέργειας της ποικιλίας ‘Jonsoκ’, με σκοπό τη διερεύνηση της αποτελεσματικότητας διαφορετικών ψεκασμών βιολογικών σκευασμάτων, όσον αφορά την αντοχή στο παθογόνο *Botrytis cinerea*, την παραγωγή και την ποιότητα των παραγόμενων καρπών. Στο πρώτο πείραμα οι ψεκασμοί αποτελούνταν από φύκια, εκχυλίσματα από σκόρδο και κομπόστ, πυρίτιο και ο μικροοργανισμός *Trichoderma* spp. στα πειραματικά τεμάχια στις περιοχές Ruukki και Mikkeli. Στο δεύτερο πείραμα εξετάστηκαν το εκχύλισμα κομπόστ, και οι ψεκασμοί με τους μικροοργανισμούς *Trichoderma* spp. και *Gliocladium catenulatum* στην περιοχή Ruukki. Ο χρόνος της επέμβασης επιλέχθηκε έτσι ώστε να αντιμετωπιστεί το παθογόνο. Η επίδραση των ψεκασμών στα φυτά όσον αφορά στην εμφάνιση ασθένειας λόγω του *Botrytis cinerea*, όπως και στην συνολική παραγωγή και στην παραγωγή των εμπορεύσιμων καρπών δεν ήταν σημαντική, σε σύγκριση με τα φυτά του μάρτυρα.

Οι Roussos et al. (2009) εξέτασαν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών φράουλας μετά την εφαρμογή βιοδιεγερτών. Οι επεμβάσεις περιλάμβαναν τον μάρτυρα – ο οποίος δεν δέχτηκε εφαρμογή κάποιου βιοδιεγέρτη, αλλά και φυτά που δέχτηκαν μείγμα

από εκχύλισμα φυκιού συν ένα μείγμα από εμπορικό σκεύασμα με νιτροφαινολικά και εμπορικό σκεύασμα από μείγμα αυξίνης και γιββερελικού οξέος σε δύο δόσεις. Η επέμβαση με βιοδιεγέρτη αύξησε την απόδοση των εμπορεύσιμων καρπών των φυτών και το μέγεθος του καρπού σε σχέση με τους καρπούς του μάρτυρα, ενώ δεν είχε καμία σημαντική επίδραση στο pH του χυμού των καρπών, την τιτλοδοτούμενη οξύτητα και στη συγκέντρωση των ολικών διαλυτών στερεών. Όσον αφορά την συγκέντρωση των οργανικών οξέων και των σακχάρων στους καρπούς, επίσης δεν φάνηκε κάποια σημαντική επίδραση των βιοδιεγερτών. Το χρώμα των καρπών δεν εμφάνισε σημαντική διαφορά υπό την επίδραση των βιοδιεγερτών, ενώ η συγκέντρωση των ολικών ανθοκυανών ήταν μεγαλύτερη απ' ό,τι στους καρπούς του μάρτυρα. Η αντιοξειδωτική ικανότητα στον χυμό των καρπών ήταν ελαφρώς υψηλότερη στους καρπούς του μάρτυρα, το οποίο θα μπορούσε να είναι αποτέλεσμα της υψηλότερης συγκέντρωσης των ολικών φαινολών, ο-διφαινολών, φλαβονοειδών και φλαβανολών. Στα γευστικά πάνελ, οι συμμετέχοντες έδωσαν υψηλότερη βαθμολογία στους καρπούς των φυτών που δέχθηκαν την επέμβαση με το μείγμα αυξίνης και γιββερελικού οξέος.

Οι Spinelli et al. (2010) διερεύνησαν την αποτελεσματικότητα ενός νέου εκχυλίσματος από φύκια, ως εναλλακτικού του χηλικού σιδήρου για την καλλιέργεια της φράουλας. Το σκεύασμα Actiwave®- παραγόμενο από φύκια του *Ascophyllum nodosum*, περιέχει καυδρίνη, αλγινικό οξύ και βεταΐνες- ίσως αποτελεί λύση στη μείωση της χρήσης των φυτοχημικών στη γεωργία. Για την διερεύνηση της αποτελεσματικότητας του σκευάσματος στην καλλιέργεια της φράουλας, τα φυτά καλλιεργήθηκαν σε υπόστρωμα στο οποίο η άσβεστος προκαλούσε τροφопενία σιδήρου. Ο βιοδιεγέρτης αύξησε την βλαστική ανάπτυξη κατά 10%, την συγκέντρωση της χλωροφύλλης κατά 11%, την πυκνότητα των στοματιών κατά 6,5%, τον φωτοσυνθετικό ρυθμό και την παραγωγή κατά 27% και το βάρος του καρπού, σε σχέση με τους καρπούς και τα φυτά του μάρτυρα. Το ξηρό βάρος του υπέργειου ήταν πάνω από 27% μεγαλύτερο στα φυτά που δέχθηκαν την επίδραση του βιοδιεγέρτη από του μάρτυρα, και το ξηρό βάρος της ρίζας πάνω από 76%. Συνολικά, το παραπάνω εκχύλισμα από φύκια προτείνεται ως υποκατάστατο του χηλικού σιδήρου, ως πιο φιλικό προς το περιβάλλον σκεύασμα.

Οι Alam et al. (2013) διεξήγαγαν πειράματα σε θερμοκήπιο και αγρό, από το 2009 έως το 2011, με σκοπό να προσδιοριστεί η επίδραση εκχυλίσματος φυκιού *Ascophyllum*

στην ανάπτυξη και την παραγωγή σε φυτά φράουλας, καθώς και στο μικροβίωμα του υποστρώματός τους. Στα πειράματα χρησιμοποιήθηκαν φυτά των ποικιλιών ‘Albion’, ‘Camarosa’, ‘Chandler’ και ‘Festival’. Το διαλυτό, σε μορφή σκόνης, εκχύλισμα του *Ascophyllum nodosum* εφαρμόστηκε μία ή δύο φορές την εβδομάδα για περίπου 8 εβδομάδες. Η μέγιστη παραγωγικότητα των φυτών και των καρπών φάνηκε στις δόσεις των 1 και 2 g της σκόνης ανά λίτρο, και στο θερμοκήπιο και στον αγρό, με την ‘Chandler’ να είναι εκείνη που ανταποκρίθηκε περισσότερο στην επέμβαση και την ‘Albion’ να είναι εκείνη που ανταποκρίθηκε λιγότερο. Η εφαρμογή της σκόνης του εκχυλίσματος του φυκιού αύξησε την ανάπτυξη του φυτού στο υπέργειο μέρος (φυλλική επιφάνεια και ξηρό βάρος) και την παραγωγή (αριθμός καρπών ανά φυτό και παραγωγή ως g/φυτό) σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα.

Οι Eshghi et al. (2013) μελέτησαν την επίδραση διαφυλλικών ψεκασμών από εκχυλίσματα φυκιών, τα οποία περιλάμβαναν τα σκευάσματα Algaren, Drin, και του Green hum με περιεκτικότητα σε χουμικό οξύ 13,5%, στην βλαστική και αναπαραγωγική ανάπτυξη φυτών φράουλας της ποικιλίας ‘Selva’. Στα αποτελέσματα παρατηρήθηκε πως τα φυτά που δέχτηκαν το Algaren στη συγκέντρωση 6 g L⁻¹, είχαν την υψηλότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης στα φύλλα τους σε σχέση με εκείνα του μάρτυρα και τις περισσότερες επεμβάσεις, και τα φυτά που ψεκάστηκαν με Green hum στη συγκέντρωση 3 g L⁻¹ εμφάνισαν σημαντικά αυξημένη φυλλική επιφάνεια, βάρος πρώιμων καρπών, ξηρά βάρη υπέργειου και ριζικού συστήματος, και παραγωγή σε σχέση με τους καρπούς και τα φυτά του μάρτυρα και των περισσότερων από τις επεμβάσεις. Ο ψεκασμός με Drin σε συγκέντρωση 0,5 g L⁻¹ είχε ως αποτέλεσμα το μικρότερο ποσοστό παραμορφωμένων καρπών και την υψηλότερη συγκέντρωση βιταμίνης C στους καρπούς από αυτούς του μάρτυρα και των περισσότερων επεμβάσεων. Συμπερασματικά, τα σκευάσματα αυτά ήταν ικανά να επηρεάσουν θετικά την ανάπτυξη της συγκεκριμένης ποικιλίας φράουλας.

Οι El-Miniawy et al. (2014) διεξήγαγαν πείραμα με σκοπό τη διερεύνηση της επίδρασης των διαφυλλικών ψεκασμών εκχυλίσματος φυκιών, σε δόσεις 1 ή 2 ml/L, σε εφαρμογές μία, δύο ή τρεις φορές σε φυτά φράουλας κατά τις καλλιεργητικές περιόδους 2009/2010 και 2010/2011. Τα χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν ήταν η επίδραση στην ανάπτυξη, στη συγκέντρωση χλωροφυλλών, τη θρεπτική κατάσταση των φύλλων, σε κάποια ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών και στην παραγωγή φράουλας. Τα

αποτελέσματα του πειράματος υπέδειξαν πως το εκχύλισμα από φύκια βελτίωσε τα χαρακτηριστικά της ανάπτυξης των φυτών, όπως το ύψος, τον αριθμό των φύλλων ανά φυτό, την φυλλική επιφάνεια και το νωπό βάρος ρίζας και βλαστού. Επίσης, η επέμβαση με το εκχύλισμα από φύκια φαίνεται πως αύξησε τους υδατάνθρακες στην κεφαλή, την συγκέντρωση του φωσφόρου και του καλίου στα φύλλα, το μέσο βάρος του καρπού, την πρώιμη και τη συνολική παραγωγή ανά φυτό, καθώς και κάποια ποιοτικά χαρακτηριστικά του καρπού, όπως την συνεκτικότητα, το περιεχόμενο σε διαλυτά στερεά, την τιτλοδοτούμενη οξύτητα και τον λόγο των διαλυτών στερεών προς την τιτλοδοτούμενη οξύτητα. Ωστόσο, δεν υπήρξε σημαντική επίδραση του εκχυλίσματος των φυκιών για το περιεχόμενο των φύλλων σε χλωροφύλλη και άζωτο, και σε ασκορβικό οξύ στους καρπούς. Τελικά, την πιο αξιοσημείωτη επίδραση της επέμβασης με εκχύλισμα από φύκια είχε η επέμβαση της ποικιλίας ‘Sweet Charlie’, σε χαρακτηριστικά που αφορούσαν την ανάπτυξη, την ποιότητα των καρπών και την παραγωγή, όταν αυτά δέχτηκαν την επέμβαση των 2 ml/L του σκευάσματος επί τρεις φορές.

Οι Weber et al. (2018) διερεύνησαν την επίδραση εκχυλίσματος από φύκια του είδους *Ascophyllum nodosum* και πυριτίου στον σχηματισμό πρώιμων καρπών και στην παραγωγή βιολογικά καλλιεργούμενων φυτών φράουλας της ποικιλίας ‘Cherry’ σε μη θερμαινόμενα θερμοκήπια. Ο αριθμός των καρπών ανά φυτό, βάρος καρπού και παραγωγή καρπών ανά φυτό, καταγράφηκαν σε έξι ημερομηνίες συλλογής καρπών. Στους καρπούς, οι πρωτογενείς και δευτερογενείς μεταβολίτες αξιολογήθηκαν με υγρό χρωματογράφο υψηλής απόδοσης με φασματογράφο μαζών (HPLC/ MS) στις πρώτες τέσσερις δειγματοληψίες καρπών. Η διαφυλλική εφαρμογή των βιοδιεγερτών είχε ως αποτέλεσμα την σημαντική αύξηση της παραγωγής πρώιμων καρπών, την αύξηση της συνολικής παραγωγής και του συνολικού αριθμού καρπών, στα φυτά που δέχτηκαν την επέμβαση με βιοδιεγέρτες σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα. Στους καρπούς που δέχτηκαν την επίδραση των βιοδιεγερτών σε σχέση με τους καρπούς του μάρτυρα, η συγκέντρωση των σακχάρων ήταν μικρότερη περίπου κατά 20%, καθώς και η συγκέντρωση σε φαινολικά οξέα (βενζοϊκό οξύ και υδροξικιναμμικό οξύ) κατά την πρώτη δειγματοληψία. Στην παραγωγή των πρώιμων καρπών, ήταν σημαντικά υψηλότερη η συγκέντρωση των ανθοκυανών στους καρπούς που δέχτηκαν την επέμβαση με βιοδιεγέρτες σε σχέση με του

μάρτυρα. Τελικά, η χρήση βιοδιεγερτών για την επίτευξη πρώιμης παραγωγής καρπών φράουλας είχε θετικά αποτελέσματα.

Οι Almadí et al. (2020) πραγματοποίησαν πειράματα για την αξιολόγηση της επίδρασης κάποιου βιοδιεγέρτη ζωικής προέλευσης, με δράση παρόμοια με των ορμονών, στην ανάπτυξη και σε φυσιολογικές διεργασίες νεαρών φυτών ελιάς. Ο βιοδιεγέρτης εφαρμόστηκε σε φυτά σε γλάστρα, και σε φυτά σε έδαφος, και αποτελούνταν από σύμπλεγμα φυσικών αμινοξέων. Ως μάρτυρας θεσπίστηκαν τα φυτά που έλαβαν μια ποσότητα ουρίας, ίση με αυτή που δέχτηκαν τα φυτά της επέμβασης με τον βιοδιεγέρτη από αυτόν. Η επέμβαση με βιοδιεγέρτη είχε ως αποτέλεσμα την μεγαλύτερη ανάπτυξη των φυτών, αυξημένη φωτοσυνθετική ικανότητα και στοματική αγωγιμότητα, σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα σε γλάστρα. Καταλήγοντας, οι βιοδιεγέρτες που αποτελούνται από αμινοξέα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη νεαρών δενδρυλλίων ελιάς.

Οι Paradikoní et al. (2011) μελέτησαν την επίδραση φυσικών βιοδιεγερτών στην παραγωγή και διατροφική ποιότητα καρπών δύο ποικιλιών πιπεριάς *Capsicum annuum* L. υπό συνθήκες μειωμένης λίπανσης. Το πείραμα αποτελούνταν από 4 επεμβάσεις, τον μάρτυρα της ποικιλίας ‘Blondy’ ο οποίος δέχτηκε μόνο το θρεπτικό διάλυμα χωρίς βιοδιεγέρτη, όπως και ο μάρτυρας της ποικιλίας ‘Century’, και η επέμβαση με βιοδιεγέρτη ξεχωριστά και για τις δύο ποικιλίες. Η μειωμένη λίπανση αφορούσε μείωση κατά 30% των θρεπτικών του συνιστώμενου θρεπτικού διαλύματος. Οι βιοδιεγέρτες που εφαρμόστηκαν αποτελούνταν από τα Radifarm®, Megafol®, Viva® και Benefit® της εταιρείας Valagro, και εφαρμόστηκαν κατά τις οδηγίες του κατασκευαστή, αφού αναμείχθηκαν με το θρεπτικό διάλυμα. Καθένα από αυτά είχε συγκεκριμένο ρόλο σε συγκεκριμένο αναπτυξιακό στάδιο του φυτού. Αξιολογήθηκαν η συνολική παραγωγή καρπών, το μέσο βάρος του καρπού, ο μέσος αριθμός των μη εμπορεύσιμων καρπών, η εμπορική παραγωγή των καρπών, τα ολικά φαινολικά, ολικά καροτενοειδή, η συγκέντρωση βιταμίνης C, η συγκέντρωση χλωροφυλλών και η αντιοξειδωτική ικανότητα στους καρπούς. Στα αποτελέσματα, παρατηρήθηκε θετική επίδραση της χρήσης των βιοδιεγερτών στις παραμέτρους της παραγωγής. Παρατηρήθηκε αύξηση της συγκέντρωσης των χρωστικών στα φύλλα των φυτών των επεμβάσεων με βιοδιεγέρτες, το οποίο συμφωνεί με την αύξηση της εμπορικής παραγωγής σε αυτά. Επίσης, παρατηρήθηκε θετική επίδραση στα φυτά των επεμβάσεων με βιοδιεγέρτες για την βιταμίνη C και της συγκέντρωσης των ολικών φαινολικών κατά την

θερμή περίοδο του καλοκαιριού. Η αντιοξειδωτική ικανότητα των καρπών των φυτών που δέχτηκαν την επίδραση των βιοδιεγερτών, σύμφωνα με τις μεθόδους DPPH και ABTS, ήταν σημαντικά υψηλότερη από εκείνη στους καρπούς του μάρτυρα, και συσχετίστηκαν με όλες τις παραμέτρους της ποιότητας, με εξαίρεση την συγκέντρωση των ολικών φαινολικών. Συνολικά, οι βιοδιεγέρτες βελτίωσαν την αντιοξειδωτική ικανότητα των καρπών, την βιταμίνη C και τη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών στους καρπούς, και τη συγκέντρωση των χρωστικών στα φύλλα, για τα φυτά στα οποία εφαρμόστηκαν σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα. Η χρήση βιοδιεγερτών αποτελεί καλή πρακτική για διατήρηση υψηλών αποδόσεων, υψηλής διατροφικής αξίας καρπών, με μικρότερη επίδραση στο περιβάλλον.

