



Πανεπιστήμιο  
Ιωαννίνων

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ**  
**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ**  
**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«Προσδιορισμός της περιεκτικότητας σε ασκορβικό οξύ, ολικές φαινόλες και ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας σε δυο υβρίδια πιπεριάς καλλιεργούμενης παρουσία και απουσία συμβιωτικών μικροοργανισμών »**



**Σίσκας Αλέξανδρος Χρήστος (Α.Μ. 1815938)**  
**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Καριπίδης Χαράλαμπος**  
**ΑΡΤΑ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ, 2022**

**«DETERMINATION OF ASCORBIC ACID CONTENT, TOTAL PHENOLS AND TOTAL ANTIOXIDANT CAPACITY IN TWO PEPPER HYBRIDS CULTIVATED IN THE PRESENCE AND ABSENCE OF SYMBIOTIC MICROORGANISMS»**

**Εγκρίθηκε από τριμελή επιτροπή**

Άρτα, 07/09/2022

## **ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ**

1. Επιβλέπων Καθηγητής

Όνοματεπώνυμο: Καριπίδης Χαράλαμπος, Καθηγητής

2. Μέλος Επιτροπής

Όνοματεπώνυμο: Υφαντή Παρασκευή, Ε.ΔΙ.Π

3. Μέλος επιτροπής

Όνοματεπώνυμο: Μπέζα Παρασκευή, Επίκουρος Καθηγήτρια

© Σίσκας Αλέξανδρος Χρήστος, 2022

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

All rights reserved.

## Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνω υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα πτυχιακή εργασία είναι εξ ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μου ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής, ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν (κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) για την συγγραφή της περιλαμβάνονται στην βιβλιογραφία.

Σίσκας Αλέξανδρος Χρήστος

Υπογραφή

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πιπεριά είναι ένα από τα πιο δημοφιλή λαχανοκομικά φυτά. Η ευρεία χρήση της από τον άνθρωπο οφείλεται στις πολλές ευεργετικές αλλά και θεραπευτικές ιδιότητες που μπορεί να του παρέχει. Ο καρπός της πιπεριάς έχει πολύ σημαντική διατροφική αξία καθώς περιέχει πλήθος βιταμινών και αντιοξειδωτικών, πολύ ωφέλιμων για την ανθρώπινη υγεία.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας (TAC), της περιεκτικότητας σε ασκορβικό οξύ και σε ολικές φαινόλες (TPC) μεταξύ των δυο ποικιλιών πιπεριάς σε συνδυασμό με την παρουσία ή όχι συμβιωτικών οργανισμών και βιοδιεγερτών στο ριζικό σύστημα των φυτών της πιπεριάς. Η καλλιέργεια των φυτών πραγματοποιήθηκε σε μη θερμαινόμενο θερμοκήπιο στην Πρέβεζα και χρησιμοποιήθηκαν τα υβρίδια F1 τύπου φλάσκας, Biondo και Agiosto. Κατά την εγκατάσταση των φυτών στο έδαφος, έγινε και εφαρμογή στα μισά φυτά από το κάθε υβρίδιο συμβιωτικών μικροοργανισμών και βιοδιεγερτών με το εμπορικό όνομα Mycoshell Tabs. Ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας των καρπών σε Βιταμίνη C έγινε με τιτλοδότηση του εκχυλίσματος της σάρκας με διάλυμα Ιωδίου, των ολικών φαινολών με την μέθοδο Folin – Ciocalteu και της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας με την μέθοδο DPPH.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μεταξύ των φυτών που αναπτύχθηκαν χωρίς την χρήση των Mycoshell Tabs και εκείνων που αναπτύχθηκαν με την προσθήκη Mycoshell Tabs, δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές στην περιεκτικότητα των καρπών τους, αναφορικά με τα βιοχημικά χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν, και στα δύο υβρίδια που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία.

**Λέξεις Κλειδιά:** Πιπεριά, Αντιοξειδωτική ικανότητα, Ασκορβικό οξύ, Ολικές φαινόλες, Μυκόρριζα, Βιοδιεγέρτες

## ABSTRACT

Pepper is one of the most popular vegetable plants. It possesses plenty of beneficial and therapeutic properties which account for its being widely used by people. Peppers have a significant nutritional value as they contain lots of vitamins and antioxidants, very beneficial to people's health.

The purpose of this work is to study the total antioxidant capacity (TAC), the content of ascorbic acid and total phenols (TPC) between two pepper varieties in combination with the presence or not of symbiotic organisms and biostimulants in the root system of the pepper plants. The cultivation of the plants was carried out in an unheated greenhouse in Preveza. The F1 hybrids of the flask type, Biondo and Ariosto were used. When the plants were planted in the soil, half of them were also treated with symbiotic microorganisms and biostimulants under the trade name Mycoshell Tabs. The determination of the vitamin C content of the peppers was done by titrating the flesh extract with iodine solution, total phenols with the Folin-Ciocalteu method and the total antioxidant capacity with the DPPH method.

The results showed that between the plants grown without the use of Mycoshell Tabs and those grown with the addition of Mycoshell Tabs, there are no significant differences in the content of their fruits, regarding the biochemical characteristics studied, in both hybrids used in the present work.

**Keywords:** Pepper, Antioxidant capacity, Ascorbic acid, Total phenols, Mycorrhiza, Biostimulants

## Ευχαριστίες

Αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της παρούσας εργασίας κ. Καριπίδη Χαράλαμπο για την άρτια συνεργασία, βοήθεια και καθοδήγηση καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλους εκείνους που συνέλαβαν στην δημιουργία και την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας.

Με εκτίμηση,

Σίσκας Αλέξανδρος Χρήστος



## Περιεχόμενα

Δήλωση μη λογοκλοπής.....	5
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	6
ABSTRACT .....	7
Ευχαριστίες.....	8
ΠΙΝΑΚΕΣ .....	11
ΕΙΚΟΝΕΣ.....	11
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	14
1. ΒΟΤΑΝΙΚΟΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ ΤΗΣ ΠΙΠΕΡΙΑΣ .....	17
1.1 ΣΤΕΛΕΧΟΣ .....	17
1.2 ΡΙΖΑ.....	17
1.3 ΦΥΛΛΑ .....	17
1.4 ΑΝΘΗ .....	18
1.5 ΚΑΡΠΟΣ.....	18
1.6 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΠΙΠΕΡΙΑΣ.....	19
1.7 ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ ΤΗΣ ΠΙΠΕΡΙΑΣ .....	20
2. ΕΔΑΦΟΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΠΙΠΕΡΙΑΣ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ .....	22
2.1 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΕ ΚΛΙΜΑ .....	22
2.1.1 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΕΡΟΣ.....	22
2.1.2 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ.....	23
2.1.3 ΥΓΡΑΣΙΑ .....	23
2.1.4 ΦΩΤΟΠΕΡΙΟΔΟΣ .....	23
2.1.5 ΑΝΕΜΟΣ.....	24
2.2 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ.....	24
2.3 ΑΡΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ.....	25
2.4 ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΦΥΤΕΥΣΗΣ .....	26
3. ΛΙΠΑΝΣΗ – ΘΡΕΨΗ ΠΙΠΕΡΙΑΣ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ .....	27
4. ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ .....	31
4.1 ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ.....	31
<b>4.2 ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ .....</b>	<b>32</b>
4.3 ΒΑΣΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΜΗ ΕΝΖΥΜΑΤΙΚΩΝ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ .....	35
4.4 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΛΕΥΘΕΡΩΝ ΡΙΖΩΝ .....	42
4.5 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ.....	44
4.6 ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΠΙΠΕΡΙΑΣ.....	45
5. ΣΥΜΒΙΩΤΙΚΟΙ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ .....	47
5.1. ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ.....	47
5.2 ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΜΥΚΟΡΡΙΖΩΝ .....	47

5.3 ΘΥΣΑΝΩΔΕΙΣ ΜΥΚΟΡΡΙΖΕΣ (AM) .....	48
5.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΦΥΤΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΣΥΜΒΙΩΣΗ ΜΕ ΘΥΣΑΝΩΔΕΙΣ ΜΥΚΟΡΡΙΖΕΣ (AM).....	49
5.5 ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΦΩΣΦΟΡΟΥ (P) .....	50
6. ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΕΣ.....	52
6.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΩΝ .....	52
6.2 ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΕΣ ΑΠΟ ΦΥΚΙΑ .....	54
6.3 ASCOPHYLLUM NODOSUM.....	56
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 <sup>ο</sup> .....	58
7.1. ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	58
7.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ .....	58
7.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ – ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΑΚΑΣΙΑ .....	69
7.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....	81
8 <sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ .....	85
ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	85
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	87
ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	89
ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ.....	91
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....	93

## ΠΙΝΑΚΕΣ

<i>Πίνακας 1: Μέση σύσταση 100g νωπών πράσινων καρπών γλυκιάς πιπεριάς.....</i>	<i>20</i>
<i>Πίνακας 2: Μέση σύσταση 100g ώριμων κόκκινων καρπών γλυκιάς πιπεριάς.....</i>	<i>20</i>
<i>Πίνακας 3: Για την παραγωγή 8-10 τόνων πιπεριάς ανά στρέμμα οι μονάδες που απαιτούνται (κιλά/στρέμμα).....</i>	<i>28</i>
<i>Πίνακες 4: Ενδεικτικές προτάσεις για βασική λίπανση που αρμόζουν κατάλληλα για την καλλιέργεια της πιπεριάς (Kgr/στρέμμα).....</i>	<i>28</i>
<i>Πίνακας 5: Ενδεικτικές προτάσεις υδρολίπανσης που αρμόζουν κατάλληλα στην καλλιέργεια της πιπεριάς (Kgr/στρέμμα).....</i>	<i>29</i>
<i>Πίνακας 6: Κατηγορίες αντιοξειδωτικών.....</i>	<i>35</i>
<i>Πίνακας 7: Δράσεις ελεύθερων ριζών.....</i>	<i>43</i>
<i>Πίνακας 8: Επίδραση των βιοδιεγερτών σε φυσιολογικά και αγρονομικά χαρακτηριστικά αλλά και τα αναμενόμενα οφέλη τους.....</i>	<i>53</i>
<i>Πίνακας 9: Ταξινόμηση φυτικών ορμονών στα καστανά φύκια.....</i>	<i>55</i>

## ΕΙΚΟΝΕΣ

<i>Εικόνα 1: Ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C).....</i>	<i>38</i>
<i>Εικόνα 2: Οξείδωση του L – ασκορβικού οξέος.....</i>	<i>38</i>
<i>Εικόνα 3: Οι τοκοφερόλες (μορφές βιταμίνης E).....</i>	<i>40</i>
<i>Εικόνα 4: Χαρακτηριστικά παραδείγματα καροτενοειδών.....</i>	<i>41</i>
<i>Εικόνα 5: Απεικόνιση των βασικών λειτουργιών των εκχυλισμένων φυκών.....</i>	<i>56</i>
<i>Εικόνα 6: Πειραματικό θερμοκήπιο.....</i>	<i>59</i>
<i>Εικόνα 7: Ποικιλία πιπεριάς σε γλαστράκια πριν την μεταφύτευση.....</i>	<i>59</i>
<i>Εικόνα 8: Ταμπλέτες Mycoshell Tabs.....</i>	<i>60</i>
<i>Εικόνα 9: Mycoshell Tabs και τα φυτά πιπεριάς.....</i>	<i>61</i>

<i>Εικόνα 10: Το θερμοκήπιο μετά την μεταφύτευση των φυτών.....</i>	<i>62</i>
<i>Εικόνα 11: Φυτό πιπεριάς και δίπλα το σύστημα στάγδην άρδευσης.....</i>	<i>63</i>
<i>Εικόνα 12: Συνθετικό λίπασμα που χρησιμοποιήθηκε στην καλλιέργεια.....</i>	<i>64</i>
<i>Εικόνα 13: Το πρώτο άνθος πιπεριάς στην καλλιέργεια του θερμοκηπίου.....</i>	<i>65</i>
<i>Εικόνα 14: Καρπός πιπεριάς στην καλλιέργεια του θερμοκηπίου.....</i>	<i>65</i>
<i>Εικόνα 15: Καρπός πιπεριάς ποικιλίας Ariosto F1.....</i>	<i>66</i>
<i>Εικόνα 16: Καρπός πιπεριάς ποικιλίας Biondo F1.....</i>	<i>66</i>
<i>Εικόνα 17: Αίθουσα εργαστηρίου Τμήματος Γεωπονίας όπου έλαβε χώρα το πείραμα (Ιούνιος, 2022).....</i>	<i>68</i>
<i>Εικόνα 18: Δείγματα πιπεριάς και μαγνητικός αναδευτήρας.....</i>	<i>69</i>
<i>Εικόνα 19: Εκχυλισμένα δείγματα πιπεριάς.....</i>	<i>70</i>
<i>Εικόνα 20: Καμπύλη αναφοράς που αποδίδει την σχέση μεταξύ ποσότητας ασκορβικού οξέος και καταναλισκόμενου όγκο ιωδιούχου διαλύματος 0,1% σε I<sub>2</sub>.....</i>	<i>72</i>
<i>Εικόνα 21: : Καμπύλη απορρόφησης διαλύματος DPPH στα διάφορα μήκη κύματος του ορατού φάσματος. Η ιώδης καμπύλη αφορά την μη δεσμευμένη ρίζα του DPPH από τα αντιοξειδωτικά Η κίτρινη καμπύλη αφορά την δεσμευμένη ρίζα του DPPH. Σε μήκος κύματος 515 nm η απορρόφηση του φωτός από την δεσμευμένη ρίζα του DPPH είναι ελάχιστη, ενώ η μη δεσμευμένη παρουσιάζει μέγιστο απορρόφησης.....</i>	<i>74</i>
<i>Εικόνα 22: Σχέση μεταξύ ποσότητας αντιοξειδωτικού αναφοράς (Trolox) και μείωσης του ποσοτικού απορρόφησης του διαλύματος των 60 μMol του DPPH.....</i>	<i>76</i>
<i>Εικόνα 23: Καμπύλη αναφοράς που αποδίδει την σχέση μεταξύ γαλλικού οξέος και απορρόφησης φωτός σε μήκος κύματος 750nm μετά την αντίδραση με το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu.....</i>	<i>79</i>
<i>Εικόνα 24: Μέσοι και τυπικές αποκλίσεις της ποσότητας (mg) ασκορβικού οξέος ανά 100g νωπής σάρκας των καρπών των υβριδίων F1 πιπεριάς BIONDO και ARIOSTO.....</i>	<i>81</i>
<i>Εικόνα 25: Μέσοι και τυπικές αποκλίσεις της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας σε ισοδύναμα Trolox των καρπών των υβριδίων F1 πιπεριάς BIONDO και ARIOSTO... </i>	<i>82</i>

*Εικόνα 26: Μέσοι και τυπικές αποκλίσεις της περιεκτικότητας σε ολικές φαινόλες εκπεφρασμένες σε ισοδύναμα Γαλλικού οξέος των καρπών των υβριδίων F1 πιπεριάς BIONDO και ARIOSTO.....84*

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πιπεριά (*Capsicum annuum* L.) είναι ένα ετήσιο κηπευτικό, ευρέως δημοφιλές για την χρήση του και έχει καθιερωθεί ως λαχανικό. Εντάσσεται στην οικογένεια των Σολανοειδών (*Solanaceae*), στην οποία περιλαμβάνονται διάφορα είδη που παίζουν σημαντικό ρόλο στην γεωργική και διατροφική αξία του ανθρώπου, όπως η τομάτα (*Lycopersicon esculentum* L.), η πατάτα (*Solanum tuberosum* L.) και η μελιτζάνα (*Solanum melongena* L.). (Καλοτεράκης, 2016)

Η πιπεριά και η καλλιέργειά της χρονολογείται από πολύ παλιά και είναι ένα ενδογενές φυτό των τροπικών περιοχών της Νοτίου Αμερικής. Πιο συγκεκριμένα, έχουν αναγνωστεί σε αρχαιολογικές ανασκαφές σπόροι πιπεριάς στο Μεξικό, οι οποίοι χρονολογούνται πέραν των 5000 π.Χ., και πιθανολογείται ότι προέρχονται από άγρια φυτά του γένους *Capsicum annuum*. Ενώ, στο Περού ανακαλύφθηκαν υπολείμματα του γένους *Capsicum baccatum* ηλικίας 2000 π.Χ.