1.10 Σκοπός εργασίας

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η μελέτη της επίδρασης των βιοδιεγερτών και της αζωτούχου λίπανσης, στα οργανοληπτικά, ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των καρπών της φράουλας, στην καλλιέργεια, την ανάπτυξη και θρέψη των φυτών, καθώς και στο ύψος και ποιότητα της παραγωγής. Για την διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν σκευάσματα που ανήκουν στα λιπάσματα, καθώς και στη νέα κατηγορία αυτών, τους βιοδιεγέρτες.

2 Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Τόπος διεξαγωγής του πειράματος

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο γυάλινο μη θερμαινόμενο, θερμοκήπιο του εργαστηρίου Δενδροκομίας, του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

2.2 Φυτικό υλικό και φύτευση

Για τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν φυτά φράουλας της ποικιλίας B4 (η οποία αποτελεί ένα υβρίδιο, το οποίο βρίσκεται σε πειραματικό στάδιο, και αναπτύσσεται στο φυτώριο της εταιρείας 'Georion'). Τα φυτάρια μεταφυτεύτηκαν από τους δίσκους σποράς, σε φυτοδοχεία των 5L, σε ετοιμόχρηστο υπόστρωμα για φυτά εξωτερικού χώρου στις 21 Δεκεμβρίου. Η σύσταση του υποστρώματος, όπως αυτή αναφέρεται στη συσκευασία είναι η εξής:

- 1) N-P-K (15-15-24): 1 kg / m³
- 2) Ca & Mg: 3,4 kg / m³
- 3) pH 5,9
- 4) EC 24 mS / m
- 5) Υδατοδιαλυτό Άζωτο (N): 400-1200 mg / Kg
- 6) Διαλυτός Φώσφορος (P): 200- 600 mg / Kg
- 7) Διαλυτό Κάλιο (K): 1000- 3000 mg / Kg
- 8) Οργανική Ουσία: 90%

Έγιναν 5 επεμβάσεις λίπανσης:

1. Μάρτυρας (Control, C), τα φυτά του οποίου δεν δέχτηκαν λίπανση καθ' όλη τη διάρκεια διεξαγωγής του πειράματος

2. Επικρατές Πρόγραμμα Λίπανσης (SF), όπως αυτό δόθηκε από το φυτώριο από το οποίο προήλθαν τα φυτά

3. Επικρατές Πρόγραμμα Λίπανσης με το Entec Solub -το οποίο αντικατέστησε την πηγή αζώτου- (SFE)

4. Επικρατές Πρόγραμμα Λίπανσης με τους βιοδιεγέρτες Crenel (SF-C)

5. Επικρατές Πρόγραμμα Λίπανσης με τους βιοδιεγέρτες και το Entec Solub (SFE-C).



Εικόνα 1. Φύτευση των φυτών φράουλας και εγκατάστασή των φυτοδοχείων σε εντελώς τυχαίοποιημένο σχέδιο.

2.3 Πειραματικό σχέδιο

Στο παρόν πείραμα, ακολουθήθηκε το εντελώς τυχαίοποιημένο σχέδιο, με 5 επεμβάσεις και 6 επαναλήψεις των 6 φυτών η κάθε μία.

2.4 Επεμβάσεις

Η άρδευση γινόταν σύμφωνα με τις απαιτήσεις της καλλιέργειας (συνήθως 1-2 φορές την εβδομάδα), χρησιμοποιώντας 500 mL ανά φυτό, με ογκομετρικό κύλινδρο. Η λίπανση εφαρμοζόταν επίσης στον ίδιο όγκο νερού, ενώ τα φυτά του Μάρτυρα αρδεύονταν με 500 mL νερού βρύσης.

Οι βιοδιεγέρτες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι εξής:

- **To Crenel Soil Fit (CSF):** το οποίο αποτελεί εδαφοβελτιωτική ουσία για την ενίσχυση της απορρόφησης θρεπτικών συστατικών και την υποστήριξη της υγείας του εδάφους και της παραγωγικότητας της καλλιέργειας. Περιέχει μη φυτικά συστατικά a) *Azotobacter*

vinelandii με 300.000 CFU/ml το ελάχιστο, και b) *Clostridium pasteurianum* με 300.000 CFU/ml, τα οποία εξάγονται από μελάσα.

- **To Crenel Top Vital (CTV):** το οποίο αποτελεί ουσία βοηθητική της ανάπτυξης των φυτών που βελτιώνει τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών ουσιών και αυξάνει τη δραστηριότητα κρίσιμων μεταβολικών διαδικασιών των φυτών. Περιέχει L-αμινοξέα 6% (τα οποία εξάγονται από μελάσα και μέρη γαρίδας), καθώς και αδρανή συστατικά (πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, πολυπεπίδια, γαλακτικό οξύ και μελάσα).

Το CSF εφαρμόστηκε ως υδρολίπανση, ενώ το CTV τόσο ως υδρολίπανση όσο και διαφυλλικά – με όγκο ψεκασμού ανά φυτό από 14 mL (στην αρχή, BBCH 15-16) έως 133 mL (BBCH 87-89).

2.5 Εφαρμογή βιοδιεγερτών και λίπανσης

Οι βιοδιεγέρτες εφαρμόστηκαν μετά την λίπανση (στις επεμβάσεις 4 και 5) ως υδρολίπανση, αφού αναμείχθηκαν σε συγκεκριμένες αναλογίες. Κατά τη διάρκεια του πειράματος, οι βιοδιεγέρτες εφαρμόστηκαν κατά τις οδηγίες του κατασκευαστή.



Εικόνα 2. Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για την εφαρμογή της λίπανσης και των επεμβάσεων.

- Στον μάρτυρα (control) πραγματοποιούνταν άρδευση με ογκομετρικό κύλινδρο 500ml.

- Στην επέμβαση SF πραγματοποιήθηκαν εφαρμογές λίπανσης με WSF.
- Στην επέμβαση SFE έγινε εφαρμογή του WSF και του Entec Solub.
- Στην επέμβαση SF-C έγινε εφαρμογή των βιοδιεγερτών και του WSF.
- Και τέλος, στην επέμβαση SFE-C έγινε εφαρμογή του WSF, του διαλύματος Entec Solub και των βιοδιεγερτών.

Ως WSF: υδατοδιαλυτό λίπασμα (EuroChem); Entec Solub: υδατοδιαλυτό λίπασμα με παρεμποδιστή νιτροποίησης (EuroChem), που περιέχει το 30- 40% του αζώτου σε μορφή νιτρικού άλατος και το 60- 70% του αζώτου σε αμμωνιακή μορφή.

Οι εφαρμογές κωδικοποιήθηκαν με σύμβολα της λατινικής αλφαβήτου στην πάροδο του χρόνου.

1. Κατά την φύτευση: πότισμα +/- λίπανση (για την εφαρμογή χρησιμοποίηση ογκομετρικού κυλίνδρου και όχι σύστημα άρδευσης)
2. Εφαρμογή A: κατά την φύτευση το CSF + CTV αναμείχθηκαν και εφαρμόστηκαν 4 l/ha στο υπόστρωμα των φυτών για τις επεμβάσεις SF-C και SFE-C.
3. Εφαρμογές B-G: 21 ημέρες μετά την προηγούμενη εφαρμογή μέχρι την έναρξη της πρώτης συγκομιδής, το CSF εφαρμόστηκε στο έδαφος (2 l/ha), το CTV εφαρμόστηκε διαφυλλικά (4 l/ha). Ο αριθμός των εφαρμογών (B-G) προσαρμόστηκε στον χρόνο έως την πρώτη συγκομιδή. Οι εφαρμογές αυτές έγιναν στα φυτά των επεμβάσεων SF-C και SFE-C.
4. Εφαρμογές H-K: 21 ημέρες μετά την προηγούμενη εφαρμογή, εφαρμόστηκε διαφυλλικά του CTV (2,5 l /ha) στα φυτά των επεμβάσεων SF-C και SFE-C.
 - Σύμφωνα με τον κατασκευαστή, η τελευταία εφαρμογή θα πρέπει να γίνει 14 ημέρες πριν την λήξη της συγκομιδής. Εάν η βλάστηση, και αντίστοιχα η περίοδος άρδευσης σταματά νωρίτερα, οι τελευταίες εφαρμογές της περιόδου μπορούν να ακυρωθούν. Σε αυτή την περίπτωση οι εφαρμογές που δεν έχουν πραγματοποιηθεί διαγράφονται.
 - Όλες οι εφαρμογές έγιναν με το νερό ύδρευσης του θερμοκηπίου, με ογκομετρικό κύλινδρο. Επιπλέον, όποτε έγινε κάποια εφαρμογή, έγινε ταυτόχρονα πότισμα με νερό στα φυτά του μάρτυρα, με τον ίδιο όγκο όπως και στις εφαρμογές.

Το Επικρατές Πρόγραμμα Λίπανσης, όπως αυτό δόθηκε από το φυτώριο από το οποίο προήλθαν τα φυτά, προγραμματίστηκε ως ακολούθως:

- ✓ Ξεκινώντας με Άζωτο- ουρία, νιτρικό, αμμωνιακές μορφές, Φώσφορο, Κάλιο, Ψευδάργυρο (Zn), Σίδηρο (Fe), Βόριο (B)
- ✓ Ακολουθώς με N, P, K, Zn, Fe, Mg, B
- ✓ Προσθήκη Ασβεστίου (Ca)
- ✓ Αύξηση του K με την εμφάνιση των καρπών
- ✓ Και όλα τα παραπάνω κάθε 15 ημέρες

Πίνακας 1. Αναλυτική περιγραφή του Επικρατούς Προγράμματος Λίπανσης στον χρόνο.		
Ημερομηνία Εφαρμογής	Επικρατές Πρόγραμμα Λίπανσης	Σχόλια
05/01/2017	Borax, ZnSO ₄ , Ferrilene, 0-54-38	<ul style="list-style-type: none"> • Το Entec Solub χρησιμοποιήθηκε αντί άλλης πηγής αζώτου στις επεμβάσεις SFE και SFE-C.
19/01/2018	20-20-20, 0-52-38, borax, ZnSO ₄ , Ferrilene	
02/02/2018	Urea, MgSO ₄ , borax, ZnSO ₄ , Ferrilene	
12/02/2018	20-20-20, 0-52-38, Brexil Ca, Urea, MgSO ₄ , borax, ZnSO ₄ , Ferrilene	
02/03/2018	20-20-20, 0-52-38, Brexil Ca, Urea, MgSO ₄ , borax, ZnSO ₄ , Ferrilene	
13/03/2018	20-20-20, 0-52-38, Brexil Ca, Urea, MgSO ₄ , borax, ZnSO ₄ , Ferrilene	
20/03/2018	20-20-20, 0-52-38, Brexil Ca, Urea, MgSO ₄ , borax, ZnSO ₄ , Ferrilene	
13/04/2018	20-20-20, 0-52-38, K ₂ SO ₄ , Brexil Ca, Urea, MgSO ₄ , borax, ZnSO ₄ , Ferrilene	
27/04/2018	20-20-20, 0-52-38, K ₂ SO ₄ , Brexil Ca, Urea, MgSO ₄ , borax, ZnSO ₄ , Ferrilene	

2.6 Δειγματοληψίες

2.6.1 Καρποί

Συνολικά πραγματοποιήθηκαν δύο κύκλοι δειγματοληψιών καρπών, οι οποίες έγιναν σταδιακά σε πολλές συγκομιδές («χέρια»), μία ή δύο φορές την εβδομάδα, ξεκινώντας στις 5 Μαρτίου. Η συγκομιδή γινόταν χειρωνακτικά, σε ώριμους καρπούς, και εκείνοι τοποθετούνταν σε πλαστικά σακουλάκια με την αντίστοιχη ετικέτα. Μετά τη συγκομιδή, οι καρποί ζυγίζονταν μεμονωμένα, μετρούνταν η διάμετρος, το μήκος με ηλεκτρονικό παχύμετρο, και στη συνέχεια υπολογιζόταν το χρώμα τους με χρωματόμετρο. Η συνεκτικότητα των καρπών μετρούνταν με συνεκτικόμετρο χειρός. Στη συνέχεια, οι καρποί τοποθετούνταν στην κατάψυξη για επόμενες αναλύσεις. Κατά το τέλος κάθε κύκλου συγκομιδής, οι καρποί κάθε επέμβασης ομογενοποιήθηκαν ως κατεψυγμένοι με οικιακό ομογενοποιητή, και η πούλπα που προέκυψε αποθηκεύτηκε σε σωληνάρια και σωλήνες Eppendorf - τα οποία έφεραν την αντίστοιχη σήμανση- στην κατάψυξη, για περαιτέρω ανάλυση.



Εικόνα 3. Οι καρποί της φράουλας όπως συλλέχθηκαν και κωδικοποιήθηκαν κατά την πρώτη συγκομιδή.

2.6.2 Φύλλα

Οι δειγματοληψίες των φύλλων για την αξιολόγηση της θρεπτικής κατάστασης πραγματοποιήθηκαν κατά το πρώτο 'χέρι' συγκομιδής. Λήφθηκαν δύο δείγματα φύλλων,

από κάθε φυτό της επανάληψης για κάθε επέμβαση, το πρώτο- 3 ημέρες πριν την εφαρμογή του Crenel Top Vital, και το δεύτερο 3 ημέρες μετά την εφαρμογή του. Στα φύλλα μετρήθηκαν μακρο- και ιχνοστοιχεία.



Εικόνα 4. Δειγματοληψία φύλλων για θρεπτική ανάλυση.

2.7 Μετρήσεις – Αναλύσεις

2.7.1 Καρποί

Μετά από κάθε δειγματοληψία, και πριν την αποθήκευση στον καταψύκτη, γίνονται οι εξής μετρήσεις:

- ✓ Βάρος καρπού
- ✓ Διάμετρος καρπού
- ✓ Μήκος καρπού
- ✓ Συνεκτικότητα καρπού
- ✓ Χρώμα καρπού

Για την πραγματοποίηση των παραπάνω μετρήσεων, χρησιμοποιήθηκαν κατά αντιστοιχία:

- Ζυγός
- Παχύμετρο (για το μήκος και τη διάμετρο)
- Πενετρόμετρο χειρός

- Χρωματόμετρο Minolta CR300

Μετά το πέρας των δειγματοληψιών, μετρήθηκαν οι παρακάτω παράμετροι:

- ✓ Στοιχεία της παραγωγής:
 - Ποσοστό εμπορικών καρπών (ποσοστό και αριθμός καρπών στην αντίστοιχη κατηγορία)
 - Αριθμός των καρπών ανά φυτό
 - Συνολικός αριθμός καρπών
 - Συνολική παραγωγή ανά φυτό
- ✓ pH, Ολικά Διαλυτά Στερεά (TSS), Τιτλοδοτούμενη Οξύτητα (TA), καθώς και ο λόγος TSS/TA
- ✓ Περιεκτικότητα καρπών σε ολικές Φαινολικές Ενώσεις
- ✓ Περιεκτικότητα καρπών σε ολικές ο-Διφαινόλες
- ✓ Περιεκτικότητα καρπών σε ολικές Φλαβονόλες
- ✓ Περιεκτικότητα καρπών σε ολικά Φλαβονοειδή
- ✓ Περιεκτικότητα καρπών σε Ανθοκυάνες
- ✓ Ανάλυση των Σακχάρων (HPLC)
- ✓ Ανάλυση των Οργανικών Οξέων (HPLC)
- ✓ Υπολογισμός της αντιοξειδωτικής ικανότητας σύμφωνα με τις μεθόδους FRAP, DPPH και ABTS

Για την υλοποίηση των αναλύσεων που προαναφέρονται, χρησιμοποιήθηκαν τα εξής όργανα και μέθοδοι:

- pH

Για την μέτρηση του pH μεταφέρθηκαν 0,5 mL, του δείγματος που προέκυψε από την πολτοποίηση, σε κωνική φιάλη των 100 mL μαζί με 20 mL απεσταγμένου νερού. Στη συνέχεια, μεταφέρθηκαν σε ποτήρι ζέσεως, στο οποίο πραγματοποιήθηκε η μέτρηση του pH με το ηλεκτρονικό πεχάμετρο Consort C5010.

- Ολικά Διαλυτά Στερεά

Για τον προσδιορισμό των ολικών διαλυτών στερεών χρησιμοποιήθηκε το διαθλασίμετρο Hanna HI 96801 Refractometer. Από το δείγμα που προέκυψε από την

ομογενοποίηση των κατεψυγμένων καρπών, λήφθηκε με μεταλλική σπάτουλα 1 g δείγματος, το οποίο μεταφέρθηκε σε σωληνάριο Eppendorf των 1,5 mL. Έπειτα, τα σωληνάρια τοποθετήθηκαν σε φυγόκεντρο, για 5' στις 13.500 rpm. Τέλος, λήφθηκαν από το υπερκείμενο που προέκυψε 100 μ L με πιπέτα, τοποθετήθηκαν στην ειδική υποδοχή του διαθλασίμετρου, και έγινε ανάγνωση και καταγραφή του αποτελέσματος στην ειδική φόρμα. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης είναι εκφρασμένα σε °Brix. Για κάθε δείγμα έγινε μία μέτρηση.

➤ Τιτλοδοτούμενη Οξύτητα

Για τον προσδιορισμό της τιτλοδοτούμενης οξύτητας χρησιμοποιήθηκε το δείγμα, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση του pH. Η τιτλοδότηση έγινε με διάλυμα 0,01 N NaOH. Συγκεκριμένα, στο διάλυμα πραγματοποιήθηκε ογκομέτρηση μέχρι το pH να φτάσει στο 8,2 και καταγράφηκε ο απαιτούμενος όγκος του NaOH για την αντίδραση. Η ογκομετρούμενη οξύτητα εκφράστηκε σε g κιτρικού οξέος/ 100 g καρπού.

➤ Φαινολικές ενώσεις

Για την μέτρηση των φαινολικών ενώσεων πραγματοποιήθηκε καταρχήν εκχύλιση. Ζυγίστηκαν περίπου 500 mg παγωμένου ιστού κάθε δείγματος στο ζυγό ακριβείας του εργαστηρίου. Προστέθηκαν 2,5 mL αιθυλική αλκοόλη 75% v/v σε νερό, ακολούθησε ανάδευση με vortex, και επανάληψη αυτού του βήματος, οπότε ο τελικός όγκος έφτασε τα 5 mL. Στη συνέχεια, έγινε ανάδευση στο δείγμα και τοποθέτηση στο υδατόλουτρο, στους 40°C για 20'. Το δείγμα φυγοκεντρήθηκε για 6' στα 4000 rpm, και λήφθηκαν με πιπέτα 5 mL του εκχυλίσματος της αιθυλικής αλκοόλης. Πραγματοποιήθηκε και δεύτερη εκχύλιση των εναπομεινάντων φαινολικών ενώσεων στον ιστό, με 2 x 2,5 mL 75% v/v αιθυλικής αλκοόλης με τελικό όγκο τα 5 mL. Το δείγμα αναδεύτηκε σε vortex και τοποθετήθηκε σε υδατόλουτρο στους 40°C για 20'. Φυγοκεντρήθηκε για 6' στα 4000 rpm και μεταφέρθηκαν από αυτό 5 mL αιθυλικής αλκοόλης, έτσι ώστε τελικώς παραλήφθηκαν 10 ml εκχυλίσματος αιθυλικής αλκοόλης για περαιτέρω αναλύσεις (Δεναζά, 2014).

▪ Ολικά Φαινολικά

Για τον προσδιορισμό των ολικών φαινολικών ενώσεων ακολουθήθηκε η μέθοδος της Δεναζά (2014) και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε mg equivalent gallic acid g⁻¹ FW (Δεναζά, 2014).

- Ολικές ο-Διφαινόλες

Ο προσδιορισμός των ο-διφαινολών πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τη μέθοδο της Δεναζά (2014) και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε mg equivalent caffeic acid g⁻¹ FW (Δεναζά, 2014).

- Ολικές Φλαβανόλες

Για τον προσδιορισμό των ολικών φλαβανολών ακολουθήθηκε η μέθοδος της Δεναζά (2014) και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε mg equivalent catechin g⁻¹ FW (Δεναζά, 2014).

- Ολικά Φλαβονοειδή

Ο προσδιορισμός των συγκεντρώσεων των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τη μέθοδο της Δεναζά (2014) και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε mg equivalent catechin g⁻¹ FW (Δεναζά, 2014).

- Ανθοκυάνες

Για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των ολικών ανθοκυανών λήφθηκαν περίπου 400 mg παγωμένου ιστού κάθε δείγματος, στα οποία προστέθηκαν 5 mL 80% ακετόνης και 1% v/v HCl, και αναδεύτηκαν. Έπειτα, προστέθηκαν ξανά 5 mL 80% ακετόνης και 1% v/v HCl, με τελικό όγκο τα 10 mL, και έγινε και πάλι ανάδευση σε vortex. Τα δείγματα αφέθηκαν σε περιοδική ανάδευση για 1 h. Ακολούθησε φυγοκέντρηση για 5' στα 4000 g, και διάλυση 1 ml δείγματος σε ρυθμιστικό διάλυμα με pH=1, καθώς και 1 ml δείγματος σε ρυθμιστικό διάλυμα με pH = 4,5. Τέλος, έγινε μέτρηση της απορρόφησης του δείγματος 15' αργότερα, στα μήκη κύματος 510 και 700 nm. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε mg pelargonidin 3-glucoside σε g⁻¹ νεπού βάρους (FW) (Roussos et al. 2009).

- Σάκχαρα

Για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των σακχάρων στους καρπούς της φράουλας χρησιμοποιήθηκε υγρή χρωματογραφία υψηλής πίεσης (HPLC). Συγκεκριμένα, ζυγίστηκε 1 g από τον ομογενοποιημένο κατεψυγμένο ιστό κάθε δείγματος, προστέθηκαν 2,5 mL HPLC νερού και ακολούθησε ανάδευση με χρήση vortex. Πραγματοποιήθηκε εκχύλιση των σακχάρων σε φούρνο μικροκυμάτων (MW) στα 400 Watt για 1', και

φυγοκέντρηση για 6' στα 4000 rpm. Στο ίζημα, προστέθηκαν 2,5 mL HPLC νερού, έγινε ανάδευση με vortex, εκχύλιση των σακχάρων σε φούρνο μικροκυμάτων στα 400 Watt για 1', φυγοκέντρηση για 6' στα 400 rpm και παραλήφθηκε το υπερκείμενο. Μετά από ένωση των δύο υπερκειμένων, λήφθηκαν 700 μL από αυτό, και πραγματοποιήθηκε αραίωση 1:1 με ακετονιτρίλιο, σε σωλήνα Eppendorf των 2 mL. Ακολούθησε φυγοκέντρηση του δείγματος, στα 14000 rpm για 1', και τέλος φιλτράρισμα. Τα σάκχαρα των οποίων προσδιορίστηκε η συγκέντρωση στα δείγματα ήταν 1) η φρουκτόζη, 2) η γλυκόζη, και 3) η σακχαρόζη. Η ανάλυση των δειγμάτων έγινε με HPLC (Shimadzu), με αντλία Nexera x2, LC-30AD, με αυτόματο δειγματολήπτη Nexera x2, SIL- 30AC, φούρνο CTO- 20AC, ανιχνευτή RID-10A Shimadzu, στήλη Multospher APS- HP 3 μ Hilic 250 x 3 mm, στους 35°C, με κινητή φάση 80% ακετονιτρίλιο και 20% νερό HPLC. Ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης των σακχάρων έγινε με βάση την καμπύλη αναφοράς των συγκεκριμένων πρότυπων διαλυμάτων σακχάρων. Ως πρότυπες ουσίες χρησιμοποιήθηκαν φρουκτόζη, γλυκόζη και σακχαρόζη σε συγκεντρώσεις 1000 mg L⁻¹, 500 mg L⁻¹, 400 mg L⁻¹ και 200 mg L⁻¹ (Δεναζά, 2014).

➤ Οργανικά Οξέα

Για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των οργανικών οξέων χρησιμοποιήθηκε υγρή χρωματογραφία υψηλής πίεσης (HPLC). Συγκεκριμένα, λήφθηκαν 0,5 g από το ομογενοποιημένο κατεψυγμένο ιστό κάθε δείγματος, και εκχυλίστηκαν δύο φορές με 5 mL 3% (w/v) μεταφωσφορικού οξέος σε απεσταγμένο νερό, σε θερμοκρασία δωματίου, υπό περιοδική ανάδευση για 30'. Στο τέλος κάθε εκχύλισης του δείγματος λήφθηκε το κάθε υπερκείμενο και τα δύο υπερκείμενα αναμείχθηκαν, και πραγματοποιήθηκε φιλτράρισμα. Τα οργανικά οξέα των οποίων η συγκέντρωση προσδιορίστηκε ήταν 1) το μηλικό, 2) το ασκορβικό, και 3) το κιτρικό. Η ανάλυση των δειγμάτων έγινε με HPLC, αντλία Varian 9010, ανιχνευτή HP 1050, στήλη Kinetex EVO 5 μm C18, 100 \AA , 250 x 4,6 mm, στους 27°C, με κινητή φάση 0,02% φορμικό οξύ σε νερό HPLC. Ως πρότυπες ουσίες χρησιμοποιήθηκαν ήταν 1) το μηλικό, 2) το ασκορβικό, και 3) το κιτρικό οξύ σε συγκεντρώσεις 1000 mg L⁻¹, 500 mg L⁻¹, 250 mg L⁻¹, 125 mg L⁻¹, 62,5 mg L⁻¹, και 32,25 mg L⁻¹. Η επεξεργασία των χρωματογραφημάτων έγινε μέσω προγράμματος στον ηλεκτρονικό υπολογιστή (PeakSimple Chromatography Data System, 301- 302), (Δεναζά, 2014).

➤ Αντιοξειδωτική ικανότητα

▪ FRAP

Από το εκχύλισμα των φαινολικών όπως περιεγράφηκε παραπάνω, λήφθηκαν 200 μL και αραιώθηκαν σε 800 μL 75% αιθανόλης (αραίωση 1:5). Από το διάλυμα που προέκυψε, λήφθηκαν 50 μL και σε αυτό προστέθηκαν 1,5 mL διαλύματος FRAP (παρασκευασμένο την ίδια ημέρα) στους 37°C, και αναδεύτηκαν με vortex. Το δείγμα παρέμεινε σε ηρεμία για 15' στους 37°C και στη συνέχεια μετρήθηκε η απορρόφησή του στα 593 nm με τη βοήθεια του φασματοφωτόμετρου. Για την έκφραση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκαν πρότυπα υδατικά διαλύματα Trolox. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε $\mu\text{mol equivalent Trolox g}^{-1} \text{FW}$ (Roussos et al. 2009).

▪ DPPH

Για τον προσδιορισμό της αντιοξειδωτικής ικανότητας σύμφωνα με την DPPH, λήφθηκαν 200 μL δείγματος (όπως αυτό προέκυψε από την εκχύλιση του δείγματος των φαινολικών) και αραιώθηκαν με 800 μL αιθανόλης (αραίωση 1:5). Στη συνέχεια, λήφθηκαν 0,1 mL από το παραπάνω, αναμείχθηκαν με 2 mL διαλύματος DPPH 0,1 mM, και αναδεύτηκαν με vortex. Το διάλυμα αφέθηκε σε ηρεμία για 15', σε θερμοκρασία δωματίου, υπό σκότος και μετρήθηκε η απορρόφηση του δείγματος στο φασματοφωτόμετρο σε μήκος κύματος 517 nm. Για την έκφραση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκαν πρότυπα υδατικά διαλύματα Trolox. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε $\mu\text{mol equivalent Trolox g}^{-1} \text{FW}$ (Roussos et al. 2009).

▪ ABTS

Ο προσδιορισμός της αντιοξειδωτικής ικανότητας με την ABTS, έγινε με βάση τη μέθοδο που αναφέρετε στους Huang et al. 2005. Αναμείχθηκαν 7 mM ABTS με 2,45 mM potassium persulfate σε αναλογία 1:1, και παρέμειναν σε θερμοκρασία δωματίου υπό συνθήκες σκότους για 16 h. Ακολούθησε αραίωση του διαλύματος ABTS με μεθανόλη σε αναλογία 1:20 (μέχρι η απορρόφηση του διαλύματος στα 734 nm αν είναι $0,700 \pm 0,02$). Τέλος, σε 2,4 mL διαλύματος ABTS προστέθηκαν 50 μL δείγματος, στους 30°C, και μετά από 1' έγινε μέτρηση στο φασματοφωτόμετρο σε μήκος κύματος 734 nm. Για την έκφραση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκαν πρότυπα υδατικά διαλύματα Trolox. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε $\mu\text{mol equivalent Trolox g}^{-1} \text{FW}$.

2.7.2 Φύλλα

Πραγματοποιήθηκαν 8 μετρήσεις φωτοσύνθεσης, οι οποίες γίνονταν 3 ημέρες μετά την κάθε εφαρμογή του Crenel Top Vital, όταν τα φυτά είχαν πλέον αρκετό φύλλωμα. Η φωτοσύνθεση μετρήθηκε με το όργανο LCpro⁺ ADC, πρωινές ώρες, αφού τα φυτά μεταφέρθηκαν εκτός του θερμοκηπίου. Οι μετρήσεις της φωτοσύνθεσης ήταν δύο για κάθε κύκλο (BBCH 55/60 εμφάνιση άνθους/ έναρξη άνθισης, και από BBCH 71 και μετά έως την κύρια περίοδο συγκομιδής).

Για τον υπολογισμό της φυλλικής επιφάνειας, λήφθηκαν φωτογραφίες του φύλλου, υπολογίστηκε το εμβαδόν του με τη βοήθεια του προγράμματος ImageJ, και στη συνέχεια πολλαπλασιάστηκε με το μέσο όρο του αριθμού των φύλλων της αντίστοιχης επανάληψης για την κάθε επέμβαση. Οι μετρήσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν κατά την έναρξη του πειράματος- όταν τα φυτά είχαν αναπτύξει επαρκές φύλλωμα, στην περίοδο που αντιστοιχούσε περίπου στη μέση του πειράματος (16 Απριλίου), και κατά το τέλος αυτού (στις 7 Μαΐου).

Για την θρεπτική κατάσταση των φύλλων, τα δείγματα μετά το πέρας του πειράματος στάλθηκαν στο Τμήμα Γεωπονίας, της Σχολής Γεωπονίας και Τροφίμων, του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου, όπου και έγιναν οι αναλύσεις.

2.8 Στατιστική ανάλυση

Για την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε ανάλυση διασποράς (ANOVA) ως μονοπαραγοντικό πείραμα. Οι σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων στις μετρούμενες μεταβλητές, προσδιορίστηκαν σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών μέσω του TUKEY HSD σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$. Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το στατιστικό πρόγραμμα StatGraphics Centurion XV. II.

3 Αποτελέσματα

3.1 Φυσιολογικά χαρακτηριστικά

Στους παρακάτω πίνακες, διακρίνονται οι διαφορές που αφορούν τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά των καρπών, μεταξύ των επεμβάσεων. Συγκεκριμένα, οι καρποί από τα φυτά του μάρτυρα εμφάνισαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερη συνεκτικότητα, κατά την πρώτη και τη δεύτερη συγκομιδή, καθώς και στο σύνολο των δύο συγκομιδών (Πίνακες 1-3). Κατά την πρώτη συγκομιδή, οι καρποί δεν εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων για το μέσο βάρος καρπού, τη διάμετρο και το μήκος (Πίνακας 1). Κατά τη δεύτερη συγκομιδή, και στο σύνολο της πρώτης και δεύτερης συγκομιδής οι καρποί των SF-C εμφάνισαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερες τιμές για βάρος του καρπού από τους καρπούς του μάρτυρα (Πίνακες 2,3). Στη δεύτερη συγκομιδή, οι καρποί των επεμβάσεων SF και SF-C εμφάνισαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερη τιμή από τους καρπούς του μάρτυρα, για τη διάμετρο και το μήκος τους (Πίνακας 2). Στο σύνολο της πρώτης και δεύτερης συγκομιδής, οι καρποί της επέμβασης SF-C εμφάνισαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερο μήκος από τους καρπούς του μάρτυρα, ενώ για τη διάμετρο δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των καρπών των επεμβάσεων και του μάρτυρα (Πίνακας 3).

Πίνακας 1. Επίδραση της εφαρμογής βιοδιεγερτών στο μέσο βάρος καρπού, διάμετρο, μήκος και συνεκτικότητα καρπών φράουλας κατά την **πρώτη συγκομιδή**- το βάρος μετρούμενο σε g, η διάμετρος σε mm, το μήκος σε mm, η συνεκτικότητα σε N.

Επεμβάσεις	Βάρος	Διάμετρος	Μήκος	Συνεκτικότητα
<i>Μάρτυρας</i>	21,32a	33,60a	47,50a	0,52a
<i>SF</i>	23,31a	35,49a	50,62a	0,44b
<i>SFE</i>	20,97a	34,93a	47,38a	0,44b
<i>SF-C</i>	23,66a	36,27a	51,69a	0,44b
<i>SFE-C</i>	23,16a	34,36a	51,00a	0,44b
P-value	ns	ns	ns	***

Μέσοι όροι εντός της ίδιας στήλης, ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey, $\alpha=0,05$.

Πίνακας 2. Επίδραση της εφαρμογής βιοδιεγερτών στο μέσο βάρος καρπού, διάμετρο, μήκος και συνεκτικότητα καρπών φράουλας κατά τη **δεύτερη συγκομιδή**- το βάρος μετρούμενο σε g, η διάμετρος σε mm, το μήκος σε mm, η συνεκτικότητα σε N.

Επεμβάσεις	Βάρος	Διάμετρος	Μήκος	Συνεκτικότητα
<i>Μάρτυρας</i>	19,24c	37,47b	46,46b	0,60a
<i>SF</i>	25,63ab	39,00a	50,73a	0,44b
<i>SFE</i>	22,89b	37,95ab	50,73ab	0,44b
<i>SF-C</i>	26,04a	39,14a	51,84a	0,44b
<i>SFE-C</i>	24,01ab	37,50b	48,82ab	0,43b
P-value	***	*	**	***

Μέσοι όροι εντός της ίδιας στήλης, ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey, $\alpha=0,05$.