Η πρώτη ευρωπαϊκή αναφορά για την πιπεριά καταγράφεται από τον Peter Martyr το 1493, ο οποίος αναφέρει ότι ο Κολόμβος με τα ταξίδια ανακάλυψε την καυτερή πιπεριά. Παράλληλα, με τα ταξίδια του η πιπεριά κατέφθασε στην Ευρώπη και δεν χρειάστηκε χρόνο ώστε να γίνει ευρέως αποδεκτή. Από εκεί και πέρα, ξεκίνησε η εξάπλωση της σε Μέση Ανατολή, Αφρική και την Ασία, καθώς η σχετικά μεγάλη περίοδος διατήρησης της βλαστικής ικανότητας του σπόρου αλλά και η ευκολία στην διακίνησή του, συνέλαβαν σε αυτήν την ευρεία διάδοσή της. (Λειμονή, 2004)

Τα κυριότερα είδη πιπεριάς που καλλιεργούνται είναι τα εξής:

- **Capsicum annuum:** Πρόκειται για το πιο σημαντικό, δημοφιλές και με την μεγαλύτερη οικονομική σημασία καλλιεργούμενο είδος της πιπεριάς. Περιλαμβάνονται όλες οι γλυκές πιπεριές αλλά και οι πιο πολλές από τις καυτερές. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν τα ετήσια ποώδη που έχουν χαρακτηριστικούς ιώδες ανθήρες, λευκή στεφάνη και μικρό κλειστό κάλυκα, παράλληλα οι ανθοφόροι φέρονται ως μονήρεις, ένας στην βάση κάθε διακλάδωσης. Ενώ, από αυτό το είδος προέρχονται οι περισσότερες καλλιεργούμενες ποικιλίες.
- **Capsicum frutescens:** Το συγκεκριμένο είδος αποτελείται από φυτά πολυετή, αποξυλωμένα και θαμνώδη, με άνθη κατά ομάδα και καρπούς κόκκινους

καυτερούς. Από τους καρπούς αυτού του είδους προέρχονται και γνωστές καυτερές πιπεριές, οι οποίες συμβάλλουν στην παρασκευή της γνωστής σάλτσας «ταμπάσκο».

- **Capsicum Chinese:** Περιλαμβάνει τις πιο καυτερές πιπεριές και σαν φυτό έχει πολλές ομοιότητες με το *Capsicum frutescens* και κατάγεται από την Ν. Αμερική.
- **Capsicum baccatum:** Προέρχεται από την Κεντρική – Νότια Αμερική και επιλέγεται στην Βραζιλία για την διακύμανση των μεγεθών και των σχημάτων του.
- **Capsicum pubescens:** Βρίσκεται στα υψίπεδα των Άνδεων και αποτελεί το μόνο είδος πιπεριάς που έχει καταγωγή από ψυχρότερες ζώνες. Ο καρπός του είναι πιο χοντρός σε σχέση με τα άλλα είδη και ο σπόρος του είναι σκούρος και ρυτιδωμένος.

Η πιπεριά (*Capsicum annuum*) σήμερα καλλιεργείται σε πολλά μέρη του κόσμου σε μεγάλες εκτάσεις και κυρίως στις εύκρατες και τροπικές ζώνες. Οι καλλιέργειες μπορούν να είναι υπαίθριες αλλά και υπό κάλυψη. Καλλιεργείται κυρίως για τον καρπό, διότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως λαχανικό ή μπαχαρικό – καρύκευμα. Πλέον, υπάρχουν αρκετά είδη και πολλές βοτανικές ποικιλίες, για αυτό και υπάρχει μεγάλη διαφοροποίηση στους καρπούς ως προς το μέγεθος, το σχήμα αλλά και το χρώμα.

Οι γλυκές πιπεριές έχουν ένα πιο ήπιο άρωμα και πιο ελαφριά δριμύτητα σε σχέση με τις άλλες πιπεριές. Οι νωπές γλυκές πιπεριές ξεχωρίζουν, καθώς αποτελούν πλούσια πηγή βιταμινών, κυρίως σε βιταμίνη C (ασκορβικό οξύ). Από την άλλη πλευρά, οι αποξηραμένες έχουν μια έντονη καυτερή γεύση και είναι πλούσιες σε βιταμίνη A.

Οι πιπεριές καταναλώνονται νωπές σε σαλάτες αλλά και μαγειρεμένες με διάφορους τρόπους, όπως γεμιστές, τηγανιτές, ενώ μπορούν να παρασκευαστούν και ως τουρσί. Ακόμη, πέρα από την χρήση τους ως τρόφιμο και καρύκευμα, οι πιπεριές περιλαμβάνουν και φαρμακευτικές ιδιότητες, κυρίως αυτές που έχουν καυτερή γεύση. Ενώ, μερικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως καλλωπιστικές. (Ολύμπιος, 2001)

Η συγκεκριμένη εργασία αποτελείται από 2 μέρη: το θεωρητικό και το ερευνητικό. Αρχικά, το θεωρητικό μέρος περιλαμβάνει 6 κεφάλαια, στα οποία περιγράφονται τα

βοτανικά χαρακτηριστικά του φυτού της πιπεριάς, οι εδαφοκλιματικές απαιτήσεις της και οι λιπάνσεις της κατά την καλλιέργεια. Επίσης, παρέχονται πληροφορίες και για τους συμβιωτικούς μικροοργανισμούς αλλά και τους βιοδιεγέρτες που χρησιμοποιήθηκαν σε μορφή ταμπλέτας, η οποία τοποθετήθηκε στο έδαφος κατά την μεταφύτευση των φυτών. Ακολούθως, το ερευνητικό αποτελείται από την μεθοδολογία, τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας καθώς και τα συμπεράσματα αυτών.



## 1. ΒΟΤΑΝΙΚΟΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ ΤΗΣ ΠΙΠΕΡΙΑΣ

### 1.1 ΣΤΕΛΕΧΟΣ

Η πιπεριά είναι φυτό μονοετές ή διετές, ποώδες με κορμό και βλαστούς, οι οποίοι στη συνέχεια μετατρέπονται σε ελαφρά ξυλώδεις στη βάση (τα γηρέωτερα στελέχη). Έχει την τάση να αναπτύσσεται προς τα πάνω (ορθόκλαδο), ενώ διακλαδίζεται αρκετά. Οι βλαστοί αναπτύσσονται, αν δεν υπάρξει κάποια επέμβαση, σε ύψος 30-80 cm, είναι αρκετά ευαίσθητοι και πολλές φορές είτε από το βάρος της καρποφορίας είτε από τον αέρα μπορεί να σπάσουν, σε περίπτωση που δεν έχει γίνει υποστύλωση των φυτών. Αρχικά το φυτό αναπτύσσεται μονοστέλεχο, δηλαδή σχηματίζει τον κορμό του (κύριο βλαστό), ύστερα διακλαδίζεται, δηλαδή χωρίζεται, και σχηματίζει συνήθως 2 και σπανιότερα 3 βλαστούς (βλαστοί πρώτης τάξης). Ανάμεσα των δύο ή τριών αυτών βλαστών σχηματίζεται ο πρώτος οφθαλμός- άνθος, οποίος δίνει τον πρώτο καρπό. Ο οφθαλμός αυτός λέγεται βασικός οφθαλμός (crown bud). Ο κάθε βλαστός της πρώτης τάξης, αφού παραχθούν ένα ή δυο φύλλα, διακλαδίζεται και δίνει δυο νέους βλαστούς ( βλαστοί δεύτερης τάξης), όπου στη διακλάδωση δίνουν ανθοφόρους οφθαλμούς. Η συγκεκριμένη διεργασία συνεχίζεται με τον ίδιο τρόπο και το φυτό (χωρίς επεμβάσεις) παίρνει θαμνώδη μορφή. Στο φυτό της πιπεριάς δε βλαστάνει η κορυφή. Τέλος, αν τα φυτά κλαδευτούν Φθινόπωρο ή αρχές Άνοιξης ξανά βλαστάνουν σαν διετή.

### 1.2 ΡΙΖΑ

Το ριζικό σύστημα όταν αναπτύσσεται ελεύθερα και σε βαθύ έδαφος με διαπερατούς ορίζοντες μπορεί να φτάσει σε βάθος 60-120cm. Το φυτό δημιουργεί δυνατή κεντρική ρίζα, αλλά συνήθως αυτή σταματά να αναπτύσσεται ή κόβεται. Ενώ, σχηματίζονται μετά τη φύτευση πλευρικές διακλαδιζόμενες ρίζες που φτάνουν σε ανάλογο βάθος.

### 1.3 ΦΥΛΛΑ

Είναι απλά, λεπτά, οξύληκτα, ελλειπτικά και ακέραια με σκούρο πράσινο χρώμα στην πάνω επιφάνεια, ενώ στην κάτω επιφάνεια πιο ανοιχτό πράσινο. Το μήκος του μίσχου των φύλλων είναι 3-5cm.

#### 1.4 ΑΝΘΗ

Εμφανίζονται μονήρη στις διακλαδώσεις των βλαστών και φέρουν μίσχο 1.5cm μήκος. Ο κάλυκας είναι κωδωνοειδής και έχει 5 ή περισσότερα οδοντωτά σέπαλα, που συχνά μεγαλώνουν και καλύπτουν την βάση του άνθους. Επίσης, φέρουν στεφάνη διαμέτρου 8-15mm με 5 ή περισσότερα πέταλα, τα οποία έχουν λευκό ή λευκοπράσινο χρώμα ή ελαφρώς ιώδες. Επιπλέον, κοντά στη βάση της στεφάνης φέρονται να υπάρχουν 5 ή περισσότεροι στήμονες. Ακόμη, οι ανθήρες έχουν χρώμα ιώδες και σχίζονται κατά μήκος. Ενώ, η ωοθήκη είναι δίχωρος ή τρίχωρος ή τετράχωρος και φέρει στύλο, που είναι άσπρος ή ιώδες.

Τα άνθη είναι ερμαφρόδιτα, αυτογονιμοποιούμενα ή μερικώς σταυρογονιμοποιημένα. Η πιπεριά σαν φυτό είναι ουδέτερη στον φωτοπεριοδισμό, παράλληλα η ωρίμανση του στίγματος και των ανθέρων γίνεται ταυτόχρονα και η επικονίαση και γονιμοποίηση μπορεί να συμβεί αφού ανοίξει το άνθος. Το άνθος μένει ανοιχτό για 2-3 ημέρες.

Η αυτογονιμοποίηση ευνοείται καθώς ο ποδίσκος του άνθους κυρτώνεται για να βλέπει προς τα κάτω το άνθος, αυτό έχει ως αποτέλεσμα η γύρη να πέφτει πιο εύκολα πάνω στο στίγμα. Ακόμα, κατά το άνοιγμα του άνθος ο στύλος κυρτώνεται και περνά και αγγίζει τους ανθήρες. Τέλος, σταυρογονιμοποίηση ενδέχεται να προκαλέσουν τα έντομα και τα μυρμήγκια, ωστόσο είναι γνωστό ότι τα άνθη της πιπεριάς δεν ελκύουν τις μέλισσες και τα έντομα.

#### 1.5 ΚΑΡΠΟΣ

Ο καρπός είναι ράγα και ανάλογα με την ποικιλία μπορεί να διαφέρει σε μορφή και μέγεθος. Δίνει πολυχρωμία και πολυσπερμία, ενώ μεταξύ του πλακούντα και των τοιχωμάτων του καρπού, φέρει κοιλότητα. Το χρώμα είναι πράσινο ή πρασινοϊώδες και στη συνέχεια όταν ωριμάσει γίνεται ερυθρό, καστανέρυθρο, κίτρινο, κιτρινοπράσινο, πορτοκαλί ή ιώδες. Τέλος, το χρώμα και το άρωμα του καρπού οφείλεται κυρίως σε μείγμα καρωτινοειδών, με κυριότερη ουσία την καψανθίνη και σε μικρότερο βαθμό τα α και β καροτίνη, ξανθοφύλλη, ζεαξανθίνη, κρυπτοξανθίνη και λυκοπίνη. (Ολύμπιος, 2019)

## 1.6 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΠΙΠΕΡΙΑΣ

Η ευρεία χρήση της πιπεριάς από τον άνθρωπο οφείλεται στις πάμπολλες ευεργετικές και θεραπευτικές ιδιότητες που μπορεί να του παρέχει, για αυτό και πλέον καταλογίζεται ως ένα από τα πιο διαδεδομένα λαχανοκομικά φυτά. Καλλιεργείται για τους καρπούς, οι οποίοι έχουν διπλή χρήση, καθώς πέρα από ναυοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στο βιομηχανικό κλάδο, καθώς με τις κατάλληλες διεργασίες μετατρέπονται και δίνουν πληθώρα προϊόντων που έχουν ευρεία χρήση και κατανάλωση (κονσερβοποίηση, τουρσί, κατάψυξη κ.α.).

Αρχικά, η πιπεριά αποτελεί ένα σημαντικό λαχανικό στην διατροφή του ανθρώπου. Καθώς, σύμφωνα με αρκετές ιατρικές έρευνες, παρατηρείται ότι αποτελεί την κυριότερη πηγή βιταμίνης C ανάμεσα στα λαχανικά, ενώ συγκεκριμένα η κόκκινη πιπεριά έχει τετραπλάσια ποσότητα βιταμίνης C σε σχέση με τα πορτοκάλια. Επίσης, στις πιπεριές υπάρχει η καψαϊκίνη, ουσία που καθιστά τις πιπεριές καυτερές, ενώ βρίσκεται και στον ανθρώπινο οργανισμό στις περιοχές του πόνου. Για αυτό, η πιπεριά είναι σε θέση να συμβάλλει στην θεραπεία διάφορων ασθενειών. Ακόμη, διάφοροι τύποι πιπεριάς αποτελούν φυσικό αναλγητικό, καθώς συμβάλλει ως τοπική αλοιφή για να μετριαστεί ο πόνος στους μύες που συνδέεται με την αρθρίτιδα, ο πόνος στην πλάτη και στις εξαρθρώσεις. Ευρύτατα, χρησιμοποιούνται διάφορα «θερμαντικά» έμπλαστρα καψαϊκίνης. Παράλληλα, η καψαϊκίνη εμφανίζεται σε διάφορες κλινικές έρευνες θεραπείας του καρκίνου του προστάτη και του παχύ εντέρου με τα αποτελέσματα να είναι θετικά, όμως δεν έχουν καταλήξει στην παρασκευή κάποιου αντικαρκινικού φαρμάκου. Επιπλέον, μελέτες στο χώρο υγείας καταστάλαξαν στο ότι κυρίως οι καυτερές πιπεριές ρυθμίζουν την αρτηριακή πίεση, την χοληστερίνη, την αποφυγή της αρτηριοσκλήρυνσης και σταματούν την αιμορραγία. Γενικά, βελτιώνεται η κυκλοφορία του αίματος στο σώμα. Ενώ, η πιπεριά σε μεγάλη περιεκτικότητα βιταμίνης A και C αναζωογονεί τον οργανισμό, αντιμετωπίζει την πείνα και ενισχύει το ανοσοποιητικό σύστημα. Επιπρόσθετα, βοηθά στην πιο εύκολη πέψη, συμβάλλει στην ισορροπία του μεταβολισμού, στην απώλεια βάρους αλλά και στη δημιουργία αισθήματος κορεσμού. Βοηθά στην καλή λειτουργία του γαστρεντερικού συστήματος, καθώς η πιπεριά περιέχει πολλές ωφέλιμες αντιοξειδωτικές και αντιβακτηριδιακές ιδιότητες. Είναι σημαντική πηγή σιδήρου, μαγνησίου, μαγανίου αλλά και άλλων στοιχείων όπου είναι καθημερινώς απαραίτητα. Ανακουφίζει το αναπνευστικό σύστημα καθώς μειώνει την έκκριση της βλέννας (αντιμετώπιση κρυολογήματος), καταπολεμά το άσθμα, την βρογχίτιδα και

τον καταρράκτη των ματιών. Παράλληλα ως λαχανικό κρατά το δέρμα υγιές και ενισχύει την δημιουργία νέων μυών και γενικά αποτελεί διεγερτικό για όλο το σώμα. Τέλος, λειτουργεί και ως αντικαταθλιπτικό. Σαν συμπέρασμα, θα μπορούσαμε να πούμε ότι η πιπεριά ανεξαρτήτως ποικιλίας και είδους είναι ένας πραγματικός θησαυρός χρήσιμων υγιεινών συστατικών και οι θεραπευτικές της ιδιότητες δεν αμφισβητήθηκαν ποτέ από τον ιατρικό κλάδο.

### 1.7 ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΞΙΑ ΤΗΣ ΠΙΠΕΡΙΑΣ

Η μέση σύσταση του καρπού της πιπεριάς είναι :

- Νερό: 94%
- Πρωτεΐνες: 1%
- Υδατάνθρακες: 4-4,5%
- Λίπη: 0,2% (Μπαζαΐος Κ., 1981)

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1:** Μέση σύσταση 100g νωπών πράσινων καρπών γλυκιάς πιπεριάς ( Πηγή: Θανόπουλος, 2008)

Θρεπτική αξία	Περιεκτικότητα	Άλατα	Περιεκτικότητα
Νερό	93,9%	Ασβέστιο (Ca)	10 mg
Υδατάνθρακες	4,6 g (2%)	Σίδηρος (Fe)	0,3 mg
Πρωτεΐνες	0,9 g (2%)	Μαγνήσιο (Mg)	10 mg
Φυτικά έλαια	0,2 g (0%)	Φώσφορος (P)	20 mg
<b>Βιταμίνες</b>	<b>Περιεκτικότητα</b>	Κάλιο (K)	175 mg
Βιταμίνη Α	370 IU	Νάτριο (Na)	3,0 mg
Βιταμίνη C	80,4 mg	Ψευδάργυρος (Zn)	0,1 mg
Βιταμίνη E	0,4 mg	Χαλκός (Cu)	0,1 mg
Βιταμίνη B6	0,2 mg	Μαγγάνιο (Mn)	0,1 mg

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2:** Μέση σύσταση 100g νωπών ώριμων κόκκινων καρπών γλυκιάς πιπεριάς (Πηγή: Θανόπουλος, 2008)

Θρεπτική αξία	Περιεκτικότητα	Άλατα	Περιεκτικότητα
Νερό	92,2%	Ασβέστιο (Ca)	7,0 mg
Υδατάνθρακες	6 g (2%)	Σίδηρος (Fe)	0,4 mg
Πρωτεΐνες	1,0 g (2%)	Μαγνήσιο (Mg)	12,0 mg

Φυτικά έλαια	0,3 g (0%)	Φώσφορος (P)	26 mg
<b>Βιταμίνες</b>	<b>Περιεκτικότητα</b>	Κάλιο (K)	211 mg
Βιταμίνες A	3311 UI	Νάτριο (Na)	2,0 mg
Βιταμίνες C	190 mg	Ψευδάργυρος (Zn)	0,3 mg
Βιταμίνη E	1,5 mg	Χαλκός (Cu)	0,0 mg
Βιταμίνη B6	0,3mg	Μαγγάνιο (Mn)	0,1 mg

## 2. ΕΔΑΦΟΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΠΙΠΕΡΙΑΣ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

### 2.1 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΕ ΚΛΙΜΑ

Η καλλιέργεια της πιπεριάς μπορεί να αναπτυχθεί και να είναι αποδοτική μόνο σε περιβάλλον όπου υπάρχει ήπιο κλίμα, καθώς το φυτό είναι αρκετά ευαίσθητο στους παγετούς και το ψύχος, συγκεκριμένα σε θερμοκρασίες κάτω από 12 °C περίπου. Για να υπάρξει σημαντική και ικανοποιητική εκμετάλλευση του παραγωγικού δυναμικού του φυτού θα πρέπει η βλαστική περίοδος να είναι μακρά και με ευνοϊκές θερμοκρασίες, διότι τα φυτά των πρώιμων ποικιλιών ξεκινούν να συγκομίζονται περίπου 3-4 μήνες μετά τη σπορά και των όψιμων μετά από τα 4-5 μήνες αντίστοιχα, ενώ για αρκετές εβδομάδες συνεχίζεται η περίοδος των διαδοχικών συγκομιδών, με την προϋπόθεση ότι οι συνθήκες του περιβάλλοντος συμβάλλουν στην ανάπτυξη και την ωρίμανση του φυτού. (Βλάχου, 2013)

#### 2.1.1 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΕΡΟΣ

Οι ιδανικότερες μέσες θερμοκρασίες για την άριστη αύξηση και ανάπτυξη της πιπεριάς κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι 20-25 °C, ενώ τη νύχτα 16-20 °C. Σε περίπτωση όπου η θερμοκρασία νύχτας υπερβαίνει τους 20 °C η καρπόδεση δεν είναι ικανοποιητική. Τα άνθη δεν είναι σε θέση να γονιμοποιήσουν σε θερμοκρασίες κάτω από 15-16 °C και πάνω από 30-32 °C, λόγω έλλειψης γόνιμης γύρης, για αυτό παρατηρείται πτώση του άνθους, ή οι καρποί απορρίπτονται εξαιτίας της θερμικής κατάποσης του φυτού.

Για επικονίαση ιδανικές θερμοκρασίες θεωρούνται 20-25 °C. Παρατηρήθηκε ότι τα είδη ή οι ποικιλίες που σχηματίζουν καυτερούς καρπούς είναι πιο ανθεκτικές στις υψηλές θερμοκρασίες και ορισμένες ευνοούνται από αυτές. Παράλληλα, οι μεγαλόκαρπες ποικιλίες είναι πιο ευαίσθητες στις ακραίες θερμοκρασίες, για αυτό και αναπτύσσονται παραμορφωμένοι καρποί εξαιτίας της ελλιπούς γονιμοποίησης.

Σε χαμηλές θερμοκρασίες, παρατηρείται στους παραγόμενους καρπούς ότι υποβαθμίζεται η γεύση και το χρώμα τους. Σύμφωνα με έρευνες και τα πειραματικά τους δεδομένα, η σύνθεση των ερυθρών χρωστικών υλοποιείται σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 18-24 °C. Ενώ, σε θερμοκρασίες περίπου κάτω από 12 °C σταματούν τη σύνθεση των χρωστικών ουσιών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι καρποί που ωριμάζουν αργά το Φθινόπωρο (Οκτώβριο στην Β. Ελλάδα) να έχουν φτωχό χρώμα. Επίσης, δεν είναι αναγκαίο το φως για την σύνθεση των ερυθρών χρωστικών.

Ακόμα, για να βλαστήσει ο σπόρος η άριστη θερμοκρασία του είναι 25-30 °C και η κατώτατη 15 °C.

#### 2.1.2 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ

Η θερμοκρασία του εδάφους κατά τη φύτευση πρέπει να κυμαίνεται από 22-24 °C, ώστε να υπάρχουν καλύτερες συνθήκες ανάπτυξης της βλάστησης. Επιπλέον, επειδή τα φυτά είναι ευαίσθητα στο ψύχος όταν η θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή πρέπει να ανυψώνεται η θερμοκρασία στο έδαφος και ο πιο εύκολος τρόπος επιτυγχάνεται όταν υπάρχει στο θερμοκήπιο δίκτυο υπόγειας θέρμανσης. Ωστόσο, αν δεν υπάρχει υπόγεια θέρμανση εναλλακτικός τρόπος είναι η εδαφοκάλυψη των γραμμών φύτευσης με διαφανές πλαστικό όπου εξασφαλίζονται:

1. Καλύτερος έλεγχος ζιζανίων
2. Αύξηση θερμοκρασίας του εδάφους κάτω από το πλαστικό, έτσι αναπτύσσεται καλύτερα το ριζικό σύστημα όπου και συμβάλλει στην πρωίμηση της παραγωγής
3. Διατήρηση της υγρασίας στο έδαφος περισσότερο
4. Οι καρποί διατηρούνται καθαροί και δεν έρχονται σε άμεση επαφή με το έδαφος
5. Ευκολότερη η συγκομιδή των καρπών

Τέλος, άλλος ένας τρόπος ανύψωσης της θερμοκρασίας γίνεται με τη δημιουργία χαμηλών σαμαριών, ώστε η ηλιακή ακτινοβολία να ανεβάσει θερμοκρασία κατά την διάρκεια της ημέρας. Σε μικρό βάθος γίνεται στο σαμάρι η μεταφύτευση των φυτών, για να βρίσκονται οι ρίζες προς την επιφάνεια του εδάφους, όπου οι θερμοκρασίες είναι πιο υψηλές αλλά και ο αερισμός, ενώ έτσι η περιεκτικότητα του νερού βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα. (Λειμονή, 2004)

#### 2.1.3 ΥΓΡΑΣΙΑ

Για την ιδανική ανάπτυξη του φυτού απαιτείται υγρασία περίπου 70-75%, όση δηλαδή πρέπει να υπάρχει και στο σπορείο. Επίσης, η σχετική υγρασία θα ήταν καλό να μη πέφτει κάτω από το επίπεδο του 65%, καθώς το πολύ σκληρό περιβάλλον οδηγεί στην αποβολή των άνθεων και στην υποβάθμιση της ποιότητας του καρπού. Ενώ, πάνω από 80% υπάρχει σοβαρός κίνδυνος προσβολής από βοτρυτή.

#### 2.1.4 ΦΩΤΟΠΕΡΙΟΔΟΣ

Η πιπεριά είναι ουδέτερη στο φωτοπεριοδισμό για την εμφάνιση άνθεων και αυτό σημαίνει ότι ουσιαστικά ευνοείται από μεγάλες ημέρες.

### 2.1.5 ANEMΟΣ

Οι άνεμοι μπορούν να προκαλέσουν ζημιές στους βλαστούς, καθώς είναι αρκετά εύθραυστοι και ευαίσθητοι και για αυτό πρέπει να υπάρξει μέριμνα προστασίας με διάφορες τεχνικές κυρίως στις υπαίθριες καλλιέργειες.

### 2.2 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ

Λόγω της μεγάλης ποικιλίας αυτού του είδους, υπάρχει μια μεγάλη προσαρμοστικότητα στις εδαφοκλιματικές συνθήκες για να καλλιεργηθεί σε όλη την Ελλάδα. Για αυτό, η πιπεριά είναι σε θέση να καλλιεργηθεί σε πλείστα εδάφη, ωστόσο αποδίδει καλύτερα σε σχετικά αμμοπηλώδη εδάφη, μέσης σύστασης, ελαφριά, βαθιά και αποστραγγιζόμενα. Επίσης, οι καλύτερες αποδόσεις δίνονται από εδάφη μέσης υφής, με καλή δομή και με καλά φυσικά χαρακτηριστικά, για να αποφεύγονται τα νεροκρατήματα. Ακόμα, απαιτείται να είναι δροσερά και πλούσια σε οργανική ουσία, ώστε εύκολα να νιτροποιείται και να περιέχουν διαλυτά άλατα. Η ποσότητα σε άλας πρέπει να είναι μικρή, καθώς οι υψηλές συγκεντρώσεις προκαλούν αύξηση της οσμωτικής πίεσης που έχει ως συνέπεια το φυτό να δυσκολεύεται να απορρόφησει το εδαφικό διάλυμα.

Στα πολύ ελαφρά εδάφη η καλλιέργεια αναπτύσσεται με δυσκολία, λόγω του ότι η υγρασία συγκρατείται δύσκολα και έτσι δίνεται χαμηλή παραγωγή και υποβαθμισμένη ποιότητα. Τα φυτά μαραίνονται γρήγορα και έτσι επικρατεί ανθόρροια και καρπόπτωση. Ενώ, σχηματίζεται πρόωρη ξυλοποίηση των ιστών και έτσι περιορίζεται η απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων. Ωστόσο, σε περίπτωση διαθεσιμότητας νερού η καλλιέργεια μπορεί να αναπτυχθεί, διότι αυτά τα εδάφη παρουσιάζουν λιγότερα φυτοπαθολογικά προβλήματα και έτσι ανταποκρίνονται καλύτερα στη χορήγηση των θρεπτικών ουσιών.

Παράλληλα, στα αργιλώδη εδάφη οι μεγάλες ποσότητες νερού κάνουν την καλλιέργεια ευαίσθητη σε μυκητολογικές προσβολές που αφορούν το ριζικό σύστημα και τον λαιμό, ενώ μπορεί να προκληθεί ασφυξία στο ριζικό σύστημα που ίσως να οδηγήσουν σε θάνατο των φυτών. Επιπλέον, μπορεί να εμφανιστεί ανισορροπία μεταξύ ριζικού συστήματος και του υπέργειου τμήματος του φυτού, ενώ γίνεται εντονότερη σε καλλιέργειες με κάλυψη. Γενικά, σε αυτά τα εδάφη η απόδοση είναι μειωμένη, καθώς δύσκολα ρυθμίζεται η ποσότητα του χορηγούμενου νερού και έτσι οι ρίζες μπορεί να υποστούν ασφυξία. Όμως, έχει παρατηρηθεί ότι η βιομηχανική πιπεριά αποκτά καλύτερο χρώμα σε κάπως βαρύτερα εδάφη.



Το ιδανικότερο pH εδάφους για καλλιέργεια της πιπεριάς είναι 5,5-6,5. Ωστόσο, έχει την ικανότητα να καλλιεργηθεί και σε ουδέτερα αλλά και σε ελαφρώς αλκαλικά εδάφη.