Πίνακας 3. Επίδραση της εφαρμογής βιοδιεγερτών στο μέσο βάρος καρπού, διάμετρο, μήκος και συνεκτικότητα καρπών φράουλας **στο σύνολο της πρώτης και δεύτερης συγκομιδής**- το βάρος μετρούμενο σε g, η διάμετρος σε mm, το μήκος σε mm, η συνεκτικότητα σε N.

Επεμβάσεις	Βάρος	Διάμετρος	Μήκος	Συνεκτικότητα
<i>Μάρτυρας</i>	20,28c	35,53a	47,23c	0,56a
<i>SF</i>	24,47ab	37,24a	50,68ab	0,44b
<i>SFE</i>	21,93bc	36,44a	48,51bc	0,44b
<i>SF-C</i>	24,85a	37,71a	51,76a	0,44b
<i>SFE-C</i>	23,59ab	35,93a	49,91abc	0,44b
P-value	***	ns	***	***

Μέσοι όροι εντός της ίδιας στήλης, ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey, $\alpha=0,05$.

3.2 Παραγωγή

Τα στοιχεία της παραγωγής που υπολογίστηκαν ήταν: το ποσοστό και ο αριθμός καρπών ανά πειραματικό τεμάχιο που ανήκουν στις κατηγορίες ‘EXTRA’ και ‘I και II’, στον αριθμό των καρπών ανά φυτό, στο συνολικό αριθμό καρπών φράουλας ανά πειραματικό τεμάχιο, καθώς και στη συνολική παραγωγή ανά φυτό (ως αποτέλεσμα του αριθμού καρπών ανά φυτό επί το αντίστοιχο βάρος). Η κατηγορία ‘EXTRA’ αφορά καρπούς με διάμετρο μεγαλύτερη από 25 mm, και οι ‘I και II’ αφορά καρπούς με διάμετρο τουλάχιστον 18 mm, σύμφωνα με τον κανονισμό της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (843/2002) για τον καθορισμό κανόνων εμπορίας για τους καρπούς φράουλας (op.europa.eu). Για τα αποτελέσματα που αφορούν στοιχεία της παραγωγής, σημειώνεται πως για το ποσοστό των

καρπών που ανήκουν στην κατηγορία 'I και II', τον αριθμό των καρπών που ανήκουν στην κατηγορία 'I και II', καθώς και στο ποσοστό των καρπών που ανήκουν στην κατηγορία 'EXTRA' δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων για την πρώτη, τη δεύτερη αλλά και στο σύνολο της πρώτης και της δεύτερης συγκομιδής (Πίνακες 4-6). Για την πρώτη συγκομιδή, ο αριθμός των καρπών που ανήκουν στην κατηγορία 'EXTRA' και ο συνολικός αριθμός των καρπών, ήταν σημαντικά υψηλότερα για τους καρπούς της επέμβασης SF-C και SFE-C από τους καρπούς της επέμβασης SFE, ενώ ο συνολικός αριθμός καρπών ανά φυτό, καθώς και η συνολική παραγωγή ανά φυτό ήταν σημαντικά υψηλότερα για τους καρπούς της επέμβασης SF-C από εκείνα της επέμβασης SFE (Πίνακας 4). Κατά τη δεύτερη συγκομιδή, αλλά και στο σύνολο της πρώτης και δεύτερης συγκομιδής, τα φυτά των επεμβάσεων SF, SFE, SF-C και SFE-C διέφεραν στατιστικά σημαντικά από του μάρτυρα, για τον αριθμό των καρπών που ανήκουν στην κατηγορία 'EXTRA', τον συνολικό αριθμό καρπών ανά φυτό, τον συνολικό αριθμό των καρπών, καθώς και τη συνολική παραγωγή ανά φυτό, με τα στοιχεία της παραγωγής που αφορούν το μάρτυρα να λαμβάνουν τις χαμηλότερες τιμές (Πίνακες 5 και 6).

Πίνακας 4. Επίδραση της εφαρμογής βιοδιεγερτών στο ποσοστό, και στον αριθμό καρπών ανά πειραματικό τεμάχιο που ανήκουν στις κατηγορίες 'EXTRA' και 'I και II', στον αριθμό των καρπών ανά φυτό, στο συνολικό αριθμό καρπών φράουλας ανά πειραματικό τεμάχιο, καθώς και στη συνολική παραγωγή ανά φυτό (ως αποτέλεσμα του αριθμού καρπών ανά φυτό επί το αντίστοιχο βάρος) κατά την πρώτη συγκομιδή.

<i>Επεμβάσεις</i>	% κατηγορίας , I&II'	Αριθμός καρπών κατηγορίας , I&II'	% κατηγορίας , EXTRA'	Αριθμός καρπών κατηγορίας , EXTRA'	Αριθμός καρπών/ φυτό	Συνολικός αριθμός καρπών	Συνολική παραγωγή/φυτό
<i>Μάρτυρας</i>	3,91a	1,17a	96,10a	30,33ab	3,94ab	31,50ab	84,13ab
<i>SF</i>	3,54a	1,17a	96,46a	30,17ab	3,92ab	31,33ab	91,27ab
<i>SFE</i>	4,67a	1,33a	95,34a	22,83b	3,38b	24,17b	71,27b
<i>SF-C</i>	2,74a	1,0a	97,26a	34,50a	4,64a	35,50a	109,10a
<i>SFE-C</i>	1,05a	0,33a	98,95a	33,17a	4,19ab	33,50a	97,26ab
<i>P-value</i>	ns	ns	ns	**	*	**	*

Μέσοι όροι εντός της ίδιας στήλης, ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey, $\alpha=0,05$.

Πίνακας 5. Επίδραση της εφαρμογής βιοδιεγερτών στο ποσοστό, και στον αριθμό καρπών ανά πειραματικό τεμάχιο που ανήκουν στις κατηγορίες 'EXTRA' και 'I και II', στον αριθμό των καρπών ανά φυτό, στο συνολικό αριθμό καρπών φράουλας ανά πειραματικό τεμάχιο, καθώς και στη συνολική παραγωγή ανά φυτό (ως αποτέλεσμα του αριθμού καρπών ανά φυτό επί το αντίστοιχο βάρος) κατά τη δεύτερη συγκομιδή.

<i>Επεμβάσεις</i>	% κατηγορίας , I&II'	Αριθμός καρπών κατηγορίας , I&II'	% κατηγορίας , EXTRA'	Αριθμός καρπών κατηγορίας , EXTRA'	Αριθμός καρπών/ φυτό	Συνολικός αριθμός καρπών	Συνολική παραγωγή/φυτό
<i>Μάρτυρας</i>	0,40a	0,17a	99,60a	37,00b	6,19b	37,17b	119,07b
<i>SF</i>	0,39a	0,33a	99,61a	69,50a	11,64a	69,83a	296,79a
<i>SFE</i>	0,29a	0,17a	99,71a	74,50a	12,45a	74,67a	286,50a
<i>SF-C</i>	0,00a	0,00a	100,00a	70,17a	11,70a	70,17a	303,16a
<i>SFE-C</i>	1,51a	1,00a	98,49a	70,00a	11,83a	71,00a	282,44a
<i>P-value</i>	ns	ns	ns	***	***	***	***

Μέσοι όροι εντός της ίδιας στήλης, ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey, $\alpha=0,05$.

Πίνακας 6. Επίδραση της εφαρμογής βιοδιεγερτών στο ποσοστό, και στον αριθμό καρπών ανά πειραματικό τεμάχιο που ανήκουν στις κατηγορίες 'EXTRA' και 'I και II', στον αριθμό των καρπών ανά φυτό, στο συνολικό αριθμό καρπών φράουλας ανά πειραματικό τεμάχιο, καθώς και στη συνολική παραγωγή ανά φυτό (ως αποτέλεσμα του αριθμού καρπών ανά φυτό επί το αντίστοιχο βάρος) στο σύνολο της πρώτης και δεύτερης συγκομιδής.

Επεμβάσεις	% κατηγορίας , I&II'	Αριθμός καρπών κατηγορίας , I&II'	% κατηγορίας , EXTRA'	Αριθμός καρπών κατηγορίας , EXTRA'	Αριθμός καρπών/ φυτό	Συνολικός αριθμός καρπών	Συνολική παραγωγή/φυτό
Μάρτυρας	1,95a	1,33a	98,05a	67,33b	10,13b	68,67b	203,19b
SF	1,47a	1,33a	98,53a	99,67a	15,56a	101,17a	388,05a
SFE	1,43a	1,50a	98,57a	97,33a	15,82a	98,83a	357,76a
SF-C	0,92a	1,00a	99,08a	104,67a	16,33a	105,67a	412,25a
SFE-C	1,30a	1,33a	98,70a	103,17a	16,02a	104,50a	379,70a
P-value	ns	ns	ns	***	***	***	***

Μέσοι όροι εντός της ίδιας στήλης, ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey, $\alpha=0,05$.

3.3 Χρώμα

Για τις παραμέτρους του χρώματος, οι καρποί του μάρτυρα στην πρώτη συγκομιδή εμφάνισαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερες τιμές για το Chroma και L* από τις επεμβάσεις SFE, SF-C και SFE-C, ενώ για την παράμετρο Hue οι καρποί του μάρτυρα εμφάνισαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερη τιμή από εκείνους της επέμβασης SFE-C (Πίνακας 7). Κατά τη δεύτερη συγκομιδή, για την παράμετρο Hue, οι καρποί των επεμβάσεων SF και SF-C παρουσίασαν σημαντικά υψηλότερες τιμές από τους καρπούς της επέμβασης SFE και του μάρτυρα, ενώ δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων και του μάρτυρα για το Chroma και το L* (Πίνακας 8). Στο σύνολο της πρώτης και δεύτερης συγκομιδής, το χρώμα των καρπών (όλες οι παράμετροι) δεν φαίνεται να έχει στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων και του μάρτυρα (Πίνακας 9).

Πίνακας 7. Επίδραση της εφαρμογής βιοδιεγερτών στις παραμέτρους του χρώματος κατά την πρώτη συγκομιδή.

Επεμβάσεις	Chroma	Hue	L*
Μάρτυρας	46,29a	35,95a	41,68a
SF	45,04ab	34,99ab	40,35ab
SFE	44,88b	35,01ab	40,22b
SF-C	44,88b	34,95ab	40,03b
SFE-C	43,80b	33,90b	39,53b
P-value	***	**	**

Μέσοι όροι εντός της ίδιας στήλης, ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey, $\alpha=0,05$.

Πίνακας 8. Επίδραση της εφαρμογής βιοδιεγερτών στις παραμέτρους του χρώματος κατά τη δεύτερη συγκομιδή.

Επεμβάσεις	Chroma	Hue	L*
Μάρτυρας	45,74a	35,99b	40,38a
SF	45,97a	37,56a	40,85a
SFE	46,21a	36,05b	39,97a
SF-C	46,08a	37,65a	40,60a
SFE-C	46,42a	36,38ab	40,74a
P-value	ns	**	ns

Μέσοι όροι εντός της ίδιας στήλης, ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey, $\alpha=0,05$.

Πίνακας 9. Επίδραση της εφαρμογής βιοδιεγερτών στις παραμέτρους του χρώματος στο σύνολο της πρώτης και δεύτερης συγκομιδής.

Επεμβάσεις	Chroma	Hue	L*
<i>Μάρτυρας</i>	46,01a	35,97a	41,03a
<i>SF</i>	45,51a	36,28a	40,60a
<i>SFE</i>	45,55a	35,53a	40,10a
<i>SF-C</i>	45,48a	36,30a	40,31a
<i>SFE-C</i>	45,11a	35,14a	40,13a
P-value	ns	ns	ns

Μέσοι όροι εντός της ίδιας στήλης, ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey, $\alpha=0,05$.

3.4 pH, TSS, TA και TSS/TA

Παρακάτω παρουσιάζονται τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά όπως αυτά ερμηνεύονται από το pH, τα ολικά διαλυτά στερεά (TSS), την τιτλοδοτούμενη οξύτητα (TA) και τον λόγο ολικών διαλυτών στερεών προς την τιτλοδοτούμενη οξύτητα (TSS/TA). Ο λόγος TSS/TA δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές για τους καρπούς από τις επεμβάσεις και τον μάρτυρα, για την πρώτη, τη δεύτερη, καθώς και στο σύνολο της πρώτης και της δεύτερης συγκομιδής (Πίνακες 10, 11 και 12). Για το pH, κατά την πρώτη συγκομιδή δεν εμφανίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στους καρπούς του μάρτυρα και των επεμβάσεων (Πίνακας 10), ενώ κατά τη δεύτερη συγκομιδή οι καρποί των επεμβάσεων SF, SFE, SF-C και SFE-CZ εμφάνισαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερο pH από του μάρτυρα (Πίνακας 11). Στο σύνολο της πρώτης και δεύτερης συγκομιδής για τις επεμβάσεις SFE και SFE-C οι καρποί εμφάνισαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερο pH από του μάρτυρα (Πίνακας 12). Κατά την πρώτη συγκομιδή, τα ολικά διαλυτά στερεά στατιστικά σημαντικά υψηλότερα στους καρπούς του μάρτυρα από τους καρπούς των επεμβάσεων SF, SF-C και SFE-C, ενώ η τιτλοδοτούμενη οξύτητα ήταν σημαντικά υψηλότερη στους καρπούς του μάρτυρα από τους καρπούς των επεμβάσεων SF-C και SFE-C (Πίνακας 10). Κατά τη δεύτερη συγκομιδή, τα ολικά διαλυτά στερεά ήταν στατιστικά σημαντικά υψηλότερα στους καρπούς του μάρτυρα και της επέμβασης SFE από τους καρπούς των επεμβάσεων SF, SF-C και SFE-C, και η τιτλοδοτούμενη οξύτητα ήταν στατιστικά σημαντικά υψηλότερη στους καρπούς του μάρτυρα και της επέμβασης SFE από εκείνη στους καρπούς της επέμβασης SF-C (Πίνακας 11). Στο σύνολο της πρώτης και της

δεύτερης συγκομιδής, τα ολικά διαλυτά στερεά και η τιτλοδοτούμενη οξύτητα ήταν στατιστικά σημαντικά υψηλότερη στους καρπούς του μάρτυρα από της επέμβασης SF-C (Πίνακας 12).

Πίνακας 10. Επίδραση της εφαρμογής βιοδιεγερτών στο pH, τα ολικά διαλυτά στερεά (TSS μετρούμενα σε °Brix), την τιτλοδοτούμενη οξύτητα (TA μετρούμενη σε g κιτρικού οξέος/100g καρπού) κατά την **πρώτη συγκομιδή**.

Επεμβάσεις	pH	TSS	TA	TSS/TA
<i>Μάρτυρας</i>	3,78a	7,15a	0,46a	15,78a
<i>SF</i>	3,71a	6,08b	0,39ab	15,76a
<i>SFE</i>	3,77a	6,70ab	0,40ab	16,81a
<i>SF-C</i>	3,67a	6,20b	0,35b	17,61a
<i>SFE-C</i>	3,77a	5,87b	0,37b	15,94a
P-value	ns	**	**	ns

Μέσοι όροι εντός της ίδιας στήλης, ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey, $\alpha=0,05$.

Πίνακας 11. Επίδραση της εφαρμογής βιοδιεγερτών στο pH, τα ολικά διαλυτά στερεά (TSS μετρούμενα σε °Brix), την τιτλοδοτούμενη οξύτητα (TA μετρούμενη σε g κιτρικού οξέος/100g καρπού) κατά τη **δεύτερη συγκομιδή**.

Επεμβάσεις	pH	TSS	TA	TSS/TA
<i>Μάρτυρας</i>	3,49b	5,82a	0,44a	13,47a
<i>SF</i>	3,74a	5,18b	0,39ab	13,34a
<i>SFE</i>	3,76a	5,82a	0,43a	13,50a
<i>SF-C</i>	3,70a	4,50c	0,36b	12,49a
<i>SFE-C</i>	3,83a	5,15b	0,41ab	12,49a
P-value	***	***	*	ns

Μέσοι όροι εντός της ίδιας στήλης, ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey, $\alpha=0,05$.

Πίνακας 12. Επίδραση της εφαρμογής βιοδιεγερτών στο pH, τα ολικά διαλυτά στερεά (TSS μετρούμενα σε °Brix), την τιτλοδοτούμενη οξύτητα (TA μετρούμενη σε g κιτρικού οξέος/100g καρπού) **στο σύνολο της πρώτης και δεύτερης συγκομιδής**.

Επεμβάσεις	pH	TSS	TA	TSS/TA
<i>Μάρτυρας</i>	3,63b	6,48a	0,45a	14,62a
<i>SF</i>	3,73ab	5,63bc	0,39bc	14,55a
<i>SFE</i>	3,77a	6,26ab	0,42ab	15,16a
<i>SF-C</i>	3,69ab	5,35c	0,36c	15,05a
<i>SFE-C</i>	3,80a	5,51bc	0,39bc	14,22a
P-value	*	***	***	ns

Μέσοι όροι εντός της ίδιας στήλης, ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey, $\alpha=0,05$.