Ωστόσο στα αλκαλικά εδάφη και κυρίως σε αυτά που περιέχουν ένα ποσοστό ενεργού ασβεστίου  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  διτανθρακικό ασβέστιο πάνω από 10,6%, δυσχεραίνεται η βλαστική ανάπτυξη του φυτού και εμφανίζονται χλωρωτικά φαινόμενα, τα οποία οφείλονται στην ακινητοποίηση του σιδήρου λόγω ύπαρξης του ασβεστίου στο έδαφος. Επίσης, η υψηλή αλκαλικότητα, οδηγεί στην ακινητοποίηση όλων των ιχνοστοιχείων, παράλληλα η υπερβολική ποσότητα ασβεστίου στο έδαφος αυξάνει την αλατότητα ύστερα από ένα χρονικό διάστημα. Επιπλέον, η αλατότητα αυξάνεται αν την περιέχει το νερό άρδευσης σε ποσοστό 2,5-3%. Μέσω της ηλεκτρικής αγωγιμότητας μετριέται η αλατότητα και εκφράζει τη δράση του διαλύματος σε σχέση με τις ρίζες του φυτού. Αν και μεταβάλλεται η θερμοκρασία, συνηθίζεται να αναφέρεται στους 25 °C. Τέλος, η πιπεριά είναι από τα πιο ευαίσθητα φυτά στην αλατότητα και εκτός των ορίων της, η ανάπτυξη σταματά. Η αλατότητα παρατηρείται στους καρπούς, όπου πάνω υπάρχουν καστανές κηλίδες και η σάρκα χάνει την συνεκτικότητά της.

### 2.3 ΑΡΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Η πιπεριά είναι πολύ ευπαθές φυτό στο ξηρό αλλά και στο πολύ υγρό έδαφος. Αυτό σημαίνει ότι το πότισμα θα πρέπει να γίνεται συχνά και με μικρές ποσότητες κατά την πρώτη περίοδο της μεταφύτευσης, ενώ αργότερα εφαρμόζονται μεγαλύτερες ποσότητες λόγω αύξησης της φυτομάζας. Η κατανάλωση του νερού είναι μικρότερη σε θερμοκήπια όπου δεν θερμαίνονται ή έχουν απλή αντιπαγετική προστασία σε σχέση με θερμοκήπια όπου είναι θερμαινόμενα. Η ποιότητα του νερού συμβάλλει δραστικά στην επιτυχία της καλλιέργειας. Παρατηρείται ότι όταν η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού άρδευσης είναι 1,5 2,2 και 3,4 mmhos/cm τότε η παραγωγή μειώνεται αντίστοιχα 10% 25% και 50%. Ακόμα, για τον ψεκάσμο απαιτείται νερό καλής ποιότητας, καθώς οι μεγάλες ποσότητες ιόντων και χλωρίου προκαλούν εγκαύματα στα φύλλα.

Κύριο σύστημα άρδευσης που χρησιμοποιούν οι παραγωγοί είναι με στάγδην άρδευση, ενώ όχι τόσο συχνά χρησιμοποιείται το σύστημα μπεκ τεχνητής βροχής. (Κολακλίδου, 2010)

## 2.4 ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΦΥΤΕΥΣΗΣ

Υπάρχουν αρκετές επιλογές για τις αποστάσεις φύτευσης που πρέπει να εφαρμόζονται στην πιπεριά. Οι αποστάσεις βέβαια εξαρτώνται από :

1. Την ζωηρότητα της ποικιλίας
2. Τις συνθήκες καλλιέργειας (θερμοκρασία, τύπος και γονιμότητα του εδάφους, εποχή)
3. Τη μέθοδο φύτευσης, δηλαδή αν τα φυτά αναπτυχθούν ελεύθερα ή υποστυλωθούν

Συνήθως, γίνεται με 2 τρόπους η φύτευση:

- I. Φύτευση σε μονές γραμμές
  - Απόσταση μεταξύ των γραμμών 80-100εκ.
  - Απόσταση φυτών επί γραμμής 30-50εκ.
- II. Φύτευση σε διπλές γραμμές:
  - Απόσταση διαδρόμων 90-100εκ.
  - Απόσταση μεταξύ διπλών γραμμών 40-50εκ.
  - Απόσταση φύτευσης επί της γραμμής 30-50εκ.

### 3. ΛΙΠΑΝΣΗ – ΘΡΕΨΗ ΠΙΠΕΡΙΑΣ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

- **ΒΑΣΙΚΗ ΛΙΠΑΝΣΗ**

Τα νεαρά φυτά αμέσως μετά τη φύτευσή τους στο θερμοκήπιο, θα πρέπει να βρουν ένα ωφέλιμο περιβάλλον, για να μπορέσουν να προσαρμοστούν όσο το δυνατόν γρήγορα στο έδαφος. Για να υπάρξει το κατάλληλο θρεπτικό καθεστώς που έχει ανάγκη η πιπεριά, η βασική λίπανση θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να το δημιουργήσει. Συγκεκριμένα, θα πρέπει να επιδιώκονται τα παρακάτω:

Η αντίδραση του εδάφους να είναι περίπου στο pH 5,5-6,5 και αν είναι δυνατόν λίγο πιο ψηλά. Επίσης, πρέπει να υπάρχουν ικανοποιητικά ποσά φωσφόρου ώστε να καλυφθούν όλες οι καλλιεργητικές ανάγκες για ολόκληρη την καλλιεργητική περίοδο. Ακόμη, πρέπει το έδαφος να περιέχει σημαντική περιεκτικότητα σε NO<sub>3</sub>, ώστε να συμβάλλει από την αρχή στην καλή βλαστική ανάπτυξη του φυτού. Ενώ, το υπόλοιπο άζωτο προστίθεται επιφανειακά με το νερό του ποτίσματος. Όσο αφορά το κάλιο, ένα μέρος του δίδεται από την αρχή για να ικανοποιήσει τις πρώτες ανάγκες της καλλιέργειας. Ωστόσο, τα υψηλά ποσά καλίου αυξάνουν την συγκέντρωση των αλάτων και εμποδίζουν την ανάπτυξη των ριζών.

Επιπλέον, καλό θα ήταν να υπάρξει η ανάλυση του εδάφους ώστε να ικανοποιηθούν οι ανάγκες της πιπεριάς. Παρόλα αυτά, αν δεν υπάρξει η ανάλυση, συνίσταται η προσθήκη χωνεμένη κοπριάς 3-4 τόνοι/στρέμμα, τριπλό υπερφωσφορικό (0-48-0) 70Kgr/στρέμμα και θειικό κάλιο (0-0-48) 50 Kgr/στρέμμα. Η τοποθέτηση και η ενσωμάτωση της κοπριάς γίνεται πριν την απολύμανση του εδάφους, ενώ των χημικών λιπασμάτων μετά την απολύμανση. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ότι οι καλλιεργητές δεν εφαρμόζουν γενικά τα χημικά λιπάσματα κατά την προετοιμασία του εδάφους, παράλληλα αρκούνται στις επιφανειακές λιπάνσεις (υδρολίπανση) κατά την διάρκεια ανάπτυξης και καρποφορία των φυτών.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3:**

<u>Πιπεριά θερμοκηπίου</u>				
Για την παραγωγή περίπου 8-10 τόνων πιπεριάς ανά στρέμμα οι μονάδες που απαιτούνται (κιλά/στρέμμα) είναι:				
Στοιχεία	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg
Kgr/στρέμμα	50-60	15-30	70-85	6-10

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4:**

<u>Πιπεριά θερμοκηπίου</u>	
Ενδεικτικές προτάσεις για βασική λίπανση που αρμόζουν κατάλληλα για την καλλιέργεια της πιπεριάς (Kgr/στρέμμα)	
12-8-18 (S) + Mg + Ιχν	60-120
15-9-15 (S) + Mg + Ιχν	60-120
15-15-15 (S) + Mg+ Ιχν	60-120

- ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΛΙΠΑΝΣΗ**

Συνίσταται με κάθε πότισμα να εφαρμόζεται και υγρή λίπανση. Όμως, στην περίπτωση όπου η βασική λίπανση είναι πλούσια, τότε τα πρώτα λιπάσματα γίνονται με καθαρό νερό και η χορήγηση των λιπασμάτων ξεκινάει λίγο αργότερα. Επίσης, κατά κανόνα το άζωτο και το κάλλιο δίνονται με την επιφανειακή λίπανση, ενώ ο φώσφορος ενσωματώνεται στο έδαφος με την βασική λίπανση. Η σχέση μεταξύ του αζώτου και του καλίου συνίσταται να είναι 1:2 αναλογικά, δηλαδή περισσότερο κάλιο. Ακόμη, η ποσότητα αυτών των στοιχείων δίνεται μετά από την ανάμειξη 160gr νιτρικού καλίου και 50gr νιτρικής αμμωνίας σε 1lt νερό για την παρασκευή του βασικού διαλύματος. Αυτό το βασικό διάλυμα αραιώνεται 200 φορές (1:200) με νερό ποτίσματος, πριν φθάσει στα φυτά. Παράλληλα, σε περίπτωση όπου παρατηρηθεί περιορισμένη βλάστηση, για να υπάρξει ανάκαμψη αυτής θα πρέπει υπάρξει αύξηση του αζώτου και έτσι η σχέση αζώτου και καλίου γίνεται 1:1 με την ανάμειξη 120gr

νιτρικού καλίου και 110gr νιτρικής αμμωνίας σε 1lt νερό για να παρασκευαστεί το βασικό διάλυμα, το οποίο αραιώνεται και πάλι 200 φορές (1:200) με νερό ποτίσματος, πριν φτάσει στα φυτά. Η συγκεκριμένη αναλογία χρησιμοποιείται αρχικά αμέσως μετά την μεταφύτευση, για να υπάρξει η πρώτη βλαστική ανάπτυξη των φυτών. Ενώ, ύστερα δίνεται η πρώτη αναλογία, ώστε να βοηθηθεί η καρποφορία.

#### ΠΙΝΑΚΑΣ 5:

<u>Πιπεριά θερμοκηπίου</u> Ενδεικτικές προτάσεις υδρολίπανσης που αρμόζουν κατάλληλα στην καλλιέργεια της πιπεριάς (Kgr/στρέμμα)	
<p><b>Μεταφύτευση – Εγκατάσταση</b> Αρχικά, χρησιμοποιούνται λιπάσματα με υψηλό φώσφορο, ώστε να βοηθηθεί η εγκατάσταση και να προωθηθεί η δημιουργία ικανοποιητικού στελέχους και εκτεταμένου ριζικού συστήματος.</p>	<p>13-40-13 + Iχv 20-20-20 + Iχv 16-30-0 + Iχv</p>
<p><b>Εγκατάσταση – Ανθοφορία</b> Με ισορροπημένους τύπους λιπασμάτων (1:1:1 ή 2:1:2) κρατιέται ψηλά η διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες του υψηλού ρυθμού ανάπτυξης. Στόχος αποτελεί η ισορροπία μεταξύ βλαστικής και αναπαραγωγικής φάσης. Συμπληρωματικά, και εάν χρειάζεται, μπορεί να ενισχυθεί η ανθοφορία με κάποιο υδατοδιαλυτό με υψηλή περιεκτικότητα σε φώσφορο. Ενώ, σε περίπτωση όπου υπάρχει η ανάγκη ενίσχυσης της βλαστικής ανάπτυξης μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάποιο λίπασμα πλούσιο σε άζωτο (π.χ. 20-5-10)</p>	<p>20-20-20 + Iχv 15-15-15 + Iχv 15-10-15 + Iχv</p>

<p><b>Ανθοφορία έως ανάπτυξη καρπών</b></p> <p>Σταδιακά αυξάνεται η χορήγηση του καλίου έναντι του αζώτου ώστε να εξασφαλίζονται βαθμιαία οι αυξανόμενες ανάγκες της καλλιέργειας. Επίσης, υπάρχουν μεγαλύτερες απαιτήσεις σε ασβέστιο. Ενώ, στο συγκεκριμένο στάδιο θα πρέπει να έχει εξασφαλιστεί επαρκώς οι απαιτήσεις σε μαγνήσιο και σε άλλα ιχνοστοιχεία.</p>	<p>15-5-30 + Ιχv 10-15-20 + Ιχv</p>
<p><b>Έναρξη συγκομιδής έως 20 ημέρες πριν το τέλος της καλλιέργειας</b></p> <p>Συνεχίζεται η παροχή λιπασμάτων με την αναλογία N/K (1:1 ή 2:1:2), αλλά σταδιακά, και μετά αυξάνεται η παροχή καλίου προσέχοντας ωστόσο και την επάρκεια του ασβεστίου σε άζωτο, κάνοντας διορθωτικές κινήσεις εάν χρειαστούν.</p>	<p>7-12-40 + Ιχv 12-0-30 + Ιχv 10-15-20 + Ιχv</p>

Διαδικτυακή πηγή: <https://plantpro.gr/kaliergies/f1052400/663>

## 4. ANΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ

### 4.1 ANΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

Τα αντιοξειδωτικά είναι ουσίες που βοηθούν στην εμπόδιση ή την επιβράδυνση της οξείδωσης των τροφίμων, η οποία προκαλείται από το ατμοσφαιρικό οξυγόνο. Τα αντιοξειδωτικά συστατικά της διατροφής παίζουν σημαντικό ρόλο στην πρόληψη της κυτταρικής καταστροφής εντός του οργανισμού. Η κυτταρική καταστροφή ευθύνεται για το γήρας και για πολλές εκφυλιστικές ασθένειες, ενώ εμφανίζεται μέσω της δράσης των ελεύθερων ριζών. Οι ελεύθερες ρίζες αποτελούν δραστικά μόρια και κάτω από φυσιολογικές συνθήκες είναι φυσικό δημιούργημα του μεταβολισμού. Όταν ο οργανισμός εκτίθεται σε ανθυγιεινές περιβαλλοντικές συνθήκες, εμφανίζεται υπερπαραγωγή ελεύθερων ριζών, με συνέπεια να υπάρξει γήρανση, διάφορες παθοφυσιολογικές ασθένειες αλλά και οξειδωτικό στρες στον ανθρώπινο οργανισμό. Άρα, καταλήγουμε στο ότι η κυτταρική καταστροφή και η υπερλειτουργία των κυττάρων οφείλονται στις οξειδώσεις που προκαλούν οι ελεύθερες ρίζες. Τώρα, όσον αφορά τα αντιοξειδωτικά συστατικά της διατροφής είναι η βιταμίνη C, βιταμίνη E, το β-καροτένιο, το λυκοπένιο, σελήνιο καθώς και διάφορες φυτοχημικές ουσίες όπως οι πολυφαινόλες. Έχουν τη σημαντική ικανότητα να δεσμεύουν και να απομακρύνουν τις ελεύθερες ρίζες από τον ανθρώπινο οργανισμό και άρα να μειώνουν την καταστροφή των κυτταρικών οργανιδίων, πχ το DNA και τα λιπίδια. Για αυτό, βλέπουμε ότι τα αντιοξειδωτικά αποτελούν ένα από τους βασικότερους προστατευτικούς οργανισμούς για τον άνθρωπο. Επίσης, τα περισσότερα αντιοξειδωτικά είναι αρωματικές ενώσεις που εμφανίζουν μια τουλάχιστον ελεύθερη υδροξυλική ή αμινική ομάδα, ενώ στα τρόφιμα οι πιο σημαντικές ενώσεις ανήκουν στις πολυκυκλικές φαινόλες με μια ή περισσότερες υδροξυλομάδες. Επιπλέον, τα αντιοξειδωτικά εφαρμόζονται σε συνδυασμό με τους λεγόμενους συνεργούς σταθεροποιητές και συμπλοκοποιητές. Καθώς, αυτά τα μείγματα συμβάλλουν στην βελτίωση της αντιοξειδωτικής δράσης, στην διεύρυνση της εφαρμογής των αντιοξειδωτικών σε περισσότερα είδη τροφίμων αλλά και στη ευκολότερη χρησιμοποίησή τους. Για αυτό και καταλήγουμε στο ότι ο μηχανισμός των αντιοξειδωτικών συνεισφέρει στην ενίσχυση της αντιοξειδωτικής άμυνας του κυττάρου και στην δυνατότητα τους να δεσμεύουν τις ελεύθερες ρίζες καθιστώντας

τις μη ενεργές. (Φουρτουνόπουλος, 2004) Παράλληλα, τα αντιοξειδωτικά παρατηρούμε ότι χρησιμοποιούνται ως:

- Συμπλήρωμα διατροφής για την προώθηση της καλής υγείας και την πρόληψη των ασθενειών.
- Συντηρητικά στα τρόφιμα ώστε να επεκταθεί η ζωή των τροφίμων.
- Τρόπος αποφυγής την δυσάρεστης μυρωδιάς και γεύσης αν υπάρξει ο συνδυασμός των αντιοξειδωτικών στα τρόφιμα.

Τέλος, μπορούμε να διακρίνουμε ότι τα αντιοξειδωτικά έχουν ζωτική σημασία για τον ανθρώπινο οργανισμό, καθώς οι βιταμίνες όπου καταναλώνονται καθημερινά και συμβάλλουν στην υγιεινή του οργανισμού μας ταξινομούνται ως αντιοξειδωτικά. (Atta et al., 2017)

#### 4.2 ANΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ

1. Τα αντιοξειδωτικά διαχωρίζονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες, στα φυσικά και τα συνθετικά. Αυτές οι κατηγορίες συμβάλλουν στην διατήρηση της ομοιόστασης της οξειδωτικής ισορροπίας, επικρατεί η εντύπωση ότι προφυλάσσουν τους ανθρώπους από την γήρανση και τις ασθένειες.
2. Επίσης, άλλη μια υποκατηγορία που στηρίζεται στην διαλυτότητα αποτελείται από λιποδιαλυτά και υδατοδιαλυτά αντιοξειδωτικά.
3. Τέλος, υπάρχουν και αντιοξειδωτικά που βασίζονται στους μηχανισμούς δράσης και είναι τα πρωτογενή αντιοξειδωτικά (ριζικοί καθαριστές), δευτερεύοντα αντιοξειδωτικά (αποσυνθέτες υπεροξειδίου) και οι απενεργοποιητές μετάλλων. (Mbah et al., 2019)

Τα συνθετικά αντιοξειδωτικά σχηματίζονται τεχνητά μέσω διάφορων τεχνικών. Είναι κυρίως πολυφαινολικές ενώσεις, οι οποίες έχουν ως ρόλο την σύλληψη των ελεύθερων ριζών και την εμπόδιση των αλυσιδωτών αντιδράσεων. Τα πολυφαινολικά παράγωγα σχεδόν πάντα περιέχουν πάνω από μια υδροξυλ- ή μεθοξυ- ομάδες. Εξαιρέση αποτελεί η αιθοξυκινίνη, καθώς είναι η μόνη ετεροκυκλική ένωση που έχει άζωτο και χρησιμοποιείται ως αντιοξειδωτικό στα τρόφιμα και συγκεκριμένα στις ζωοτροφές. Επίσης, στα συνθετικά φαινολικά αντιοξειδωτικά που προαναφέρθηκαν οι προσθετικές ομάδες των φαινολικών δακτυλίων διατάσσονται σε διάταξη p (para), ενώ στα φυσικά φαινολικά αντιοξειδωτικά η διάταξη των ομάδων είναι ο (ortho).

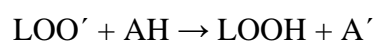
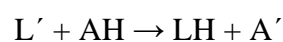


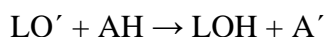
Ακόμα, τα συνθετικά φαινολικά αντιοξειδωτικά αντικαθίστανται πάντα από αλκυλομάδες ώστε να αναπτύξουν την διαλυτότητα στα λίπη και έλαια αλλά και να μειώσουν την τοξικότητά τους. Τέλος, οι συγκεκριμένες αντιοξειδωτικές ενώσεις χρησιμοποιούνται σε φαρμακευτικά προϊόντα, ως συντηρητικά στα καλλυντικά και για να σταθεροποιηθούν λίπη, έλαια και λιπίδια στα τρόφιμα. (Mamta et al., 2014)

Τα φυσικά αντιοξειδωτικά αποτελούν ενώσεις που βρίσκονται σε τρόφιμα με λίγη επεξεργασία, όπως φρούτα, λαχανικά, ξηροί καρποί, σπόροι κτλ. Είναι ενώσεις που αντιδρούν με τις ρίζες των λιπιδίων με σκοπό να τις μετατρέψουν σε πιο σταθερά προϊόντα. Επίσης, τα φυσικά αντιοξειδωτικά μπορούν να εξαχθούν από φυτά, μικροοργανισμούς και ζωικούς ιστούς. Ενώ, μπορούν να παρουσιάσουν μειονεκτήματα όπως χαμηλή αντιοξειδωτική απόδοση, ανεπιθύμητη γεύση ή οσμή αλλά και πιθανή απώλεια κατά την επεξεργασία. Για αυτό και περιστασιακά απαιτούν να αντικατασταθούν από συνθετικά χημικά, τα οποία έχουν σταθερή ποιότητα, είναι φθηνότερα, με καλύτερη αντιοξειδωτική δράση και εύκολα διαθέσιμα. Άλλες πηγές αυτών των αντιοξειδωτικών στα φυτά είναι τα δημητριακά, τα όσπρια κ.α., παράλληλα οι ζωικές πηγές περιλαμβάνουν γάλα, λιπίδια ψαριών, αυγά κ.α. Ακόμη, τα φυσικά αντιοξειδωτικά είτε συντίθενται στον οργανισμό μέσα από την μεταβολική διαδικασία, είτε συμπληρώνονται από άλλες φυσικές πηγές. Παράλληλα η δράση τους εξαρτάται από τις φυσικές και χημικές τους ιδιότητες και το μηχανισμό δράσης. Και έτσι αυτό χωρίζεται περαιτέρω σε δυο κατηγορίες, τα ενζυμικά και μη ενζυμικά αντιοξειδωτικά. (Mbah et al., 2019 & Manta et al., 2014)

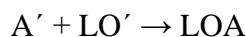
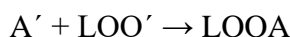
Τα ενζυμικά αντιοξειδωτικά είναι σε θέση να παραχθούν μοναδικά στον οργανισμό μας και να υποδιαιρεθούν σε πρωτογενή και δευτερογενή αντιοξειδωτικά.

- Πρωτογενή Αντιοξειδωτικά: Τα πρωτογενή αντιοξειδωτικά (AH) επηρεάζουν την πορεία της οξείδωσης αντιδρώντας με τις ελεύθερες ρίζες που παράγονται. Συγκεκριμένα, όταν βρίσκονται ίχνη, είναι σε θέση να σταματήσουν ή να καθυστερήσουν το στάδιο έναρξης της οξείδωσης αντιδρώντας με μια ρίζα, είτε να αναστείλουν το στάδιο της διάδοσης αντιδρώντας με υπεροξειδικές ( $\text{LOO}^\cdot$ ) ή αλκαλικές ρίζες ( $\text{LO}^\cdot$ ), δίνοντας ένα άτομο υδρογόνου, όπως φαίνεται και στις παρακάτω αντιδράσεις:





Η ελεύθερη ρίζα του αντιοξειδωτικού (A') που σχηματίζεται μπορεί να επηρεάσει περισσότερο τις αλυσιδωτές αντιδράσεις που εξελίσσονται στο στάδιο της διάδοσης, αντιδρώντας με υπεροξειδικές και αλκαλικές ρίζες και να παράγουν ενώσεις με το αντιοξειδωτικό. Οι αντιδράσεις που γίνονται με την ρίζα του αντιοξειδωτικού είναι :



Επίσης, η κύρια ομάδα ουσιών που ανήκουν στις πρωτογενής αντιοξειδωτικά ουσίες είναι οι φαινολικές ενώσεις, παράλληλα συμπεριλαμβάνονται στα φυσικά αλλά και στα συνθετικά αντιοξειδωτικά. Ακόμη, άλλα παραδείγματα πρωτογενών αντιοξειδωτικών είναι οι φυσικές και οι συνθετικές τοκοφερόλες, το BHA (βουτυλιωμένη υδροξυανισόλη), BHT (βουτυλιωμένο υδροξυτολουόλιο), το TBHQ (tert-βουτυλο-υδροκινόνη), κ.α. (Choe & Min, 2009, Antlovich & others, 2001)

- Δευτερογενή Αντιοξειδωτικά: Η διάσπαση των υδροϋπεροξειδίων των λιπιδίων (προϊόντα οξείδωσης), προς σταθερά τελικά προϊόντα, που δεν παίρνουν μέρος σε αλυσιδωτές αντιδράσεις, αποτελεί την κύρια δράση τους. Τα αντιοξειδωτικά αυτά είναι το διαρυλο-θειοδιπροπιονικό οξύ και ο αντίστοιχος εστέρας. Επίσης, το θείο, οι θειόλες, τα σουφλίδια και τα δισουλφίδια είναι παρεμποδιστές οξείδωσης. Ακόμα, το σελήνιο και οι ενώσεις του διασπών τα υδροϋπεροξειδία σε σταθερά προϊόντα. Επιπλέον, δευτερογενή αντιοξειδωτικά αποτελούν τα φωσφολιπίδια, τα οποία προστατεύουν τα εδώδιμα έλαια από την οξείδωση διασπώντας τα υδροϋπεροξειδία αλλά και συμμετέχοντας σε διεργασίες σχηματισμού χηλικών με ίχνη μετάλλων. Τέλος, ως νέα είδη αντιοξειδωτικών στα τρόφιμα είναι τα ένζυμα.

Τα μη ενζυμικά αντιοξειδωτικά δεν βρίσκονται φυσικά στο σώμα, αλλά πρέπει να συμπληρωθούν με άλλον μεταβολισμό. Κυριότερα παραδείγματα είναι τα ανόργανα άλατα, βιταμίνες, καροτενοειδή, πολυφαινόλες και άλλα αντιοξειδωτικά.

Επιπλέον, τα φυσικά αντιοξειδωτικά είναι κυρίως φαινολικά και μπορεί να εμφανιστούν σε επιπρόσθετα μέρη του φυτού όπως φύλλα, ρίζα και φλοιό. Τέλος, διάφορες τοξικολογικές μελέτες προτρέπουν τους μελετητές να ασχοληθούν με την εξερεύνηση των φυσικών πηγών με εύλογο αντιοξειδωτικό δυναμικό, καθώς οι μελέτες εμφάνισαν τις δυσμενείς επιπτώσεις των συνθετικών αντιοξειδωτικών κατά την χρήση τους.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 6:** Κατηγορίες Αντιοξειδωτικών (Πηγή: Ζαρογιάννη, 2017)

Ένζυμα	Πρωτεΐνες	Άλλα αντιοξειδωτικά του οργανισμού	Αντιοξειδωτικά των τροφίμων
Καταλάση	Μεθειονίνη	Ουρικό οξύ	Βιταμίνη A,C,E
Υπεροξειδική Δισμουτάση	Καρνοσίνη	Λιποϊκό οξύ	Ιχνοστοιχεία (Σελήνιο, Χαλκός, Ψευδάργυρος, Μαγγάνιο
Υπεροξειδάση της θειορεδοξίνης	Ταυρίνη	Συνένζυμο Q10	Ω3, Λιπαρά οξέα,DHA,EPA,ALA
Ένζυμα της οδού της φωσφορικής πεντόζης	Γλουταθειόνη (κυστεΐνη + γλυκίνη + γλουταμινοκό οξύ)	Μελατονίνη	Ω6 Λιπαρό οξύ= συζυγές λινολεϊκό οξύ
Αναγωγή γλουταθειόνης	Μεταλλοδεσμευτικές πρωτεΐνες	DHEA	Παραφαινόλες (Τανίνες, Λιγνίνες, Φλαβονοειδή, Φενυλπροπανοειδή, Παραμονιβενζοϊκό οξύ (PABA), Καροτενοειδή)
Αναγωγή θειορεδοξίνης			

#### 4.3 ΒΑΣΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΜΗ ΕΝΖΥΜΑΤΙΚΩΝ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ

##### • ΒΙΤΑΜΙΝΗ C

Η βιταμίνη C ή ασκορβικό οξύ όπως αποκαλείται αλλιώς είναι μια από τις πιο αναγκαίες βιταμίνες που πρέπει να προσλαμβάνει ο οργανισμός από τις τροφές σε καθημερινή βάση. Κατατάσσεται στις υδατοδιαλυτές βιταμίνες και παρουσιάζει πολλές δράσεις αλλά και λειτουργίες. Ο κάθε άνθρωπος οφείλει να λαμβάνει

επαρκείς ποσότητες βιταμίνης C ώστε να διατηρούνται σε θεμιτά επίπεδα η συγκέντρωση στο πλάσμα και στους ιστούς. Καθημερινά, οι διαιτητικές συστάσεις προωθούν στην πρόσληψη περίπου 100mg για τους άνδρες και 70mg για τις γυναίκες ως κατώτερα επίπεδα, παράλληλα τα συνιστάμενα επίπεδα είναι υψηλότερα κατά την εγκυμοσύνη και για τους καπνιστές εξαιτίας του οξειδωτικού στρες.(Doll Ricou, 2013& Benzie & Choi,2014) Επίσης, καλύτερες πηγές είναι τα εσπεριδοειδή, τα πράσινα λαχανικά, οι ντομάτες, οι πιπεριές και οι πατάτες. Ενώ, μπορεί και να δοθεί ως συμπλήρωμα διατροφής σε αρκετές μορφές και δόσεις (αναβράζοντα, δισκία, ταμπλέτες, μασημένα δισκία). Δίνεται συνήθως σε πολύ μικρές δόσεις (1gr και λιγότερο) στα περισσότερα σκευάσματα πολυβιταμινών και συνδυάζονται με μεταλλικά στοιχεία. Ακόμη, η συγκεκριμένη βιταμίνη θεωρείται το κυρίαρχο αντιοξειδωτικό του πλάσματος και σαρώνει τις ελεύθερες ρίζες, εμποδίζοντας έτσι την οξείδωση των LDL λιποπρωτεϊνών. Η βιταμίνη C αναπαράγει την οξειδωμένη βιταμίνη E και αυξάνει την έκκριση χοληστερόλης. (Simons & Hudes, 1999)

Όταν υπάρχει έλλειψη της βιταμίνης C συνήθως εμφανίζεται η ασθένεια σκορβούτο, η οποία έχει συμπτώματα αιμορραγίας των ούλων και απώλειας των δοντιών, ευθραυστότητα των τριχοειδών αγγείων και εν τέλει λόγω της εσωτερικής αιμορραγίας ή της καρδιακής κάμψης υπάρχει αιφνίδιος θάνατος. Ωστόσο, η συγκεκριμένη ασθένεια δεν συναντάται πλέον σήμερα. Άλλο ένα σύμπτωμα ανεπάρκειας προκαλεί βλάβες των οστών με διόγκωση και συχνά αναιμία.