3.5 Φαινολικά

Κατά την πρώτη συγκομιδή, δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων και του μάρτυρα για τα ολικά φαινολικά και τις ολικές φλαβανόλες, ενώ η συγκέντρωση των ολικών ο-διφαινολών ήταν σημαντικά υψηλότερη για την επέμβαση SFE-C σε σχέση με τους καρπούς της επέμβασης SF, και η συγκέντρωση των ολικών φλαβανοειδών ήταν υψηλότερη για την επέμβαση SF-C συγκριτικά με αυτή στους καρπούς της επέμβασης SF (Πίνακας 13). Κατά τη δεύτερη συγκομιδή, η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών και των ολικών φλαβονοειδών δεν είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων και του μάρτυρα, ενώ η συγκέντρωση των ολικών ο-διφαινολών ήταν σημαντικά υψηλότερη στους καρπούς του μάρτυρα από της επέμβασης SF, και των ολικών φλαβανολών σημαντικά υψηλότερη στους καρπούς του μάρτυρα από εκείνη στις επεμβάσεις SF, SF-C και SFE-C (Πίνακας 14). Στο σύνολο της πρώτης και δεύτερης συγκομιδής, η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών ήταν σημαντικά υψηλότερη στους καρπούς του μάρτυρα από της επέμβασης SFE-C, η συγκέντρωση των ολικών ο-διφαινολών ήταν σημαντικά υψηλότερη στους καρπούς της επέμβασης SFE-C από της επέμβασης SF, η συγκέντρωση των ολικών φλαβανολών ήταν σημαντικά υψηλότερη στους καρπούς του μάρτυρα και της επέμβασης SFE από των επεμβάσεων SF, SF-C και SFE-C, και τέλος η συγκέντρωση των ολικών φλαβονοειδών ήταν σημαντικά υψηλότερη στους καρπούς των επεμβάσεων SFE και SF-C από εκείνη στους καρπούς της επέμβασης SF (Πίνακας 15).

Πίνακας 13. Επίδραση της εφαρμογής βιοδιεγερτών στη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών (*mg equiv. tannic acid g⁻¹ FW*), των ολικών ο-διφαινολών (*mg equiv. caffeic acid g⁻¹ FW*), των ολικών φλαβανολών (*mg equiv. catechin g⁻¹ FW*), και των ολικών φλαβονοειδών (*mg equiv. catechin g⁻¹ FW*) κατά την **πρώτη συγκομιδή**.

Επεμβάσεις	ολικά φαινολικά	ολικές ο-διφαινόλες	ολικές φλαβανόλες	ολικά φλαβονοειδή
<i>Μάρτυρας</i>	1,49a	0,52ab	0,34a	0,86ab
<i>SF</i>	1,33a	0,48b	0,31a	0,76b
<i>SFE</i>	1,36a	0,56ab	0,40a	1,00ab
<i>SF-C</i>	1,32a	0,58ab	0,32a	1,04a
<i>SFE-C</i>	1,17a	0,63a	0,31a	0,81ab
P-value	ns	**	ns	*

Μέσοι όροι εντός της ίδιας στήλης, ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey, $\alpha=0,05$.

Πίνακας 14. Επίδραση της εφαρμογής βιοδιεγερτών στη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών (mg equiv. tannic acid g⁻¹ FW), των ολικών ο-διφαινολών (mg equiv. caffeic acid g⁻¹ FW), των ολικών φλαβανολών (mg equiv. catechin g⁻¹ FW), και των ολικών φλαβονοειδών (mg equiv. catechin g⁻¹ FW) κατά τη **δεύτερη συγκομιδή**.

Επεμβάσεις	ολικά φαινολικά	ολικές ο-διφαινόλες	ολικές φλαβανόλες	ολικά φλαβονοειδή
<i>Μάρτυρας</i>	1,53a	0,74a	0,45a	1,00a
<i>SF</i>	1,28a	0,60b	0,31b	0,95a
<i>SFE</i>	1,32a	0,71ab	0,36ab	1,10a
<i>SF-C</i>	1,27a	0,69ab	0,30b	1,14a
<i>SFE-C</i>	1,33a	0,72ab	0,30b	1,12a
P-value	ns	*	***	ns

Μέσοι όροι εντός της ίδιας στήλης, ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey, $\alpha=0,05$.

Πίνακας 15. Επίδραση της εφαρμογής βιοδιεγερτών στη συγκέντρωση των ολικών φαινολικών (mg equiv. tannic acid g⁻¹ FW), των ολικών ο-διφαινολών (mg equiv. caffeic acid g⁻¹ FW), των ολικών φλαβανολών (mg equiv. catechin g⁻¹ FW), και των ολικών φλαβονοειδών (mg equiv. catechin g⁻¹ FW) **στο σύνολο της πρώτης και δεύτερης συγκομιδής**.

Επεμβάσεις	ολικά φαινολικά	ολικές ο-διφαινόλες	ολικές φλαβανόλες	ολικά φλαβονοειδή
<i>Μάρτυρας</i>	1,51a	0,63ab	0,39a	0,93ab
<i>SF</i>	1,31ab	0,54b	0,31b	0,85b
<i>SFE</i>	1,34ab	0,64ab	0,38a	1,05a
<i>SF-C</i>	1,29ab	0,64ab	0,31b	1,09a
<i>SFE-C</i>	1,25b	0,68a	0,30b	0,97ab
P-value	*	*	***	**

Μέσοι όροι εντός της ίδιας στήλης, ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey, $\alpha=0,05$.

3.6 Ανθοκυάνες

Παρακάτω παρουσιάζεται η επίδραση των επεμβάσεων στη συγκέντρωση των ολικών ανθοκυανών. Κατά την πρώτη συγκομιδή, οι καρποί των επεμβάσεων SF-C και SFE-C εμφάνισαν σημαντικά υψηλότερη συγκέντρωση ανθοκυανών συγκριτικά με τους καρπούς του μάρτυρα. Κατά τη δεύτερη συγκομιδή, οι καρποί των επεμβάσεων SFE και

SF-C παρουσίασαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερη συγκέντρωση ολικών ανθοκυανών από την επέμβαση SF. Στο σύνολο της πρώτης και δεύτερης συγκομιδής, οι καρποί των επεμβάσεων SF-C και SFE-C εμφάνισαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερη συγκέντρωση ανθοκυανών από του μάρτυρα και της επέμβασης SF (Πίνακας 16).

Πίνακας 16. Επίδραση της λίπανσης και της χρήσης βιοδιεγερτών στη συγκέντρωση των ολικών ανθοκυανών (*mg pelargonidin 3-glucoside equivalent g⁻¹ FW*), κατά την **πρώτη** και **δεύτερη συγκομιδή**, καθώς και **στο σύνολο της πρώτης και δεύτερης συγκομιδής**.

Επεμβάσεις	Μετρήσεις		
	1 ^η Συγκομιδή	2 ^η Συγκομιδή	Συνολικά
<i>Μάρτυρας</i>	57,68b	72,96ab	65,32b
<i>SF</i>	69,84ab	62,86b	66,35b
<i>SFE</i>	71,50ab	83,82a	77,66ab
<i>SF-C</i>	84,60a	84,64a	84,62a
<i>SFE-C</i>	84,63a	80,46ab	82,54a
<i>P-value</i>	*	*	***

Μέσοι όροι εντός της ίδιας στήλης, ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey, $\alpha=0,05$.

3.7 Αντιοξειδωτική ικανότητα

Η αντιοξειδωτική ικανότητα υπολογίστηκε με βάση τις μεθόδους FRAP, DPPH και ABTS. Κατά την πρώτη συγκομιδή, οι μέθοδοι FRAP και ABTS δεν εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην αντιοξειδωτική ικανότητα των καρπών μεταξύ των επεμβάσεων και του μάρτυρα (Πίνακας 17), και παρομοίως κατά τη δεύτερη συγκομιδή η μέθοδος DPPH δεν κατέδειξε σημαντικές διαφορές για την αντιοξειδωτική ικανότητα των καρπών του μάρτυρα και των επεμβάσεων (Πίνακας 18). Οι καρποί του μάρτυρα και των επεμβάσεων SF και SFE είχαν σημαντικά υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα από τις επεμβάσεις SF-C και SFE-C κατά την πρώτη συγκομιδή σύμφωνα με την μέθοδο DPPH (Πίνακας 17), κατά τη δεύτερη συγκομιδή οι καρποί του μάρτυρα εμφάνισαν σημαντικά υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα από των επεμβάσεων SF-C σύμφωνα με την μέθοδο FRAP, και σημαντικά υψηλότερη από τις επεμβάσεις SF και SF-C σύμφωνα με την μέθοδο ABTS (Πίνακας 18). Στο σύνολο της πρώτης και της δεύτερης συγκομιδής οι καρποί του μάρτυρα εμφάνισαν σημαντικά υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα από τους καρπούς των επεμβάσεων SF, SF-C και SFE-C σύμφωνα με τη μέθοδο FRAP, ενώ σύμφωνα με τη

μέθοδο DPPH οι καρποί του μάρτυρα και της επέμβασης SFE είχαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα σε σχέση με τις επεμβάσεις SF-C και SFE-C. Τέλος, με την μέθοδο ABTS οι καρποί του μάρτυρα εμφάνισαν σημαντικά υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα από τους καρπούς της επέμβασης SFE-C (Πίνακας 19).

Πίνακας 17. Επίδραση της εφαρμογής βιοδιεγερτών στην αντιοξειδωτική ικανότητα (FRAP, DPPH και ABTS εκφρασμένες σε $\mu\text{mol equivalent Trolox g}^{-1} \text{FW}$) κατά την πρώτη συγκομιδή.

Επεμβάσεις	FRAP	DPPH	ABTS
Μάρτυρας	9,86a	7,24a	11,51a
SF	8,28a	6,29a	9,64a
SFE	8,89a	7,28a	11,19a
SF-C	8,68a	5,17b	10,15a
SFE-C	8,13a	4,62b	6,70a
P-value	ns	***	ns

Μέσοι όροι εντός της ίδιας στήλης, ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey, $\alpha=0,05$.

Πίνακας 18. Επίδραση της εφαρμογής βιοδιεγερτών στην αντιοξειδωτική ικανότητα (FRAP, DPPH και ABTS εκφρασμένες σε $\mu\text{mol equivalent Trolox g}^{-1} \text{FW}$) κατά τη δεύτερη συγκομιδή.

Επεμβάσεις	FRAP	DPPH	ABTS
Μάρτυρας	9,83a	5,13a	11,43a
SF	7,88bc	4,50a	9,43b
SFE	8,66ab	4,87a	10,13ab
SF-C	6,60c	4,23a	8,70b
SFE-C	7,94bc	4,82a	9,98ab
P-value	***	ns	**

Μέσοι όροι εντός της ίδιας στήλης, ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey, $\alpha=0,05$.

Πίνακας 19. Επίδραση της εφαρμογής βιοδιεγερτών στην αντιοξειδωτική ικανότητα (FRAP, DPPH και ABTS εκφρασμένες σε $\mu\text{mol equivalent Trolox g}^{-1} \text{FW}$) στο σύνολο της πρώτης και δεύτερης συγκομιδής.

Επεμβάσεις	FRAP	DPPH	ABTS
Μάρτυρας	9,84a	6,18a	11,47a
SF	8,08b	5,40ab	9,53ab
SFE	8,77ab	6,08a	10,66ab
SF-C	7,64b	4,70b	9,42ab
SFE-C	8,04b	4,72b	8,34b
P-value	***	***	*

Μέσοι όροι εντός της ίδιας στήλης, ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey, $\alpha=0,05$.

3.8 Σάκχαρα

Η ανάλυση των σακχάρων στους καρπούς, προσδιόρισε τη συγκέντρωση της φρουκτόζης, γλυκόζης και σακχαρόζης. Κατά την πρώτη συγκομιδή οι συγκεντρώσεις της φρουκτόζης και της γλυκόζης ήταν σημαντικά υψηλότερες στους καρπούς του μάρτυρα από των επεμβάσεων SF-C και SFE-C, ενώ η συγκέντρωση της σακχαρόζης δεν εμφάνισε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ μάρτυρα και επεμβάσεων (Πίνακας 20). Κατά τη δεύτερη συγκομιδή η συγκέντρωση της φρουκτόζης ήταν σημαντικά υψηλότερη στους καρπούς του μάρτυρα συγκριτικά με εκείνη στους καρπούς της επέμβασης SF-C, ενώ η συγκέντρωση της γλυκόζης και της σακχαρόζης ήταν υψηλότερη στους καρπούς του μάρτυρα σε σχέση με τους καρπούς των επεμβάσεων SF και SF-C (Πίνακας 21). Στο σύνολο της πρώτης και δεύτερης συγκομιδής η συγκέντρωση της φρουκτόζης ήταν υψηλότερη στους καρπούς του μάρτυρα από τους καρπούς των επεμβάσεων SFE, SF-C και SFE-C, η συγκέντρωση της γλυκόζης ήταν υψηλότερη στους καρπούς του μάρτυρα από εκείνη στις επεμβάσεις SF, SFE, SF-C και SFE-C, ενώ η συγκέντρωση της σακχαρόζης δεν εμφάνισε στατιστικά σημαντικές διαφορές στους καρπούς του μάρτυρα και των επεμβάσεων (Πίνακας 22).

Πίνακας 20. Επίδραση της εφαρμογής βιοδιεγερτών στη συγκέντρωση των σακχάρων σε καρπούς φράουλας (mg/g FW) κατά την **πρώτη συγκομιδή**.

Επεμβάσεις	Φρουκτόζη	Γλυκόζη	Σακχαρόζη
<i>Μάρτυρας</i>	12,82a	15,19a	6,37a
<i>SF</i>	12,15ab	14,89ab	5,78a
<i>SFE</i>	10,63ab	12,85ab	4,90a
<i>SF-C</i>	10,14b	12,36b	5,78a
<i>SFE-C</i>	10,15b	12,25b	5,86a
P-value	**	**	ns

Μέσοι όροι εντός της ίδιας στήλης, ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey, $\alpha=0,05$.

Πίνακας 21. Επίδραση της εφαρμογής βιοδιεγερτών στη συγκέντρωση των σακχάρων στους καρπούς φράουλας (mg/ g FW) κατά τη δεύτερη συγκομιδή.

Επεμβάσεις	Φρουκτόζη	Γλυκόζη	Σακχαρόζη
<i>Μάρτυρας</i>	13,64a	16,49a	4,36a
<i>SF</i>	10,38ab	11,26b	1,89b
<i>SFE</i>	10,81ab	13,33ab	2,90ab
<i>SF-C</i>	9,55b	11,97b	1,63b
<i>SFE-C</i>	11,06ab	13,55ab	3,33ab
P-value	*	***	*

Μέσοι όροι εντός της ίδιας στήλης, ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey, $\alpha=0,05$.

Πίνακας 22. Επίδραση της εφαρμογής βιοδιεγερτών στη συγκέντρωση των σακχάρων στους καρπούς φράουλας (mg/ g FW) στο σύνολο της πρώτης και δεύτερης συγκομιδής.

Επεμβάσεις	Φρουκτόζη	Γλυκόζη	Σακχαρόζη
<i>Μάρτυρας</i>	13,23a	15,84a	5,36a
<i>SF</i>	11,26ab	13,08b	3,84a
<i>SFE</i>	10,72b	13,09b	3,90a
<i>SF-C</i>	9,85b	12,17b	3,71a
<i>SFE-C</i>	10,61b	12,90b	4,59a
P-value	***	***	ns

Μέσοι όροι εντός της ίδιας στήλης, ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey, $\alpha=0,05$.

3.9 Οργανικά Οξέα

Από την ανάλυση των οργανικών οξέων προσδιορίστηκε η συγκέντρωση του μηλικού, ασκορβικού και κιτρικού οξέος. Δεν εμφανίστηκαν σημαντικές διαφορές στους καρπούς του μάρτυρα και των επεμβάσεων για τις συγκεντρώσεις του ασκορβικού και κιτρικού οξέος κατά την πρώτη συγκομιδή (Πίνακας 23), για τις συγκεντρώσεις του μηλικού και ασκορβικού οξέος κατά τη δεύτερη συγκομιδή (Πίνακας 24), καθώς και για τη συγκέντρωση του ασκορβικού οξέος στο σύνολο της πρώτης και δεύτερης συγκομιδής (Πίνακας 25). Οι καρποί του μάρτυρα εμφάνισαν σημαντικά υψηλότερη συγκέντρωση μηλικού οξέος από τους καρπούς των επεμβάσεων SF, SF-C και SFE-C κατά την πρώτη συγκομιδή (Πίνακας 23), και κιτρικού οξέος συγκριτικά με τους καρπούς όλων των επεμβάσεων κατά τη δεύτερη συγκομιδή (Πίνακας 24). Στο σύνολο της πρώτης και δεύτερης συγκομιδής οι καρποί του μάρτυρα είχαν σημαντικά υψηλότερη συγκέντρωση

μηλικού οξέος από της επεμβάσης SF-C, και σημαντικά υψηλότερη συγκέντρωση κιτρικού οξέος σε σχέση με τους καρπούς όλων των επεμβάσεων (Πίνακας 25).