Από την άλλη πλευρά, η υπερβολικές δόσεις της βιταμίνης οδηγούν στην εμφάνιση πετρών στα νεφρά, στην περίπτωση όπου χορηγούνται για μεγάλο διάστημα. Μεγάλες ποσότητες χρειάζονται από τους αθλητές λόγω του στρες του αγώνα ή της προπόνησης και έτσι προλαμβάνουν τις ελεύθερες ρίζες, οι οποίες τους δημιουργούν προβλήματα. Η βιταμίνη C εναποθηκεύεται σε όλους του ιστούς σε μικρές ποσότητες ώστε να διατηρηθεί υγιής ο οργανισμός για μερικούς μήνες ακόμα και αν διακοπεί η πρόσληψη του ασκορβικού οξέος. Ενώ, τα ωμά τρόφιμα έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε βιταμίνες. Ακόμη, ο κυριότερος τρόπος για να ανιχνευθούν οι βιταμίνες είναι να προσδιοριστεί η βιταμίνη C στον ορό του αίματος. Τέλος, η βιταμίνη C που προσλαμβάνεται με την τροφή δεν προσλαμβάνεται από το στομάχι το ίδιο ικανοποιητικά όπως γίνεται με την βιταμίνη E. Μόνο το 20-30% απορροφάται από το στομάχι. Η απορροφημένη βιταμίνη C μεταφέρεται μέσω κυκλοφορίας του

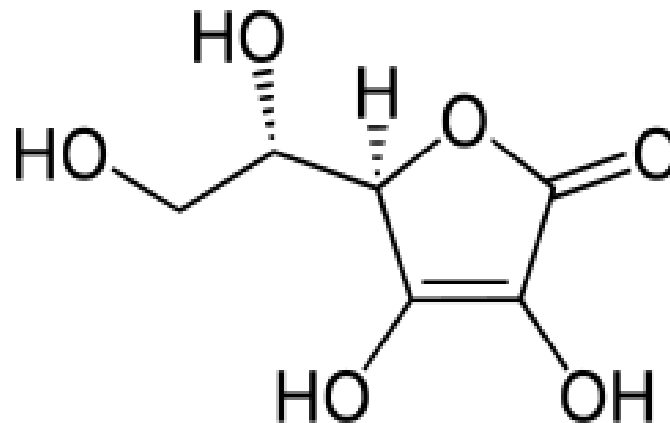
αίματος σε ολόκληρο το σώμα. Το ανθρώπινο σώμα, περιέχει δεξαμενή βιταμίνης C 1500mg. (Micronutrient information Center, 2014)

### **ΔΡΑΣΗ – ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ C**

Αρχικά παίζει πρωταρχικό ρόλο στην δημιουργία του κολλαγόνου. Συγκεκριμένα, το ασκορβικό οξύ χρειάζεται στην υδροξυλίωση της προλίνης και την μετατροπή της σε υδροπρόλίνη, η οποία είναι αναγκαία στον σχηματισμό του κολλαγόνου. Δρα σαν συνένζυμο στις ενζυματικές αντιδράσεις, ουσία που παίζει ρόλο στην ανάπτυξη και την επισκευή των ιστών, των ουλών και των αιμοφόρων αγγείων των οστών και των δοντιών του ανθρώπινου οργανισμού. Επίσης, άλλες λειτουργίες του ασκορβικού οξέος είναι η επούλωση των πληγών γρηγορότερα, η επιτάχυνση της ανάρρωσης μετά από εγχείρηση, λειτουργεί σαν φυσικό διουρητικό, βοηθά στην απορρόφηση σιδήρου, λειτουργεί σαν αντιοξειδωτικό, δυναμώνει το ανοσοποιητικό σύστημα, συμβάλλει στην αιμοποίηση και δρα στην ανταλλαγή της ύλης των ουσιών. Επίσης, δρα στον μεσοκυττάριο συνδετικό ιστό και σύμφωνα με μελέτες οι μεγάλες ποσότητες του ασκορβικού οξέος εμποδίζουν την εξέλιξη του κρυολογήματος και μειώνουν δραστικά τα συμπτώματα. Ακόμη, η βιταμίνη C έχει ουσιαστική αντιοξειδωτική δράση και δρα συνεταιρικά με την βιταμίνη E, ενώ πέρα από την αντιοξειδωτικής δράση συμβάλλει σε μεγάλο βαθμό στο αντιοξειδωτικό σύστημα του ανθρώπινου οργανισμού, καθώς μπορεί να αναγεννήσει την οξειδωμένη βιταμίνη E και να την επαναφέρουν στο αντιοξειδωτικό σύστημα. Επιπρόσθετα, πέρα από την ασθένεια του σκορβούτου προστατεύει το DNA αλλά και το σπέρμα από την ζημιά που προκαλούν οι ελεύθερες ρίζες. Άλλες δράσεις είναι ότι καθυστερεί τον καταρράκτη στα μάτια, αξιοποιεί την βιταμίνη B12, ενεργοποιεί τον μεταβολισμό των υδατανθράκων, των στεροειδών και των αμινοξέων. Ενισχύει την λειτουργία των αδένων και ρυθμίζει ορθά την ενδοκυτταρική αναπνοή. Αντιμετωπίζει άγχος και κατάθλιψη και βοηθά στην ανάπλαση των αγγειακών τοιχωμάτων.

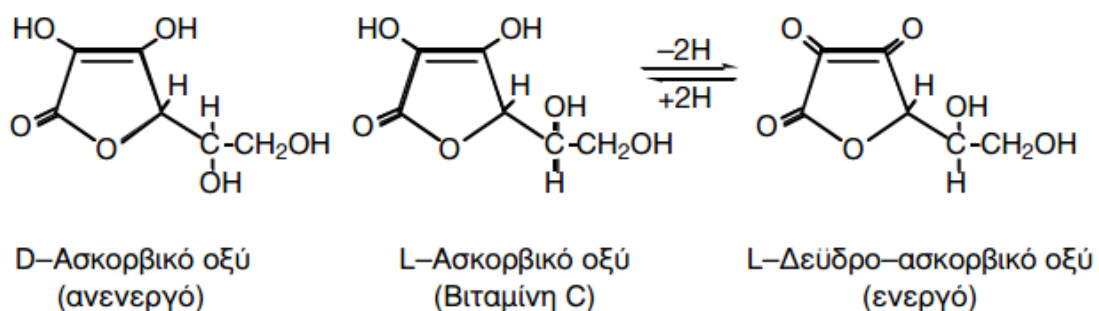
Πλέον είναι γνωστό ότι, η βιταμίνη C επιτελεί δυο βασικές λειτουργίες στον οργανισμό, προστασία του ανοσοποιητικού και η ρύθμιση της ψυχικής ισορροπίας. Όσο αφορά το ανοσοποιητικό σύστημα η βιταμίνη C είναι ο μεγαλύτερος εχθρός όλων των παθολογικών παραγόντων των παρασίτων και των ιών αλλά κυρίως των ελεύθερων ριζών, οι οποίοι την φοβούνται ιδιαίτερα, καθώς η βιταμίνη C θεωρείται ο καλύτερος φορέας νεότητας. Παράλληλα, ως το προς την ψυχική ισορροπία η

βιταμίνη C διεγείρει την παραγωγή ορμονών, νευρικών πεπτιδίων και ουσιών που μεταφέρουν τα νευρικά ερεθίσματα και αποτελούν τους μεταφορείς όλων των συναισθημάτων. Επίσης, παίζουν σημαντικό ρόλο ως προς τα επίπεδα καλής χοληστερίνης, συντηρεί τα αιμοφόρα αγγεία και διατηρεί τα εσωτερικά τους τοιχώματα λεία.



ΕΙΚΟΝΑ 1: Ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C)

Το ασκορβικό οξύ διαχωρίζεται σε D- και L- στερεοϊσομερή, από όπου μονάχα η L- μορφή δημιουργεί δράση βιταμίνης. Επιπλέον, στα τρόφιμα μπορεί να βρεθεί και το L-δεϋδρο-ασκορβικό οξύ, το οποίο προκύπτει από το L-ασκορβικό οξύ κατά την οξείδωση του με την συμβολή διαφόρων οξειδασών των φυτικών ιστών, ενώ συγκαταλέγεται στην βιταμινική δράση της βιταμίνης C, καθώς μέσα στον οργανισμό έχει την ικανότητα να μετατραπεί εύκολα σε L-ασκορβικό οξύ.



ΕΙΚΟΝΑ 2: Οξείδωση του L-ασκορβικού οξέος

### • ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ C

Ο πιο κοινός τρόπος ανάλυσης ενός διαλύματος ασκορβικού οξέος είναι με τιτλοδότηση του συγκεκριμένου διαλύματος με έναν φορέα οξείδωσης. Αρκετές πειραματικές πορείες που έχουν αναπτυχθεί βασίζονται κυρίως στην ιωδομετρία.

Σύμφωνα με την βιβλιογραφία οι πιο κλασσικές είναι τέσσερις και ταξινομούνται ως εξής:

1. Με ιώδιο: Χρησιμοποιείται με την παρουσία ενός δείκτη αμύλου. Το ιώδιο, καθώς βρίσκεται σε περίσσεια αντιδρά με το ασκορβικό οξύ και έτσι σχηματίζεται ένα μπλε -μαύρο σύμπλοκο του ιωδίου με το δείκτη αμύλου. Αυτό, εμφανίζει το τέλος της τιτλοδότησης. Διαφορετικά, το ασκορβικό οξύ θα μπορούσε να αντιδράσει με ιώδιο σε περίσσεια ώστε να ακολουθήσει η τιτλοδότηση με θειοθειικό νάτριο με άμυλο ως δείκτη.
2. Με ιωδικό ιώδιο: Στην προηγούμενη διαδικασία όπου συμμετέχει το ιώδιο, απαιτεί την ένωση των διαλυμάτων ιωδίου. Η συγκεκριμένη ιωδομετρική μέθοδος τροποποιήθηκε ώστε να εκμεταλλευτεί την αντίδραση του ασκορβικού οξέος με το ιωδικό αλλά και το ιώδιο σε διαλύματα οξέος.
3. Με N-βρωμοβουτανοδικοϊμίδιο (NBS): Είναι ένας πολύ λιγότερο κοινός οξειδωτικός παράγοντας NBS. Όσο αφορά αυτήν την τιτλοδότηση, Το NBS οξειδώνει το ασκορβικό οξύ με παρουσία ιωδιούχου καλίου και αμύλου. Όταν βρίσκεται σε περίσσεια το NBS ελευθερώνει το ιώδιο από το ιωδιούχο κάλιο, το οποίο δημιουργεί ένα μπλε- μαύρο σύμπλοκο με το άμυλο και αυτό έχει ως συνέπεια το τέλος της τιτλοδότησης.
4. Με ιωδομετρικό προσδιορισμό που περιλαμβάνει ηλεκτροχημική μέθοδο: Το διάλυμα ιωδιούχου καλίου παράγει ιώδιο και αντιδρά με το ασκορβικό οξύ. Η διαδικασία ολοκληρώνεται και προσδιορίζεται με ποτενσιομετρική τιτλοδότηση, και μοιάζει με τον τρόπο της τιτλοδότησης Karl Fischer. Τέλος, η ποσότητα ασκορβικού οξέος υπολογίζεται από τον νόμο του Faraday.

- **ΒΙΤΑΜΙΝΗ Ε**

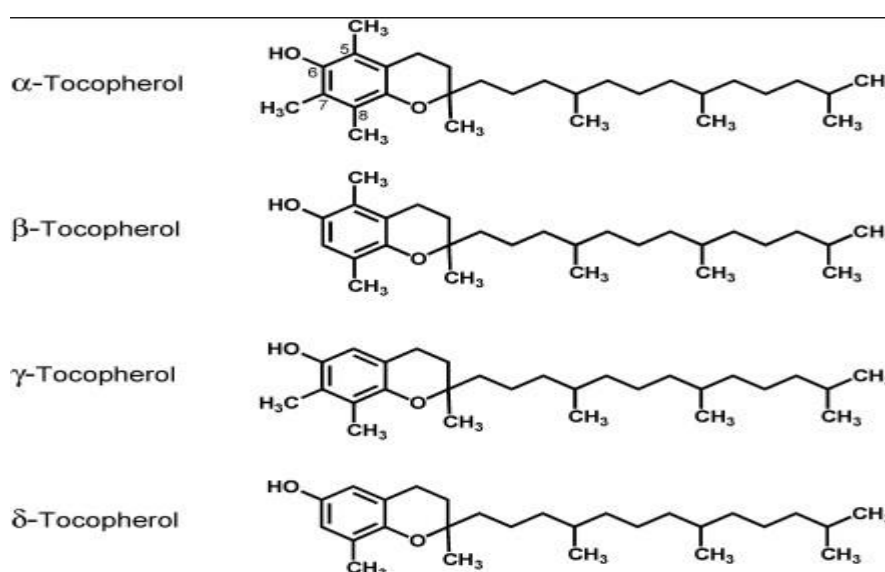
Οι βιταμίνες Ε ή τοκοφερόλες είναι ελαιώδες ουσίες διαλυτές σε οργανικούς διαλύτες. Πρόκειται για ένα σύμπλεγμα βιταμινών, το οποίο αποτελείται από τέσσερις τοκοφερόλες και τέσσερις δομικά τοκοτριενόλες. Διαφέρει η μια από την άλλη κατά τον αριθμό και την θέση των ομάδων μεθυλίου ( $\text{CH}_3$ ) γύρω από τον δακτύλιο. Αυτές είναι η  $\alpha$ - $\beta$ - $\gamma$  και η  $\delta$ - τοκοφερόλη καθώς και η  $\alpha$ - $\beta$ - $\gamma$  και η  $\delta$ -τοκοτριενόλη. Αυτές διαφέρουν μεταξύ τους ως προς την υποκατάσταση του χρωματικού δακτυλίου, ενώ  $\alpha$ -τοκοφερόλη εμφανίζει μεγαλύτερη δραστηριότητα ως

βιταμίνη E σε σχέση με τις υπόλοιπες ως προς την βιολογική δραστηριότητα. Ωστόσο, η αντιοξειδωτική τους ικανότητα είναι αντίστροφη ως προς την βιταμινική, δηλαδή η δ-τοκοφερόλη είναι ισχυρότερο αντιοξειδωτικό από την α-τοκοφερόλη. Ενώ, η χημική ιδιότητα των τοκοφερολών είναι η οξειδοαναγωγική τους δράση.

Η βιταμίνη E είναι ένα λιποδιαλυτό αντιοξειδωτικό συστατικό με κύριο ρόλο την παρεμπόδιση της υπεροξειδωσης των λιπιδίων. Επίσης, η συγκεκριμένη βιταμίνη προσλαμβάνει την ενεργοποίηση και την προσκόλληση των αιμοπεταλίων και είναι βασικός αντιοξειδωτικός παράγοντας της LDL χοληστερόλης και έτσι συμβάλλουν στην πρόληψη των καρδιαγγειακών παθήσεων.

### ΔΡΑΣΗ – ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΒΙΤΑΜΙΝΗΣ E

Η βιταμίνη E δρα στο ελαιώδες στρώμα της μεμβράνης όλων των κυττάρων του οργανισμού. Το στρώμα αυτό γύρω από το κύτταρο, αποτελεί είδος κεντρικού σταθμού για τα θρεπτικά μόρια και τις ορμόνες που διοχετεύονται στο εσωτερικό των κυττάρων, μέσω ενός περίπλοκου δικτύου αγωγών. Σε αυτό το δίκτυο, η βιταμίνη E προφυλάσσει τον σταθμό, επαγρυπνώντας για τυχόν εμφάνιση των ελεύθερων ριζών. Αυτές δρουν σε κυτταρικές μεμβράνες, όπως η χοληστερόλη, από την οποία αποτελείται η μισή κυτταρική μεμβράνη. Τέλος, τα ερυθροκύτταρα πρέπει να περικλείονται από μόρια βιταμίνης E, καθώς μπορούν να δεχθούν επιθέσεις από τις ελεύθερες ρίζες και να υποστούν σοβαρές βλάβες. (Κουνειδάκη & Παπαγεωργίου, 2017)

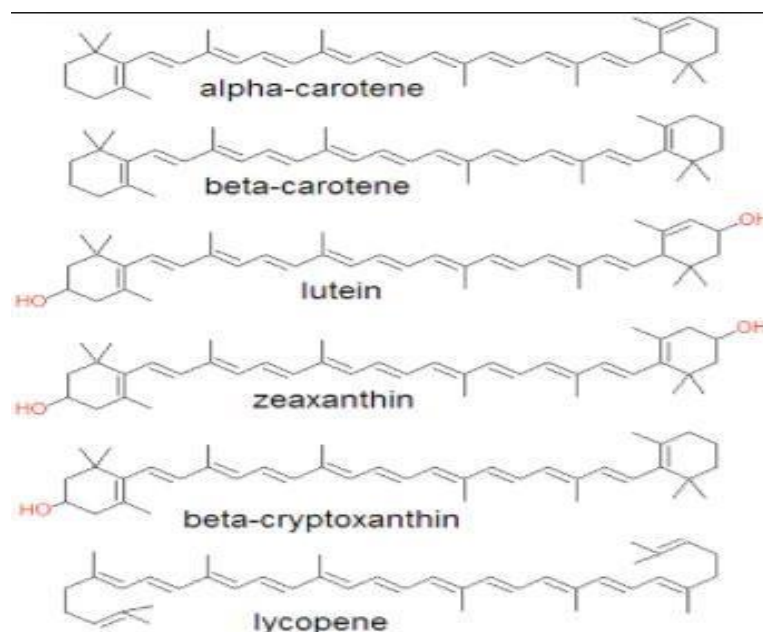


ΕΙΚΟΝΑ 3: Οι τοκοφερόλες (μορφές βιταμίνης E)



- **ΚΑΡΟΤΕΝΟΕΙΔΗ**

Αποτελούν μια ομάδα φυτοχημικών ουσιών που βρίσκονται σε τρόφιμα φυτικής προέλευσης όπως τα φρούτα και τα λαχανικά όπου έχουν ως ρόλο να προστατεύουν τους ιστούς από ελεύθερες ρίζες που παράγονται από την ηλιακή ακτινοβολία. Τα πιο συνηθισμένα καροτενοειδή είναι το α-καροτένιο, β-καροτένιο, η β-κρυπτοξανθίνη, η λουτεΐνη, η ζεαξανθίνη και το λυκοπένιο. Τα τρία πρώτα αποτελούν μορφές προβιταμίνης Α και μπορούν να μετατραπούν στο ανθρώπινο σώμα σε βιταμίνη Α, η οποία είναι αναγκαία στην προστασία από την υπεροξειδωση των λιπιδίων και από βλάβες στο DNA, στην καλή λειτουργία του ανοσοποιητικού και της όρασης και στην προαγωγή της γονιδιακής ρύθμισης. Επίσης, τα καροτενοειδή αποτελούν λιπόφιλες αντιοξειδωτικές ενώσεις, ενώ λόγω της ισχυρής αντιοξειδωτικής δράσης που παρουσιάζει το λυκοπένιο έχει κεντρίσει την προσοχή της επιστημονικής κοινότητας. Επίσης, για την καλύτερη απορρόφηση των καροτενοειδών απαιτείται η παρουσία του λίπους εντός του τροφίμου ενώ φαίνεται ότι το κάψιμο και η ομογενοποίηση των φρούτων, διασπούν το πλέγμα του καρπού και αυξάνουν την βιοδιαθεσιμότητα των καροτενοειδών. (Pokorny et al., 2001, Benzie & Choi, 2014)



ΕΙΚΟΝΑ 4: Χαρακτηριστικά παραδείγματα καροτενοειδών

- **ΦΑΙΝΟΛΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ**

Οι πολυφαινόλες είναι μια μεγάλη κατηγορία ενώσεων του φυτικού βασιλείου με ένα ή περισσότερα υδροξύλια συνδεδεμένα απ' ευθείας σε έναν ή περισσότερους αρωματικούς ή ετεροκυκλικούς δακτυλίους. Είναι προϊόντα δευτερογενούς μεταβολισμού και η δομή των πολυφαινολών μπορεί να είναι απλή ως και εξαιρετικά πολύπλοκη. Επίσης στην φύση συχνά βρίσκονται συζευγμένες μέσω των υδροξυλίων τους με υδατάνθρακες. Το τμήμα του υδατάνθρακα μπορεί να είναι είτε μονοσακχαρίτης, είτε δισακχαρίτης ή ακόμη και ολιγοσακχαρίτης. Ακόμη, το πιο κοινό σάκχαρο που εμφανίζεται είναι η γλυκόζη άλλα και άλλα σάκχαρα. Οι φαινολικές ενώσεις χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με τη δομή τους. Αυτές είναι οι απλές φαινόλες, τα φλαβονοειδή και οι ταννίνες. Όσο αφορά την δράση τους, οι πολυφαινόλες παρουσιάζουν προστατευτική δράση που οφείλεται στην αντιοξειδωτική τους δράση ως εκκαθαριστές ελεύθερων ριζών ή ως αποδομητές αλυσιδωτών οξειδωτικών αντιδράσεων. Η συγκεκριμένη δράση τους εμφανίζεται με την προστασία της LDL από την οξείδωση, που έχει ως συνέπεια την μείωση της αποτιθέμενης χοληστερόλης στους ιστούς, παράλληλα είναι σε θέση να μειώσουν τον κίνδυνο από καρδιαγγειακά νοσήματα. (Κουνειδάκη & Παπαγεωργίου, 2017)

#### 4.4 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΛΕΥΘΕΡΩΝ ΡΙΖΩΝ

Οι ελεύθερες ρίζες αποτελούν μόρια που περιέχουν ένα ή περισσότερα ζεύγη ηλεκτρονίων στον ατομικό ή μοριακό τους τύπο. Επικρατεί η εντύπωση, ότι περίπου 10000-20000 ελεύθερες ρίζες προσβάλλουν κάθε κύτταρο κάθε μέρα, εκ των οποίων κάποιες είναι καλές για την υγεία και τον οργανισμό του ανθρώπου καθώς, είναι σε θέση να καταπολεμήσουν την φλεγμονή, να σκοτώσουν βακτήρια, να ελέγξουν τους λείους μυς που ρυθμίζουν την ορθή λειτουργία των εσωτερικών οργάνων και των αιμοφόρων αγγείων. Ωστόσο, οι ελεύθερες ρίζες παίζουν σημαντικό ρόλο στην παθογένεση διάφορων ασθενειών, όπως καρδιακές ασθένειες, διαβήτη, σακχαρώδης νόσος Αλτσχάιμερ και Πάρκινσον, καρκίνος, αρθρίτιδα και γήρανση κτλ. στην περίπτωση όπου παράγονται με μεγάλο ή ανεξέλεγκτο τρόπο. (Qazi and Molvi, 2018)

Η τακτική χρήση του οξυγόνου ωθεί το σώμα να δημιουργεί συνεχώς ελεύθερες ρίζες, όπου αυτές ευθύνονται για τη βλάβη των κυττάρων στο σώμα αλλά και στην εμφάνιση διαφόρων ειδών προβλημάτων υγείας. Παρόλα αυτά, τα αντιοξειδωτικά και συγκεκριμένα τα πρωτογενή αντιοξειδωτικά (ριζικοί καθαριστές ελεύθερων ριζών) συμβάλλουν στην πρόληψη και την αποκατάσταση της βλάβης των κυττάρων που οφείλονται από αυτές τις ρίζες. (Mamta et al., 2014)

Η ελεύθερη ρίζα αποτελεί ένα αντιδραστικό χημικό είδος που περιέχει ένα ή περισσότερα ζεύγη ηλεκτρονίων. Ακόμη, αυτές οι ρίζες έχουν διαδραματίσει ζωτικό ρόλο σε πολλές θεμελιώδεις κυτταρικές αντιδράσεις και εμπλέκονται σε διάφορες ανθρώπινες διαταραχές. Για παράδειγμα, στον άνθρωπο η βλάβη από τις ελεύθερες ρίζες αντισταθμίζεται με φυσιολογικά αντιοξειδωτικά, όπως η καταλάση, γλουταθειόνη, υπεροξειδάσεις γλουταθειόνης, υπεροξειδίο δισμουτάσες, ουβικινόλη, ουρικό οξύ, βασικά μέταλλα και θρεπτικά αντιοξειδωτικά όπως βιταμίνες E, βιταμίνη C, καροτενοειδή. (Mbah et al., 2019)

Τέλος, οι ελεύθερες ρίζες σε ένα βιολογικό σύστημα μπορούν να παραχθούν από εξωγενείς παράγοντες όπως η ηλιακή ακτινοβολία, λόγω της παρουσίας της υπεριώδους ακτινοβολίας. Παράλληλα, οι ελεύθερες ρίζες εμφανίζονται κατά την διάρκεια εκδήλωσης μιας νόσου. Επίσης, άλλος ένα εξωγενής παράγοντας που συμβάλλει στην δημιουργία τέτοιων ριζών είναι η χημική δηλητηρίαση. Τέλος, η παρουσία μολυσματικών ουσιών, πρόσθετων, φυτοφαρμάκων στα τρόφιμα μπορεί ακόμη να γίνει πηγή ελεύθερων ριζών. (Santos – Sanchez et al., 2019)

**ΠΙΝΑΚΑΣ 7:** Δράσεις ελεύθερων ριζών (Πηγή: Ζαρογιάννη, 2017)

Ευεργετικές Δράσεις ( Σε μέτριες/χαμηλές συγκεντρώσεις)	Βλαβερές Δράσεις ( Σε αυξημένες συγκεντρώσεις)
Κυτταρική απόκριση του στρες	Οξειδωτικό στρες
Μεταγωγή σήματος μεταξύ κυττάρων	<b>Εκδήλωση / Επιδείνωση ασθενειών:</b>
Κυτταρική διαφοροποίηση	
Μεταγραφή γονιδίων	
Κυτταρικός πολλαπλασιασμός	
Φλεγμονή	
Απόπτωση κυττάρων	
Θετική επίδραση στην αθλητική προσαρμογή	
Δράση ως αντιμικροβιακοί παράγοντες στα πλαίσια κυτταροτοξικής απάντησης των	

φαγοκυττάρων	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Νόσος Πάρκινσον</li> <li>• Καρδιαγγειακά νοσήματα</li> <li>• Πρόωρη γήρανση</li> <li>• Νόσος Αλτσχάιμερ</li> <li>• Σακχαρώδης διαβήτης</li> <li>• Υπογονιμότητα</li> <li>• Οστεοπόρωση</li> <li>• Σκλήρυνση κατά πλάκας</li> </ul>
--------------	---

#### 4.5 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ

Υπάρχουν διάφοροι μέθοδοι που έχουν καθιερωθεί για την εκτίμηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας, οι οποίοι στηρίζονται από τους μηχανισμούς δράσης των αντιοξειδωτικών. Η κάθε μέθοδος δίνει την δυνατότητα για μια μόνο εκτίμηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας, η οποία εξαρτάται από το χρόνο αλλά και από την πολυπλοκότητα της αντίδρασης, στην οποία βασίζεται η μέθοδος. Ακόμη, η παροχή αλληλεπίδρασης ή πολυμερισμού των αντιοξειδωτικών μορίων σε διάφορα δείγματα, μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο στη μείωση της εκτιμώμενης αντιοξειδωτικής ικανότητας. Σε περίπτωση αύξησης της συγκέντρωσης των αντιοξειδωτικών ενώσεων, αυτό δεν συνεπάγεται απαραίτητα ότι είναι αποτέλεσμα μιας προγενέστερης αύξησης των ενεργών μορφών οξυγόνου ή των ελεύθερων ριζών. Ωστόσο, σε ενδεχόμενη μείωση των αντιοξειδωτικών ενώσεων, υπάρχει πιθανότητα να οφείλεται στην αύξηση των ενεργών μορφών οξυγόνου ή των ελεύθερων ριζών, τα οποία αντιδρούν με τις αντιοξειδωτικές ενώσεις ή στην απλή ανταπόκριση αυτών των ενώσεων στην χαμηλή παραγωγή ενεργών μορφών οξυγόνου ή ελεύθερων ριζών.

Γενικά, οι μέθοδοι εκτίμησης της αντιοξειδωτικής ικανότητας διαχωρίζονται σε διάφορους μεθόδους που βασίζονται στη μεταφορά ατόμου υδρογόνου (Hydrogen Atom Transfer, HAAT- μέθοδοι) και σε άλλες που βασίζονται στη μεταφορά ηλεκτρονίου (Single Electron Transfer, SET- μέθοδοι), ωστόσο κάποιες φορές αυτοί οι μηχανισμοί δεν ξεχωρίζονται με σαφή όρια.

Οι μέθοδοι της δεύτερης κατηγορίας (SET), βασίζονται στην δυνατότητα ενός αντιοξειδωτικού να εξουδετερώνει ένα οξειδωτικό αντιδραστήριο ή μια συνθετική ρίζα μέσω της μεταφοράς ηλεκτρονίου σε αυτό, τα οποία μετατρέπουν χρώμα όταν ανάγονται. Το πόσο αλλάζει χρώμα (αυξάνεται ή μειώνεται η απορρόφηση σε

συγκεκριμένο μήκος κύματος ανάλογα με το οξειδωτικό αντιδραστήριο), παίζει ρόλο άμεσα με την συγκέντρωση των αντιοξειδωτικών ενώσεων στο δείγμα που εξετάζεται και η αντιοξειδωτική ικανότητα θεωρείται ίση με την αναγωγική ικανότητα των αντιοξειδωτικών ενώσεων. Μεταξύ των μεθόδων αυτών, στις ABTS/TEAC ( Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) και DPPH (2,2 – Diphenyl – 1-picrylhydrazyl Radical Antioxidant Capacity) παρατηρείται αποχρωματισμός των οξειδωτικών αντιδραστηρίων, παράλληλα στις FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) και FCR (Folin- Ciocalteu Reagent), αύξηση της απορρόφησης των αναγόμενων μορφών των αντιδραστηρίων. Τέλος, μια άλλη μέθοδος χρησιμοποιεί το αντιδραστήριο Folin – Ciocalteu και συνήθως εφαρμόζεται για την εκτίμηση των επιπέδων των ολικών φαινολικών σε διάφορα εκχυλίσματα.