Πίνακας 23. Επίδραση της εφαρμογής βιοδιεγερτών στη συγκέντρωση των οργανικών οξέων σε καρπούς φράουλας (mg/100 g FW) κατά την *πρώτη συγκομιδή*.

<i>Επεμβάσεις</i>	Μηλικό οξύ	Ασκορβικό οξύ	Κιτρικό οξύ
<i>Μάρτυρας</i>	370,91a	175,19a	618,37a
<i>SF</i>	265,03b	218,64a	526,49a
<i>SFE</i>	300,16ab	194,73a	521,23a
<i>SF-C</i>	232,54b	106,44a	531,14a
<i>SFE-C</i>	263,60b	246,23a	497,09a
P-value	**	ns	ns

Μέσοι όροι εντός της ίδιας στήλης, ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey, $\alpha=0,05$.

Πίνακας 24. Επίδραση της εφαρμογής βιοδιεγερτών στη συγκέντρωση των οργανικών οξέων σε καρπούς φράουλας (mg/100 g FW) κατά τη *δεύτερη συγκομιδή*.

<i>Επεμβάσεις</i>	Μηλικό οξύ	Ασκορβικό οξύ	Κιτρικό οξύ
<i>Μάρτυρας</i>	269,49a	284,73a	758,82a
<i>SF</i>	263,77a	243,20a	592,59b
<i>SFE</i>	280,78a	257,54a	610,08b
<i>SF-C</i>	251,96a	253,98a	516,75b
<i>SFE-C</i>	271,20a	267,31a	615,90b
P-value	ns	ns	***

Μέσοι όροι εντός της ίδιας στήλης, ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey, $\alpha=0,05$.

Πίνακας 25. Επίδραση της εφαρμογής βιοδιεγερτών στη συγκέντρωση των οργανικών οξέων σε καρπούς φράουλας (mg/100 g FW) *στο σύνολο της πρώτης και δεύτερης συγκομιδής*.

<i>Επεμβάσεις</i>	Μηλικό οξύ	Ασκορβικό οξύ	Κιτρικό οξύ
<i>Μάρτυρας</i>	320,20a	229,96a	688,60a
<i>SF</i>	264,40ab	230,92a	559,54b
<i>SFE</i>	290,47ab	226,14a	565,65b
<i>SF-C</i>	242,25b	180,21a	523,94b
<i>SFE-C</i>	267,40ab	256,77a	556,50b
P-value	**	ns	**

Μέσοι όροι εντός της ίδιας στήλης, ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων μέσω του Tukey, $\alpha=0,05$.

3.10 Θρεπτική κατάσταση

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την ανάλυση της θρεπτικής κατάστασης των φύλλων για τις δύο δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν. Κατά την πρώτη δειγματοληψία, δεν εμφανίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των φυτών του μάρτυρα και των επεμβάσεων, για τις συγκεντρώσεις των στοιχείων K, Ca και Cu (Πίνακες 26 και 27), ενώ κατά τη δεύτερη δειγματοληψία δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στις συγκεντρώσεις των K, Zn και Cu (Πίνακες 28 και 29). Η συγκέντρωση του N ήταν σημαντικά υψηλότερη στα φυτά όλων των επεμβάσεων σε σχέση με του μάρτυρα και στις δύο δειγματοληψίες (Πίνακες 26, 28). Κατά την πρώτη δειγματοληψία, η συγκέντρωση του P ήταν σημαντικά υψηλότερη στα φυτά της επέμβασης SFE σε σχέση με τα φυτά της επέμβασης SF και του μάρτυρα, και του Mg ήταν σημαντικά υψηλότερη για τα φυτά της επέμβασης SFE από εκείνα των επεμβάσεων SF, SF-C και του μάρτυρα (Πίνακας 26). Επίσης, στην πρώτη δειγματοληψία η συγκέντρωση του Fe ήταν σημαντικά υψηλότερη στα φυτά της επέμβασης SFE και SFE-C σε σχέση με των επεμβάσεων SF, SF-C και του μάρτυρα, η συγκέντρωση του Mn ήταν σημαντικά υψηλότερη στα φυτά της επέμβασης SFE-C σε σχέση με τα φυτά της επέμβασης SF, SF-C και του μάρτυρα, η συγκέντρωση του Zn ήταν σημαντικά υψηλότερη στα φυτά των επεμβάσεων SF, SFE και SFE-C σε σχέση με του μάρτυρα, και η συγκέντρωση του B ήταν σημαντικά υψηλότερη για τα φυτά της επέμβασης SFE-C από τα φυτά των επεμβάσεων SF, SF-C και του μάρτυρα, με τα φυτά του μάρτυρα να καταλαμβάνουν τις χαμηλότερες συγκεντρώσεις συγκρινόμενα με της επέμβασης SFE-C για τα παραπάνω στοιχεία (Πίνακας 27). Κατά τη δεύτερη δειγματοληψία, οι συγκεντρώσεις των P και Mn ήταν σημαντικά υψηλότερη στα φυτά όλων των επεμβάσεων σε σχέση με του μάρτυρα (Πίνακες 28, 29), η συγκέντρωση του Ca ήταν σημαντικά υψηλότερη στα φυτά της επέμβασης SF σε σχέση με τα φυτά των επεμβάσεων SF-C, SFE-C και του μάρτυρα, η συγκέντρωση του Mg ήταν σημαντικά υψηλότερη στα φυτά της επέμβασης SF συγκριτικά με των επεμβάσεων SF-C και SFE-C, και τα φυτά του μάρτυρα είχαν την χαμηλότερη συγκέντρωση του στοιχείου (Πίνακας 28). Κατά τη δεύτερη δειγματοληψία η συγκέντρωση του Fe ήταν σημαντικά υψηλότερη στα φυτά της επέμβασης SFE από των επεμβάσεων SF, SF-C και χαμηλότερη στα φυτά του μάρτυρα, η συγκέντρωση του Mn ήταν σημαντικά υψηλότερη στα φυτά όλων των επεμβάσεων σε σχέση με του μάρτυρα, ενώ η συγκέντρωση του B ήταν

υψηλότερη στα φυτά των επεμβάσεων SFE, SF-C και SFE-C από τα φυτά της επέμβασης SF, και ήταν στατιστικά σημαντικά χαμηλότερη όλων των επεμβάσεων για τα φυτά του μάρτυρα (Πίνακας 29).

Πίνακας 26. Ανάλυση θρεπτικής κατάστασης των φυτών φράουλας κατά την πρώτη δειγματοληψία (οι συγκεντρώσεις των στοιχείων είναι εκφρασμένες σε % του στοιχείου σε g ξηρού βάρους).

Επεμβάσεις	N	P	K	Ca	Mg
Μάρτυρας	1,30b	0,34c	2,26a	1,60a	0,28c
SF	3,23a	0,93b	2,66a	1,89a	0,41b
SFE	3,03a	1,14a	2,34a	1,94a	0,49a
SF-C	3,31a	0,98ab	2,41a	1,83a	0,41b
SFE-C	2,86a	0,98ab	2,58a	1,88a	0,44ab
P-value	***	***	ns	ns	***

Μέσοι όροι εντός της ίδιας στήλης, ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey, $\alpha=0,05$.

Πίνακας 27. Ανάλυση θρεπτικής κατάστασης των φυτών φράουλας κατά την πρώτη δειγματοληψία – Ιχνοστοιχεία (εκφρασμένα σε ppm).

Επεμβάσεις	Fe	Mn	Zn	Cu	B
Μάρτυρας	46,51c	51,95c	14,12b	3,78a	22,68d
SF	98,01b	74,95bc	31,25a	4,01a	79,68c
SFE	131,29a	97,33ab	29,05a	3,26a	134,62ab
SF-C	95,79b	82,02b	21,45ab	3,54a	118,40b
SFE-C	120,68a	110,65a	26,33a	3,49a	147,78a
P-value	***	***	***	ns	***

Μέσοι όροι εντός της ίδιας στήλης, ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey, $\alpha=0,05$.

Πίνακας 28. Ανάλυση θρεπτικής κατάστασης των φυτών φράουλας κατά τη δεύτερη δειγματοληψία (οι συγκεντρώσεις των στοιχείων είναι εκφρασμένες σε % του στοιχείου σε g ξηρού βάρους).

Επεμβάσεις	N	P	K	Ca	Mg
Μάρτυρας	1,27b	0,32b	2,17a	1,88b	0,31c
SF	3,39a	0,90a	2,59a	2,24a	0,45a
SFE	3,11a	0,87a	2,78a	1,95ab	0,42ab
SF-C	3,44a	0,89a	2,63a	1,80b	0,39b
SFE-C	3,24a	0,85a	2,40a	1,80b	0,40b
P-value	***	***	ns	**	***

Μέσοι όροι εντός της ίδιας στήλης, ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey, $\alpha=0,05$.

Πίνακας 29. Ανάλυση θρεπτικής κατάστασης των φυτών φράουλας κατά τη δεύτερη δειγματοληψία – Ιχνοστοιχεία (εκφρασμένα σε ppm).

Επεμβάσεις	Fe	Mn	Zn	Cu	B
Μάρτυρας	55,45d	48,22b	20,28a	4,73a	29,03c
SF	102,87bc	76,68a	20,40a	3,99a	88,87b
SFE	122,63a	80,48a	23,98a	3,36a	123,00a
SF-C	98,53c	77,25a	19,38a	4,28a	119,37a
SFE-C	118,18ab	94,52a	29,70a	5,68a	124,58a
P-value	***	***	ns	ns	***

Μέσοι όροι εντός της ίδιας στήλης, ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey, $\alpha=0,05$.

3.11 Φωτοσύνθεση

Οι παράμετροι της φωτοσύνθεσης που μελετήθηκαν αφορούν τον ρυθμό αφομοίωσης CO₂ (A), το ρυθμό διαπνοής (E), τη στοματική αγωγιμότητα (gs) και τη διακυτταρική συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα (ci). Για τον ρυθμό αφομοίωσης CO₂, δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων και του μάρτυρα κατά την 1^η και 2^η μέτρηση, ενώ κατά την 3^η τα φυτά της επέμβασης SF-C και του μάρτυρα εμφάνισαν σημαντικά υψηλότερες τιμές από της επέμβασης SFE, και κατά την 4^η και 5^η τα φυτά της επέμβασης SF-C είχαν σημαντικά υψηλότερο ρυθμό αφομοίωσης CO₂ από τα φυτά της επέμβασης SFE. Κατά τις μετρήσεις 6-8 τα φυτά του μάρτυρα εμφάνισαν σημαντικά χαμηλότερο ρυθμό αφομοίωσης CO₂ από αυτά όλων των (Πίνακες 30 και 31). Η διαπνοή δεν εμφάνιζε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων κατά τις μετρήσεις 2-5 και 8, ενώ κατά τη μέτρηση 6 τα φυτά του μάρτυρα είχαν σημαντικά χαμηλότερη διαπνοή από των επεμβάσεων SF, SF-C και SFE-C και κατά την 7^η από εκείνα όλων των επεμβάσεων (Πίνακες 30 και 31). Η στοματική αγωγιμότητα αρχικά δεν εμφάνιζε σημαντικές διαφορές μεταξύ των φυτών των επεμβάσεων και του μάρτυρα (μετρήσεις 2-5), ενώ κατά την 6^η τα φυτά του μάρτυρα είχαν σημαντικά χαμηλότερη στοματική αγωγιμότητα από αυτά των επεμβάσεων SF, SF-C και SFE-C, κατά την 7^η από εκείνα όλων των επεμβάσεων, και κατά την 8^η μέτρηση τα φυτά της επέμβασης SFE-C είχαν σημαντικά υψηλότερη στοματική αγωγιμότητα από εκείνα της επέμβασης SFE (Πίνακες 30 και 31). Η διακυτταρική συγκέντρωση του CO₂ δεν εμφάνισε στατιστικά σημαντικές διαφορές για τις μετρήσεις 1-4 (Πίνακας 30), κατά την 5^η ήταν σημαντικά

υψηλότερη για τα φυτά της επέμβασης SF-C από της επέμβασης SF, ενώ στις μετρήσεις 6-8 τα φυτά του μάρτυρα εμφάνισαν σημαντικά υψηλότερη διακυτταρική συγκέντρωση του CO₂ από αυτά όλων των επεμβάσεων (Πίνακας 31).

Πίνακας 30. Επίδραση της λίπανσης και της χρήσης βιοδιεγερτών στο ρυθμό αφομοίωσης CO₂ (A σε $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), το ρυθμό διαπνοής (E, σε $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), τη στοματική αγωγιμότητα (gs σε $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) και τη διακνταρική συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα (ci σε ppm) σε φύλλα φυτών φράουλας **στην πορεία του χρόνου.**

Επεμβάσεις	Μετρήσεις															
	1 ^η				2 ^η				3 ^η				4 ^η			
	A	E	gs	ci	A	E	gs	ci	A	E	gs	ci	A	E	gs	ci
Μάρτυρας	16,28a	2,43ab	0,194ab	251,38a	18,34a	2,50a	0,227a	231,83a	16,34a	2,03a	0,205a	267,21a	15,88ab	1,24a	0,152a	201,60a
SF	16,94a	2,53a	0,202a	248,83a	18,08a	2,57a	0,244a	242,33a	15,67ab	2,01a	0,200a	270,71a	15,78ab	1,15a	0,145a	194,85a
SFE	16,37a	2,48a	0,199ab	252,13a	17,85a	2,52a	0,226a	233,08a	15,20b	1,97a	0,194a	272,38a	15,31b	1,23a	0,154a	212,00a
SF-C	16,03a	2,35b	0,184b	245,50a	18,02a	2,55a	0,228a	231,54a	16,37a	1,97a	0,195a	262,13a	16,90a	1,28a	0,158a	185,70a
SFE-C	16,64a	2,47ab	0,196ab	250,04a	18,14a	2,52a	0,230a	231,75a	15,69ab	2,01a	0,207a	271,29a	16,19ab	1,35a	0,167a	213,50a
P-value	ns	**	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns

Μέσοι όροι εντός της ίδιας στήλης, ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey, $\alpha=0,05$.

Πίνακας 31. Επίδραση της λίπανσης και της χρήσης βιοδιεγερτών στο ρυθμό αφομοίωσης CO₂ (A σε $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), το ρυθμό διαπνοής (E, σε $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), τη στοματική αγωγιμότητα (gs σε $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) και τη διακυτταρική συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα (ci σε ppm) σε φύλλα φυτών φράουλας στην πορεία του χρόνου.

Επεμβάσεις	Μετρήσεις															
	5 ^η				6 ^η				7 ^η				8 ^η			
	A	E	gs	ci	A	E	gs	ci	A	E	gs	ci	A	E	gs	ci
Μάρτυρας	15,53ab	1,50a	0,188a	222,67ab	12,60b	2,10b	0,191b	277,13a	10,14b	1,85b	0,168b	296,92a	9,09b	1,64a	0,153ab	277,33a
SF	16,68ab	1,42a	0,171a	193,87b	16,57a	2,32a	0,224a	247,88b	16,17a	2,21a	0,228a	260,54b	14,91a	1,77a	0,168ab	206,50b
SFE	15,32b	1,47a	0,180a	208,58ab	15,83a	2,30ab	0,210ab	248,33b	16,10a	2,23a	0,218a	261,54b	15,86a	1,59a	0,146b	174,80b
SF-C	16,95a	1,64a	0,219a	232,75a	17,18a	2,37a	0,228a	246,04b	17,19a	2,16a	0,209a	241,50c	16,09a	1,73a	0,172ab	201,50b
SFE-C	15,71ab	1,59a	0,196a	227,17ab	16,80a	2,35a	0,223a	243,00b	15,96a	2,15a	0,208a	258,29bc	16,48a	1,85a	0,188a	207,00b
P-value	*	ns	ns	*	***	**	**	**	***	***	***	***	***	ns	*	***

Μέσοι όροι εντός της ίδιας στήλης, ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey, $\alpha=0,05$.

3.12 Εμβαδόν φυλλικής επιφάνειας

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται το εμβαδόν της φυλλικής επιφάνειας των φυτών. Κατά την πρώτη συγκομιδή, δεν εμφανίστηκε καμία σημαντική διαφορά στη μέτρηση της φυλλικής επιφάνειας για τα φυτά του μάρτυρα και των επεμβάσεων. Κατά τη δεύτερη και τρίτη δειγματοληψία φύλλων, τα φυτά του μάρτυρα παρουσίασαν στατιστικά σημαντικά μικρότερη φυλλική επιφάνεια από των επεμβάσεων SF, SFE, SF-C και SFE-C (Πίνακας 32).

Πίνακας 32. Επίδραση της λίπανσης και της χρήσης βιοδιεγερτών στην φυλλική επιφάνεια των φυτών. Η φυλλική επιφάνεια των φυτών εκφρασμένη ως εμβαδόν (cm^2).

Επεμβάσεις	Μετρήσεις		
	1 ^η	2 ^η	3 ^η
Μάρτυρας	710,30a	649,16b	456,15b
SF	711,82a	1729,21a	2392,50a
SFE	809,63a	1867,64a	2496,73a
SF-C	880,38a	1636,01a	1991,62a
SFE-C	805,34a	1756,01a	2482,41a
P-value	ns	***	***

Μέσοι όροι εντός της ίδιας στήλης, ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey, $\alpha=0,05$.

4 Συζήτηση

Από την παρούσα μελέτη είναι εμφανές πως οι επεμβάσεις με λίπανση, λίπανση με Entec Solub, λίπανση με βιοδιεγέρτες και λίπανση με Entec Solub και βιοδιεγέρτες είχαν μεγαλύτερο αριθμό καρπών στην κατηγορία ‘EXTRA’, μεγαλύτερο αριθμό καρπών ανά φυτό, υψηλότερο συνολικό αριθμό καρπών και υψηλότερη συνολική παραγωγή ανά φυτό από τα φυτά του μάρτυρα, κατά τη δεύτερη και στο σύνολο της πρώτης και δεύτερης συγκομιδής. Κατά την πρώτη συγκομιδή, οι επεμβάσεις με Entec Solub δεν είχαν αντίστοιχα αποτελέσματα, με την επέμβαση SFE να έχει συγκριτικά χαμηλότερο αριθμό καρπών στην κατηγορία ‘EXTRA’ και μικρότερο συνολικό αριθμό καρπών σε σχέση με τις επεμβάσεις SF-C και SFE-C, και χαμηλότερο αριθμό καρπών ανά φυτό και μικρότερη συνολική παραγωγή ανά φυτό σε σχέση με την επέμβαση SF-C. Η επέμβαση με Entec Solub στο πρόγραμμα της λίπανσης φαίνεται να καθυστέρησε την εμφάνιση ανθών και καρπών μέχρι την πρώτη συγκομιδή, πιθανόν λόγω του ότι το Entec Solub περιέχει άζωτο σε αμμωνιακή μορφή, ενώ το επικρατές πρόγραμμα λίπανσης περιέχει άζωτο σε μορφή νιτρικών και ουρίας που είναι πιο άμεσα διαθέσιμα στις ρίζες, και επομένως πιθανόν τα φυτά της επέμβασης SF αρχικά να κάλυπταν τις ανάγκες τους σε N, ενώ παράλληλα τα φυτά της SFE να είχαν μερική έλλειψη σε άμεσα διαθέσιμο N. Αύξηση της παραγωγής παρατήρησαν επίσης οι Rohloff et al. (2002) σε φυτά φράουλας υπό την επίδραση βιοδιεγερτών, οι Arthur et al. (2003) σε φυτά πιπεριάς υπό την επίδραση βιοδιεγερτών από εκχυλίσματα φυκιών ως αποτέλεσμα της αύξησης του αριθμού των εμπορεύσιμων καρπών και του μεγέθους τους, οι Mansy et al. (2004) σε φυτά φράουλας σε μία από τις δύο ποικιλίες στις οποίες εφάρμοσαν εμπορικό σκεύασμα από βιοδιεγέρτες από φύκη, οι Alam et al. (2013) σε φυτά φράουλας όταν δέχτηκαν την επίδραση βιοδιεγερτών από φύκη ως αποτέλεσμα της αύξησης του αριθμού των καρπών ανά φυτό και ως παραγωγή ανά φυτό, οι Eshghi et al. (2013) σε φυτά φράουλας που δέχτηκαν επίδραση βιοδιεγέρτη ως αύξηση καρπών σε g ανά φυτό, οι El-Miniawy et al. (2014) και οι Weber et al. (2018) σε φυτά φράουλας σε επεμβάσεις με βιοδιεγέρτη. Ωστόσο, οι Prokkola and Kivijärvi (2007) δεν παρατήρησαν σημαντική επίδραση από τους ψεκασμούς με βιοδιεγέρτες σε φυτά φράουλας της ποικιλίας ‘Jonsok’ όσον αφορά την παραγωγή. Στο παρόν πείραμα η αύξηση στην συνολική παραγωγή στα φυτά των επεμβάσεων σε σχέση με του μάρτυρα φαίνεται πως δεν προέκυψε ως αποτέλεσμα του

μεγαλύτερου αριθμού καρπών ανά φυτό ή της διαμέτρου των καρπών, καθώς αυτά τα χαρακτηριστικά δεν εμφάνισαν σημαντικές διαφορές. Παράλληλα, οι επεμβάσεις που εμφάνισαν σημαντικά υψηλότερη παραγωγή ανά φυτό, εμφάνισαν σημαντικά μεγαλύτερο βάρος και μήκος καρπού από του μάρτυρα στο σύνολο πρώτης και δεύτερης συγκομιδής και πιθανόν η λίπανση και οι βιοδιεγέρτες να επιδρούν θετικά σε αυτά. Αύξηση του βάρους των καρπών παρατήρησαν και οι Roussos et al. (2009) σε καρπούς φράουλας όταν δέχτηκαν την επίδραση βιοδιεγερτών σε σχέση με τους καρπούς του μάρτυρα. Οι καρποί του μάρτυρα είχαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερη συνεκτικότητα από τους καρπούς των υπολοίπων επεμβάσεων. Παρόμοια αποτελέσματα παρουσίασαν και οι Mansy et al. (2004) από πείραμα δύο σκευασμάτων βιοδιεγερτών σε φυτά φράουλας, ενώ οι El-Miniawy et al. (2014) παρατήρησαν αύξηση της συνεκτικότητας του καρπού μετά την επέμβαση με βιοδιεγέρτες προερχόμενους από φύκη σε φυτά φράουλας.

Επίσης, από τις μετρήσεις της φυλλικής επιφάνειας φαίνεται πως ενώ κατά την πρώτη δειγματοληψία δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα φυτά των επεμβάσεων και του μάρτυρα, κατά τη δεύτερη και την τρίτη δειγματοληψία, δηλαδή με την πάροδο του χρόνου, τα φυτά του μάρτυρα είχαν σημαντικά μικρότερη φυλλική επιφάνεια σε σύγκριση με τα φυτά των υπολοίπων επεμβάσεων τα οποία είχαν δεχτεί επέμβαση με λίπανση ή και βιοδιεγέρτη. Παρόμοια, οι Alam et al. (2013) παρατήρησαν αύξηση της φυλλικής επιφάνειας σε φυτά φράουλας υπό την επίδραση βιοδιεγερτών σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα, όπως και οι Eshghi et al. (2013) σε πείραμα με επεμβάσεις τριών βιοδιεγερτών σε πείραμα με φυτά φράουλας σε σχέση με του μάρτυρα.

Αν και οι μετρήσεις των παραμέτρων του χρώματος έδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές για την πρώτη, και τη δεύτερη συγκομιδή ανάμεσα στους καρπούς των επεμβάσεων, στο σύνολο πρώτης και δεύτερης συγκομιδής δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, κάτι που πρόκυψε και ως συμπέρασμα από την οπτική παρατήρηση των καρπών. Παρόμοια, οι Roussos et al. (2009) σε πείραμα με εφαρμογή βιοδιεγερτών σε φυτά φράουλας δεν παρατήρησαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των καρπών του μάρτυρα και των επεμβάσεων για τα χαρακτηριστικά του χρώματος.

Οι καρποί του μάρτυρα είχαν υψηλότερη συγκέντρωση ολικών διαλυτών στερεών σε σχέση με τους καρπούς των υπολοίπων επεμβάσεων (με εξαίρεση τη δεύτερη συγκομιδή, στην οποία οι καρποί του μάρτυρα και της επέμβασης SFE είχαν υψηλότερη συγκέντρωση από τις υπόλοιπες επεμβάσεις). Αυτό ίσως οφείλεται στην χαμηλότερη συνολική παραγωγή ανά φυτό, και επομένως στην καλύτερη κατανομή των φωτοσυνθετικών προϊόντων στους καρπούς. Στα περισσότερα φυτικά είδη, το Κ είναι υπεύθυνο για την συσσώρευση των υδατανθράκων στους καρπούς, δίνοντάς τους γλυκιά γεύση, από την μετατροπή τους σε σάκχαρα. Στην παρούσα μελέτη, η συγκέντρωση του Κ δεν εμφάνισε σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα φύλλα των καρπών του μάρτυρα και των επεμβάσεων, και ήταν εντός του εύρους επάρκειας (Πίνακας 1), οδηγούν στο συμπέρασμα πως δεν ήταν ο παράγοντας που οδήγησε στην χαμηλή συγκέντρωση των ολικών διαλυτών στερεών. Μπορεί επομένως να λεχθεί, πως αυτό αποτελεί χαρακτηριστικό της ποικιλίας η οποία χρησιμοποιήθηκε για το παρόν πείραμα, και αποτελεί σύμφωνα με τον προμηθευτή του φυτικού υλικού υβρίδιο υπό μελέτη. Οι Roussos et al. (2009) δεν παρατήρησαν διαφορές στη συγκέντρωση των ολικών διαλυτών στερεών σε φυτά φράουλας όταν αυτά δέχτηκαν την επίδραση βιοδιεγερτών, αλλά και στον λόγο των ολικών διαλυτών στερεών προς την τιτλοδοτούμενη οξύτητα σε συμφωνία με την παρούσα μελέτη. Επίσης, η τιτλοδοτούμενη οξύτητα ήταν σημαντικά υψηλότερη στους καρπούς του μάρτυρα σε σχέση με τις υπόλοιπες επεμβάσεις (με εξαίρεση τη δεύτερη συγκομιδή στην οποία οι καρποί του μάρτυρα και της επέμβασης SFE είχαν υψηλότερη τιτλοδοτούμενη οξύτητα από τις υπόλοιπες επεμβάσεις). Αντίθετα, οι Rohloff et al. (2002) και οι Roussos et al. (2009) δεν παρατήρησαν σημαντικές διαφορές στην τιτλοδοτούμενη οξύτητα από καρπούς που δέχτηκαν επέμβαση με βιοδιεγέρτες σε σχέση με του μάρτυρα, ενώ οι El-Miniaawy et al. (2014) μέτρησαν σημαντικά υψηλότερη τιτλοδοτούμενη οξύτητα στους καρπούς φράουλας που δέχτηκαν επίδραση βιοδιεγέρτη από τους καρπούς του μάρτυρα στην πλειοψηφία των επεμβάσεων. Το pH ενώ αρχικά δεν εμφάνιζε σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων, στη συνέχεια ήταν σημαντικά υψηλότερο στους καρπούς των επεμβάσεων σε σχέση με του μάρτυρα, και συνολικά φάνηκε σημαντικά υψηλότερο στους καρπούς των επεμβάσεων που δέχτηκαν την επέμβαση με διάλυμα Entec Solub (SFE και SFE-C) σε σχέση με του μάρτυρα. Επομένως, η εφαρμογή βιοδιεγερτών δεν φαίνεται να είχε σημαντική επίδραση

στη διαμόρφωση αυτών των διαφορών στο pH. Παρόμοια, οι Rohloff et al. (2002) δεν παρατήρησαν διαφορές στο pH καρπών από φυτά φράουλας που δέχτηκαν επίδραση βιοδιεγερτών.

Για τη συγκέντρωση των φαινολικών τα αποτελέσματα δεν είχαν συνέπεια για καθεμία από τις συγκομιδές ξεχωριστά, για το σύνολο των συγκομιδών ωστόσο, φάνηκε πως η συγκέντρωση των ολικών φαινολικών ήταν σημαντικά υψηλότερη στους καρπούς του μάρτυρα από των επεμβάσεων. Παρόμοια αποτελέσματα παρατήρησαν και οι Roussos et al. (2009) σε καρπούς φυτών φράουλας που δέχτηκαν την επίδραση βιοδιεγερτών, και οι Weber et al. (2018) σε καρπούς φράουλας του μάρτυρα για τη συγκέντρωση βενζοϊκών και υδροξυκινναμονικών οξέων σε σχέση με τους καρπούς των επεμβάσεων με βιοδιεγέρτη. Τα φαινολικά οξέα αποτελούν δευτερογενείς μεταβολίτες και παράγονται μετά την έκθεση του φυτού σε παράγοντες καταπόνησης (Weber et al. 2018), επομένως οι βιοδιεγέρτες φάνηκε στο παρόν πείραμα να μειώνουν την ανάγκη και την παραγωγή τους. Η συγκέντρωση των ολικών φλαβονολών ήταν σημαντικά υψηλότερη στους καρπούς του μάρτυρα και της επέμβασης SFE από των υπολοίπων επεμβάσεων, κάτι που έρχεται σε συμφωνία και με την μελέτη των Roussos et al. (2009), ενώ οι Weber et al. (2018) δεν παρατήρησαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Η συγκέντρωση των ολικών ανθοκυανών ήταν σημαντικά υψηλότερη στους καρπούς των επεμβάσεων SF-C και SFE-C σε σχέση με τους καρπούς του μάρτυρα και της επέμβασης SF που δέχτηκε μόνο επίδραση λίπανσης. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και από τους Roussos et al. (2009) σε φυτά φράουλας που δέχτηκαν την επίδραση βιοδιεγερτών, και οι Weber et al. (2018) για τα αρχικά στάδια του πειράματός τους, ενώ στο τέλος τα αποτελέσματα αυτά αντιστράφηκαν και οι καρποί του μάρτυρα είχαν μεγαλύτερη συγκέντρωση ανθοκυανών σε σχέση με όσους δέχτηκαν την επίδραση βιοδιεγέρτη. Η διαφορά που παρατηρήθηκε στη συγκέντρωση των ολικών ανθοκυανών δεν αντικατοπτρίστηκε στις μετρήσεις των παραμέτρων του χρώματος.

Η αντιοξειδωτική ικανότητα εμφάνισε διαφορές ανάμεσα στα φυτά των επεμβάσεων και του μάρτυρα. Πιο συγκεκριμένα, οι καρποί του μάρτυρα είχαν υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα σε σχέση με τους καρπούς των επεμβάσεων που δέχτηκαν την επίδραση των βιοδιεγερτών (SF-C και SFE-C), σύμφωνα με τις μεθόδους FRAP και DPPH, ενώ σύμφωνα με την μέθοδο ABTS στατιστικά σημαντικά υψηλότερη

ήταν οι αντιοξειδωτική ικανότητα των καρπών του μάρτυρα σε σχέση με της επέμβασης SFE-C. Οι Roussos et al. (2009) παρατήρησαν υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα σε καρπούς φράουλας του μάρτυρα σε σύγκριση με των επεμβάσεων, όχι όμως στατιστικά σημαντική. Αντίθετα, οι Paradikonić et al. (2011) παρατήρησαν υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα σε καρπούς πιπεριάς που δέχτηκαν την επίδραση βιοδιεγερτών σε σχέση με τους καρπούς του μάρτυρα.

Η συγκέντρωση των οργανικών οξέων εμφάνισε κάποιες σημαντικές διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και των επεμβάσεων. Στα αρχικά στάδια του πειράματος, οι καρποί του μάρτυρα είχαν σημαντικά υψηλότερη συγκέντρωση μηλικού οξέος από τους καρπούς των επεμβάσεων SF, SF-C και SFE-C. Στην συνέχεια της πορείας του πειράματος, οι καρποί του μάρτυρα είχαν σημαντικά υψηλότερη συγκέντρωση κιτρικού οξέος από τους καρπούς των υπολοίπων επεμβάσεων, ενώ για το σύνολο των συγκομιδών οι καρποί του μάρτυρα είχαν σημαντικά υψηλότερη συγκέντρωση μηλικού οξέος σε σχέση με την επέμβαση SF-C και κιτρικού οξέος σε σχέση με όλες τις επεμβάσεις. Παρόμοια, οι Weber et al. (2018) μέτρησαν υψηλότερη συγκέντρωση οργανικών οξέων στους καρπούς των φυτών που δέχτηκαν την επίδραση κάποιου βιοδιεγέρτη σε σχέση με του μάρτυρα. Οι Roussos et al. (2009) δεν παρατήρησαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε καρπούς φράουλας που δέχτηκαν την επίδραση κάποιου βιοδιεγέρτη σε σχέση με του μάρτυρα, αν και οι καρποί του μάρτυρα είχαν χαμηλότερη συγκέντρωση μηλικού οξέος από τους καρπούς που δέχτηκαν την επίδραση του βιοδιεγέρτη. Η συγκέντρωση του ασκορβικού οξέος δεν εμφάνισε σημαντικές διαφορές στους καρπούς του μάρτυρα σε σχέση με των επεμβάσεων. Αντίθετα, οι Eshghi et al. (2013) παρατήρησαν υψηλότερη συγκέντρωση βιταμίνης C σε καρπούς που δέχτηκαν την επίδραση κάποιου από τους βιοδιεγέρτες σε σχέση με τους καρπούς του μάρτυρα σε συγκεκριμένη για τον καθένα δοσολογία.

Διαφορές παρατηρήθηκαν στους καρπούς του μάρτυρα σε σχέση με των υπολοίπων επεμβάσεων όσον αφορά και τη συγκέντρωση των σακχάρων. Η σακχαρόζη εμφάνισε στατιστικά σημαντικές διαφορές κατά το δεύτερο ήμισυ της καλλιεργητικής περιόδου, με μεγαλύτερη συγκέντρωση σακχαρόζης στους καρπούς του μάρτυρα σε σχέση με τις υπόλοιπες επεμβάσεις, στατιστικά σημαντική σε σχέση με την επέμβαση SF και SF-C. Η συγκέντρωση της γλυκόζης ήταν υψηλότερη στους καρπούς του μάρτυρα σε

σχέση με των επεμβάσεων καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος, και μάλιστα στατιστικά σημαντική για το σύνολο των δύο συγκομιδών. Τέλος, και η συγκέντρωση της φρουκτόζης ήταν υψηλότερη στους καρπούς του μάρτυρα σε σχέση με τις επεμβάσεις, ενώ για το σύνολο πρώτης και δεύτερης συγκομιδής ήταν στατιστικά σημαντικά υψηλότερη σε σχέση με τους καρπούς των επεμβάσεων SFE, SF-C και SFE-C. Η υψηλότερη συγκέντρωση των σακχάρων στους καρπούς του μάρτυρα συμπίπτει και με την υψηλότερη συγκέντρωση των ολικών διαλυτών στερεών σε σχέση με τους καρπούς των επεμβάσεων. Οι Weber et al. (2018) παρατήρησαν υψηλότερη συγκέντρωση σακχάρων στους καρπούς του μάρτυρα σε σχέση με τους καρπούς των φυτών που δέχτηκαν την επίδραση βιοδιεγέρτη, ενώ αργότερα στην καλλιεργητική περίοδο οι συγκεντρώσεις των σακχάρων στους καρπούς του μάρτυρα και των επεμβάσεων δεν είχαν μεγάλες διαφορές. Οι Roussos et al. (2009) δεν παρατήρησαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη συγκέντρωση γλυκόζης, φρουκτόζης και σακχαρόζης σε καρπούς που δέχτηκαν την επίδραση βιοδιεγέρτη σε σχέση με του μάρτυρα.

Ο ρυθμός αφομοίωσης του CO₂ αρχικά δεν εμφάνιζε σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις επεμβάσεις, έπειτα ήταν σημαντικά χαμηλότερος στην επέμβαση SFE και κατά τις τελευταίες μετρήσεις ήταν σημαντικά χαμηλότερος στα φυτά του μάρτυρα. Ο χαμηλότερος ρυθμός αφομοίωσης του CO₂ στην επέμβαση SFE σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα φανερώνει πως η εφαρμογή του N μόνο σε αμμωνιακή μορφή δεν λειτούργησε υπέρ της φωτοσύνθεσης αρχικά. Στην πορεία του πειράματος, τα φυτά του μάρτυρα είχαν χαμηλότερο ρυθμό αφομοίωσης του CO₂ από των επεμβάσεων, λόγω της μειωμένης πρόσληψης θρεπτικών και της γενικότερης εξάντλησης των φυτών από τις επαναλαμβανόμενες καρποφορίες. Παρατηρήθηκε επίσης, υψηλότερος, όμως όχι στατιστικά σημαντικά, ρυθμός αφομοίωσης του CO₂ στα φυτά των επεμβάσεων που δέχτηκαν την επίδραση των βιοδιεγερτών σε σχέση με τις αντίστοιχες επεμβάσεις λίπανσης χωρίς αυτούς (SF-C σε σχέση με SF και SFE-C σε σχέση με SFE). Η διαπνοή και η στοματική αγωγιμότητα ήταν σημαντικά χαμηλότερη στα φυτά του μάρτυρα σε σχέση με τα φυτά των επεμβάσεων για τις μετρήσεις προς το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου και η διακυτταρική συγκέντρωση του CO₂ για τις ίδιες μετρήσεις ήταν σημαντικά υψηλότερη στα φυτά του μάρτυρα από τα φυτά των επεμβάσεων. Παρόμοια, σημαντικές διαφορές παρατήρησαν και οι Almadí et al. (2020) σε νεαρά φυτά ελιάς που

δέχτηκαν επίδραση βιοδιεγέρτη. Συμπεραίνουν επίσης, πως τα θετικά αποτελέσματα που φάνηκε να έχουν οι βιοδιεγέρτες στην ανάπτυξη των φυτών ήταν αποτέλεσμα του αυξημένου ρυθμού φωτοσύνθεσης, ο οποίος σχετίζεται με την υψηλότερη στοματική αγωγιμότητα, ενώ η χαμηλότερη διακυτταρική συγκέντρωση του CO₂ που παρατήρησαν δείχνει πως ο αυξημένος ρυθμός φωτοσύνθεσης προέκυψε άμεσα (λόγω αυξημένης στοματικής αγωγιμότητας) και έμμεσα (γιατί διαφορετικά η διακυτταρική συγκέντρωση του CO₂ θα ήταν και εκείνη υψηλότερη). Ακόμη, οι βιοδιεγέρτες έδρασαν στην βιοχημική διαδικασία της φωτοσύνθεσης, παρόμοια με την αζωτούχο λίπανση.

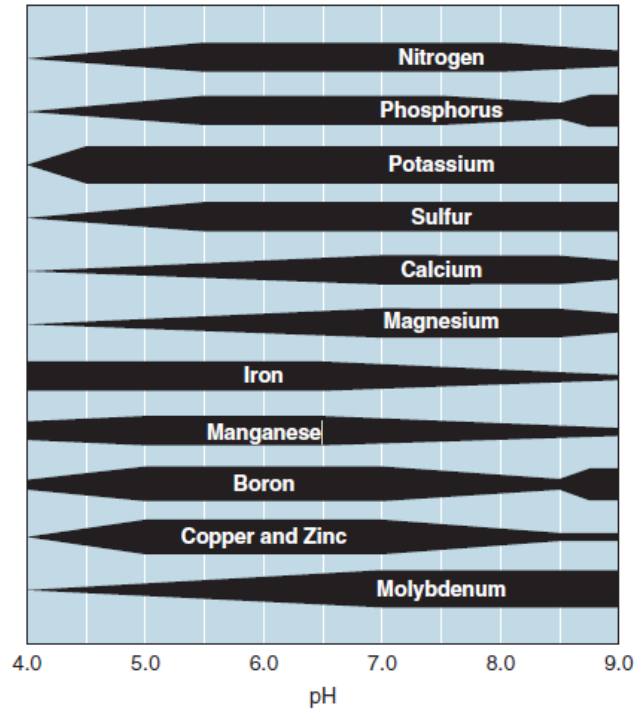
Όσον αφορά τη θρεπτική κατάσταση των φυτών κατά τις δύο δειγματοληψίες φύλλων, είναι ξεκάθαρο πως τα φυτά του μάρτυρα είχαν χαμηλότερο ποσοστό N στα φύλλα σε σύγκριση με τα φυτά των επεμβάσεων, και παρουσίασαν έλλειψη του στοιχείου σύμφωνα με τον Πίνακα 1. Παρόμοια, και για τον Fe, τα φυτά του μάρτυρα είχαν χαμηλότερη συγκέντρωση από τα φυτά των επεμβάσεων και σύμφωνα με τον Πίνακα 1 παρουσίασαν έλλειψη και του στοιχείου αυτού. Μακροσκοπικά, τα φυτά του μάρτυρα εμφάνιζαν χλωρώσεις σε σχέση με τα φυτά των επεμβάσεων, σε βαθμό που ήταν ευκρινής ο διαχωρισμός τους στο πειραματικό τεμάχιο. Η συγκέντρωση του K δεν εμφάνισε στατιστικά σημαντικές διαφορές για τα φυτά του μάρτυρα και των επεμβάσεων. Η συγκέντρωση του P και του Mg ήταν υψηλότερη στα φυτά της επέμβασης SFE από του μάρτυρα για την πρώτη δειγματοληψία, ενώ στην δεύτερη τα φυτά όλων των επεμβάσεων είχαν μεγαλύτερη συγκέντρωση του P από του μάρτυρα, και η συγκέντρωση του Mg ήταν υψηλότερη στα φυτά της επέμβασης SF από τα φυτά του μάρτυρα. Οι El-Miniawy S.M. et al. (2014) ωστόσο, δεν παρατήρησαν διαφορές στη συγκέντρωση N στα φύλλα φράουλας έπειτα από επέμβαση με βιοδιεγέρτες, ενώ για τη συγκέντρωση του P επίσης δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές παρά μόνο σε μία από τις επεμβάσεις, και τέλος η χρήση βιοδιεγερτών αύξησε τη συγκέντρωση του K στα φύλλα της φράουλας στις περισσότερες από τις επεμβάσεις σε σχέση με το μάρτυρα. Η συγκέντρωση του Mn και του B ήταν υψηλότερη στα φυτά τα επέμβασης SFE-C από του μάρτυρα κατά την πρώτη δειγματοληψία. Κατά τη δεύτερη, η συγκέντρωση του Mn ήταν υψηλότερη στα φυτά όλων των επεμβάσεων σε σχέση με του μάρτυρα, και του B ήταν υψηλότερη στα φυτά των SFE, SF-C και SFE-C σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα και της επέμβασης SF. Φαίνεται λοιπόν, πως η επέμβαση με το διάλυμα Entec Solub και

τους βιοδιεγέρτες βοηθά στην απορρόφηση των P, Fe, Mn και B στα φύλλα, πιθανόν λόγω χωρικής μείωσης του pH του εδάφους και καθιστώντας έτσι τα στοιχεία περισσότερο διαθέσιμα στο φυτό (Εικόνα 1). Η συγκέντρωση του Ca ήταν υψηλότερη στα φυτά της επέμβασης SF σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα κατά τη δεύτερη δειγματοληψία, ενώ και στις δύο δειγματοληψίες η συγκέντρωσή του ξεπερνούσε το εύρος επάρκειας (Πίνακας 1). Οι Halpern et al. (2015) παρατηρούν πως η χρήση αμινοξέων σε φύλλα και ρίζες φυτών αυξάνει την απορρόφηση και την αποδοτικότητα της χρήσης μακρο- και ιχνοστοιχείων, και η χρήση βακτηρίων βοηθητικών της ανάπτυξης έχει επίδραση στην απορρόφηση του N, ενώ μέσω της διαλυτοποίησης του P και του Fe κάποια από αυτά βοηθούν στην πρόσληψη των στοιχείων αυτών από τα φυτά.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι η χρήση βιοδιεγερτών βελτίωσε τόσο τις φυσιολογικές λειτουργίες των φυτών όσο και την παραγωγή. Βέβαια, καλό είναι να δοκιμαστούν και άλλοι βιοδιεγέρτες, διαφορετικής προέλευσης, υπό διαφορετικές συνθήκες και σε διαφορετικές ποικιλίες, ώστε να δημιουργηθεί μια πιο ολοκληρωμένη άποψη περί της αποτελεσματικότητάς τους στην καλλιέργεια φράουλας.

Πίνακας 1. Παρουσίαση του εύρους επάρκειας θρεπτικών στοιχείων στα φύλλα του φυτού της φράουλας (Campbell C. R. and Miner G. S., 2000).

Θρεπτικό Στοιχείο	Εύρος Επάρκειας
<i>N (%)</i>	3-4
<i>P (%)</i>	0,2- 0,4
<i>K (%)</i>	1,1- 2,5
<i>Ca (%)</i>	0,5- 1,5
<i>Mg (%)</i>	0,25- 0,45
<i>Fe (ppm)</i>	50- 300
<i>Mn (ppm)</i>	30- 300
<i>Zn (ppm)</i>	15- 60
<i>Cu (ppm)</i>	3- 15
<i>B (ppm)</i>	25- 50



Εικόνα 1. Η διαθεσιμότητα των στοιχείων σε σχέση με το pH στο έδαφος.

5 Βιβλιογραφία

5.1 Ελληνική βιβλιογραφία

Βασιλακάκης Μ. (1997). Μικρά οπωροφόρα. Εκδόσεις Γ. Δεδούση, Θεσσαλονίκη. 7-9, 15-19.

Δεκάζος Η. (1991). Μικροί καρποί. Τόμος Β'. Εκτύπωση- Βιβλιοδεσία: Πλέτσας Κ., Καρδαρή Ζ., Βουρδαμής Δ. Αθήνα. 26, 29-32, 37-43

Δεναζιά Ν. (2014). Μελέτη των παραγόντων ριζοβολίας σε φυλλοφόρα μοσχεύματα ελιάς με έμφαση στην ποικιλία «Καλαμών». Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Εργαστήριο Δενδροκομίας. Διαθέσιμο σε: <http://dspace.aua.gr/xmlui/handle/10329/6183>. Τελευταία πρόσβαση 30/10/2017.

Κανάκης Α. (2004). Καλλιέργεια Λαχανικών στο θερμοκήπιο, τόμος Β'. Εκδόσεις Σταμούλη. 263-265, 27-283, 286-295, 316- 318, 328-341.

5.2 Ξένη βιβλιογραφία

Ahmadi H. and Bringham R.S. (1991). Genetics of Sex Expression in *Fragaria* Species. American Journal of Botany vol. 78, No 4. 504-514 pp.

Alam, M.Z., Braun, G., Norrie, J., Hodges, D.M. (2013). Effect of *Ascophyllum* extract application on plant growth, fruit yield and soil microbial communities of strawberry. Canadian Journal of Plant Science, 93:23–36.

Almadi L., Paoletti A., Ginosi N., Daher E., Rosati A., Di Vaio C., Famiani F. (2020). A biostimulant based on protein hydrolysates promotes the growth of young olive trees. Agriculture, 10: 618, doi:10.3390/agriculture10120618

Arthur, G.D., Stirk, W.A., van Staden J. (2003). Effect of a seaweed concentrate on the growth and yield of three varieties of *Capsicum annuum*. South African Journal of Botany, 69:207–211

Brown, P. and Saa, S. (2015). Biostimulants in agriculture. Frontiers in Plant Science, 6:671.

Bulgari, R., Cocetta, G., Trivellini, A., Vernieri, P., Ferante, A. (2014). Biostimulants and crop responses: a review. *Biological Agriculture and Horticulture: An International Journal for Sustainable Production Systems*, DOI: 10.1080/01448765.2014.964649.

Campbell C.R., Miner G.S. 2000. Strawberry, annual hill culture. In: Campbell CR, editor. Reference sufficiency ranges for plant analysis in the southern region of the United States. Raleigh (NC): NC Dept of Agriculture & Consumer Services. Southern Cooperative Series Bulletin 394.

Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, 3-14.

El-Miniawy, S. M., Ragab, M. E., Youssef, S. M., & Metwally, A. A. (2014). Influence of foliar spraying of seaweed extract on growth, yield and quality of strawberry plants. *Journal of Applied Sciences Research*, 10:88–94.

Eshghi, S., Zare, M., Jamali, B., Gharaghani, A., Farahi, M. H. (2013). Vegetative and reproductive parameters of ‘Selva’ strawberry as influenced by Algaren, Drin and green hum foliar application. *Agricultural Communications*, 1 :27– 32.

Fernandez F. and Hoefl R. (2009). Managing soil pH and crop nutrients. *Illinois Agronomy Handbook*, University of Illinois Extension, p. 96.

Halpern M., Bar-Tal A., Ofek M., Minz., Muller T., Yermiyahu U. (2015). Chapter two- The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. *Advances in Agronomy*, 130: 141-174

Hancock, J.F. (1999). Strawberries. *CAB Publishing*, Cambridge, UK. 1-3, 13-24, 65-66, 73-76, 89-90, 119, 131-132 pp.

Huang, D., Ou, B., Prior R.L. (2005). The Chemistry behind Antioxidant Capacity Assays. *L. Agricultural and Food Chemistry*, 53: 1841-1856.

Masny, A., Basak, A., Żurawicz, E. (2004). Effects of foliar applications of Kelpak SL and Goëmar BM 86® preparations on yield and fruit quality in two strawberry cultivars. *Journal of Fruit Ornament Plant Research*, 12: 23-27.

Paradičković, N., Vinković, T., Vinković Vrček, I., Žuntar, I., Bojić, M., Medić-Šarić, M. (2011). Effect of natural biostimulants on yield and nutritional quality: An example of sweet yellow pepper plants (*Capsicum annuum* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91, 2146–2152. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4431>.

Paradikovic, N., Teklic, T., Zeljkovic, S., Lisjak, M., Spoljarevic, M. (2018). Biostimulants research in some horticultural plant species- A review. *Food and Energy Security*, DOI: 10.1002/fes3.162.

Prokkola, S., Kivijärvi, P. (2007). Effect of biological sprays on the incidence of grey mould, fruit yield and fruit quality in organic strawberry production. *Agriculture and Food Science*, 16: 25–33.

Rohloff, J., Fiskaa Hagen, S., Iversen, T., (2002). The effect of plant biochemical regulators on strawberry production in field trials under drip irrigation management at 5 locations in Norway. *Acta Horticulturae*, 567, 463–466.

Roussos, P.A., Denaxa, N-K., Damvakaris, T. (2009). Strawberry fruit quality attributes after application of plant growth stimulating compounds. *Scientia Horticulturae*, 119: 138-146.

Spinelli, F., Fiori, G., Noferini, M., Sprocatti, M., Costa, G. (2010). A novel type of seaweed extract as a natural alternative to the use of iron chelates in strawberry production. *Scientia Horticulturae*, 125:263-269.

Weber, N., Schmitzer, V., Jakopic, J., Stampar, F. (2018). First fruit in season: seaweed extract and silicon advance organic strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) fruit formation and yield. *Scientia Horticulturae*, 242:103-109.

5.3 Ηλεκτρονική βιβλιογραφία

www.faostat.fao.org τελευταία πρόσβαση 26/2/2020

op.europa.eu τελευταία πρόσβαση 4/5/2020