Για την επιστημονική έρευνα, δεν είναι ωφέλιμο να γίνει διαχωρισμός των αντιοξειδωτικών ενώσεων κάθε δείγματος, διότι δεν συμφέρει οικονομικά. Για αυτό και χρησιμοποιούνται διάφοροι μέθοδοι εκτίμησης της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας, στις οποίες προστίθενται οι επιδράσεις με τις αλληλεπιδράσεις όλων των αντιοξειδωτικών μορίων.

#### 4.6 ANTIOΞΕΙΔΩΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΠΙΠΕΡΙΑΣ

Η πιπεριά, όπως προαναφέρθηκε, καταναλώνεται για την υψηλή της διατροφική αξία και για τις ιδιότητες της. Αρχικά, φημίζεται για την περιεκτικότητά της σε διάφορα φυτοχημικά, όπως φαινολικές ενώσεις, φλαβονοειδή και καροτενοειδή.(Zhuang et al,2012) Πιο συγκεκριμένα, οι έγχρωμες ποικιλίες περιέχουν 9 φορές περισσότερο β-καροτένιο από τις πράσινες. (Sun et al,2007) Επίσης, όσο αφορά της φαινολικές ενώσεις (πχ. φλαβονοειδή) συμβάλλουν στην διατροφική αξία της πιπεριάς, καθώς παίζουν ρόλο σε διάφορες μεταβλητές, όπως χρώμα, γεύση και άρωμα. (Ornelas- Paz et al., 2006) Ακόμη, περιέχει ζεαξανθίνη, όπου αυτή η ουσία έχει προστατευτικό ρόλο ενάντιο στον εκφυλισμό της ώχρας κηλίδας των ματιών.(Krinsky et al., 2003, Delcourt et al., 2006) Παρόλα αυτά, δεν αποτελεί μόνο καλή πηγή καροτενοειδών (α-καροτένιο, β-καροτένιο, κρυπτοξανθίνη, ζεαξανθίνη κ.α.) αλλά παρέχει σημαντικά ποσά βιταμίνης C (ασκορβικό οξύ) στον οργανισμό. (Matsufuji et al., 2007) Ενώ, από ότι φαίνεται η περιεκτικότητα σε ασκορβικό οξύ αυξάνεται αναλογικά με το στάδιο ωριμότητας του καρπού και παρουσιάζονται διάφορες χρωστικές και καροτενοειδή. (Marinet al et al., 2004)Ακόμη, αποτελεί πολύ καλή πηγή βιταμίνης E, βιταμίνης A (η

προβιταμίνη Α μετατρέπεται από τον οργανισμό σε βιταμίνη Α) καθώς και βιταμίνης Κ1. Επιπλέον, άλλες σημαντικές αντιοξειδωτικές ουσίες είναι η καψανθίνη, η βιολαξανθίνη (κυρίως σε κίτρινες έως ανοιχτές πράσινες πιπεριές), η λουτεολίνη κ.α. (Gómez-García & Ochoa-Alejo, 2013) Επιπρόσθετα, η περιεκτικότητα σε αντιοξειδωτικά έχει γραμμική σχέση με την περιεκτικότητα σε φαινολικά συστατικά. (Zhuangetal, 2012)

## 5. ΣΥΜΒΙΩΤΙΚΟΙ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ

### 5.1. ΜΥΚΟΡΡΙΖΑ

Με τον όρο μυκόρριζα περιγράφεται μια ιδιαίτερη σχέση μεταξύ ενός μύκητα και ενός φυτού. Ο συγκεκριμένος ορισμός διατυπώθηκε για πρώτη φορά από τον Γερμανό βοτανικό Frank το 1885 που διαπίστωσε αυτήν την ιδιόρρυθμη σχέση, ένα συμβατικό μόρφωμα που προκύπτει από την συνένωση των ριζών ενός φυτού με μύκητες διαφόρων ειδών. Κατά τα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα δεν υπάρχουν πολλές πληροφορίες για την λειτουργικότητά του, ώσπου το 1950 ξεκίνησε να ερευνάται. Έτσι, σύμφωνα με σχετικές έρευνες προκύπτει ότι τα μυκόρριζα υπάρχουν εδώ και εκατομμύρια χρόνια στη γη και ότι αποτελούσαν τα πρώτα φυτικά είδη που υπήρχαν στην γη.

Ο σχηματισμός μυκόρριζας είναι πολύ διαδεδομένος, καθώς δημιουργείται στις ρίζες σε πάνω από τα δυο τρίτα των φυτικών ειδών, παράλληλα πολλά είδη σχηματίζουν πάνω από μια συμβιώσεις. Ακόμη, έχει υπολογιστεί ότι πάνω από το 80% των επιγείων φυτών σχηματίζουν μυκόρριζα.

Ενώ, έχει αποδειχθεί ότι από αυτήν την σχέση επωφελούνται και οι δυο οργανισμοί. Ο μύκητας διεισδύει ανάμεσα στα κύτταρα των νεαρών ριζών και παράλληλα αναπτύσσεται στο έδαφος δημιουργώντας ένα είδος γέφυρας μεταξύ φυτού και εδαφικού υποστρώματος. Παράλληλα το μεν φυτό συμβάλει στο να προσφέρει στον μύκητα υδατάνθρακες και ο δε μύκητας βοηθά το ριζικό σύστημα να επεκταθεί σε χωρητικότητα και έτσι να απορροφήσει περισσότερο νερό και θρεπτικά στοιχεία. (Κωνσταντίνου, 2013)

### 5.2 ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΜΥΚΟΡΡΙΖΩΝ

Σύμφωνα με τους Smith και Read (2008), οι μυκόρριζες διακρίνονται με βάση τα χαρακτηριστικά τους σε εκτομυκόρριζες και σε ενδομυκόρριζες. Παράλληλα, μπορούν να δημιουργηθούν ξεχωριστού τύπου μυκόρριζες σε κάποια είδη συγκεκριμένων τάξεων. Έτσι, με βάση τους Wang και Qiu (2006) και Garg et al., (2006) υπάρχουν έξι τύποι μυκορριζών σύμφωνα με τα διακριτά μορφολογικά χαρακτηριστικά τους ( arbuscular, arbutoid, ecto-, ericoid, monotropoid and orchid). (Smith & Read, 2008)

- **Εκτομυκόρριζα (ECM ή EM)**

Συναντώνται στο ριζικό σύστημα των ξυλωδών φυτών και ανήκουν στις ταξινομικές ομάδες των βασιδιομυκήτων, των ασκομυκήτων και μερικών ειδών ζυμομυκήτων του γένους *Endogone*. Τα μυκήλια αναπτύσσονται περιμετρικά της επιφάνειας των λεπτών ριζών και έτσι δημιουργούν μανδύα που τις περιβάλλει, ενώ μερικές φορές διεισδύουν και ανάμεσα στις υφές των επιδερμικών κυττάρων. Επίσης, έχουν την ανεπτυγμένη ικανότητα της αποικοδόμησης από όπου παίρνουν τον αναγκαίο C, παράλληλα αναπτύσσονται και μακριά από τους ξενιστές τους. Τέλος, παίζουν σημαντικό ρόλο στην επιτυχημένη εγκατάσταση των δενδρυλλίων. (Wallander, 2000)

- **Ενδομυκόρριζα (AM ή VAM)**

Περιλαμβάνουν πέντε τύπους, από τους οποίους κάποιοι είναι αρκετά εξειδικευμένοι. Παράλληλα, ο πιο διαδεδομένος τύπος είναι η θυσανώδης μυκόρριζα. Επίσης, η ονομασία τους σχετίζεται από την ιδιότητα των μυκήτων να σχηματίζουν θυσάνους (arbuscules). Ενώ, δεν διαπερνούν την κυτταρική μεμβράνη, καθώς οι υφές πιέζουν τα κυτταρικά τοιχώματα των ριζών και να αναγκάζουν να σχηματίσουν εγκολπώσεις διαφόρων σχημάτων (φυσαλίδες, διακλαδιζόμενες δομές κ.α.). Έτσι, η επιφάνεια διάδρασης του μύκητα με το ριζικό σύστημα μεγεθύνεται. Επιπλέον, τα είδη VAM δημιουργούν κύστες, οι οποίες συμβάλλουν στην αποθήκευση λιπιδίων. (Smith & Read, 2008)

### 5.3 ΘΥΣΑΝΩΔΕΙΣ ΜΥΚΟΡΡΙΖΕΣ (AM)

Αρχικά, οι μύκητες που σχηματίζουν αυτές τις μυκόρριζες ανήκουν στο φύλο *Glomeromycota* και πάνω από 150 είδη έχει βρεθεί ότι σχηματίζουν AM μυκόρριζες. Αυτός ο τύπος βρίσκεται σε όλα τα φύλλα των φυτών: βρυόφυτα, περιδόφυτα, ομάδες γυμνόσπερμων και σχεδόν όλες των αγγειόσπερμων. Υπολογίζεται ότι 150 είναι σε θέση να αποικίσουν σε πάνω από 250.000 φυτά.

Αποτελούνται από 3 μέρη:

1. Την ρίζα του φυτού
2. Το σώμα του μύκητα που βρίσκεται ανάμεσα στα κύτταρα ρίζας σχηματίζοντας θυσάνους (arbuscules)
3. Το μυκήλιο που απλώνεται στο έδαφος



Οι θύσανοι αποτελούν τα σημεία από όπου μεταφέρονται τα θρεπτικά στοιχεία και ανταλλάσσονται με υδατάνθρακες. Τα θρεπτικά στοιχεία προσλαμβάνονται από τις μυκηλιακές υφές, οι οποίες αναπτύσσονται στο έδαφος. Μερικές φορές, οι μύκητες σχηματίζουν κύστες (versicles), οι οποίες λειτουργούν ως αποθηκευτικά μέρη αλλά και ως αναπαραγωγικά όργανα για τον μύκητα. Δεν δημιουργούν κύστες ορισμένα είδη.

Τα είδη μυκήτων που σχηματίζουν μυκόρριζες AM αναπαράγονται με σπόρια, τα οποία είναι αρκετά μεγάλα σε διάμετρο και έχουν αποθηκεύσει μεγάλη ποσότητα λιπιδίων και υδατανθράκων που χρησιμοποιούν κατά την ανάπτυξή τους. Τα σπόρια, τα τμήματα ήδη αποικισμένων ριζών αλλά και οι μυκηλιακές υφές είναι πηγές, από τις οποίες εμφανίζονται οι υφές προς το ριζικό σύστημα των φυτών.

Οι AM χρησιμοποιούν μηχανικούς και ενζυματικούς μηχανισμούς ώστε να αποικίσουν τους φυτικούς ιστούς. Η διαδικασία αυτή χαρακτηρίζεται από μια χαμηλή και ρυθμιζόμενη παραγωγή ενζύμων από τον μύκητα που αποικοδομεί τα κυτταρικά τοιχώματα των φυτών, ενώ παράγονται από διάφορα ένζυμα.

Ο αποικισμός των ριζών με μύκητες διαφοροποιεί τις σχέσεις μεταξύ των μικροοργανισμών στην περιοχή της ριζόσφαιρας, ενώ το μέγεθος της διαφοροποίησης εξαρτάται και από διάφορους περιβαλλοντικούς παράγοντες. Οι μυκόρριζες ζουν αρμονικά αλλά ταυτόχρονα και ανταγωνιστικά με την μικροχλωρίδα της ριζόσφαιρας, ενώ η διάλυση και η ανακύκλωση ανόργανων θρεπτικών στοιχείων από οργανικά υποστρώματα εξαρτώνται κυρίως από τον πολυλειτουργικό τους χαρακτήρα.

#### 5.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΦΥΤΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΣΥΜΒΙΩΣΗ ΜΕ ΘΥΣΑΝΩΔΕΙΣ ΜΥΚΟΡΡΙΖΕΣ (AM)

Θεωρείται γνωστό ότι οι μύκητες που σχηματίζουν μυκόρριζες δεν είναι σε θέση να ολοκληρώσουν τον βιολογικό τους κύκλο αν δεν βρουν φυτό – ξενιστή, για αυτό αποτελεί ζήτημα επιβίωσης για αυτές. Ωστόσο, τα φυτά – ξενιστές που προσβάλλονται είναι κερδισμένα καθώς έχουν σημαντικά οφέλη από την συμβίωση, όπως είναι:

1. Τα φυτά – ξενιστές προσλαμβάνουν πιο αποτελεσματικά θρεπτικά στοιχεία που είναι αναγκαία για την ανάπτυξή τους όπως P, N, Ca, K και ιχνοστοιχεία όπως Zn, Cu, Mg και Fe.
2. Βοηθούν προσδίδοντας αντοχή στα φυτά απέναντι σε στρες που οφείλεται σε βαρέα μέταλλα, ενώ εμποδίζουν τον κίνδυνο τοξικότητας από βαρέα μέταλλα όπως ψευδάργυρος, κάδμιο κ.α.
3. Τα φυτά απορροφούν μεγαλύτερες ποσότητες νερού και με μεγαλύτερη ευκολία, παράλληλα γίνονται πιο ανθεκτικά σε συνθήκες ξηρασίας.
4. Προστατεύουν τα φυτά από παθογόνους μικροοργανισμούς και κυρίως αυτούς που προσβάλλουν το ριζικό σύστημα.
5. Βελτιώνουν τη δομή του εδάφους στο χώρο που αναπτύσσεται το ριζικό σύστημα, καθώς οι υφές των μυκορριζών παράγουν ένα είδος “οργανικής κόλλας”, και έτσι αυξάνεται το πορώδες του, κινείται ευκολότερα το νερό, υπάρχει καλύτερος αερισμός και στερεοποιείται καλύτερα το έδαφος.
6. Επηρεάζουν τις σχέσεις ανταγωνισμού – συμβίωσης με τα άλλα είδη της φυτοκοινωνίας αλλά και τις αλληλεπιδράσεις με τους φυτοφάγους μικροοργανισμούς που είναι στο οικοσύστημα.
7. Ενισχύουν την αντίδραση φυτού – ξενιστή σε βιοτικό και αντιβιοτικό στρες. Ωστόσο, από περιοχή σε περιοχή διαφέρει η επίδραση των μυκορριζών όσο αφορά τους βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες που αλληλοεπιδρούν.

#### 5.5 ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΦΩΣΦΟΡΟΥ (P)

Το συγκεκριμένο στοιχείο έχει μελετηθεί περισσότερο από όλα τα άλλα στις μυκορριζες. Σύμφωνα, με έγκυρες πηγές, τα φυτά που δημιουργούν μυκορριζες μπορούν να προσροφήσουν P από το έδαφος, από το σύστημα των ριζικών τριχιδίων αλλά και από τις μυκηλιακές υφές που αναπτύσσονται στο έδαφος. Ο φώσφορος που προσλαμβάνεται από τις μυκηλιακές υφές μετακινείται πολύ γρήγορα κατά μήκος των υφών και φτάνει στα μέρη της μυκορριζας που βρίσκονται στο εσωτερικό της ρίζας του φυτού ( μεσοκυττάρια υφές, θυσάνους, κύστες).

Θεωρείται δεδομένο ότι ο φώσφορος που αφομοιώνεται από την συμβίωση μύκητα – φυτού συνήθως πλεονεκτεί απέναντι σε όλες τις άλλες διαδικασίες αφομοίωσης φωσφόρου από το φυτό. Οι μυκηλιακές υφές έχουν διάμετρο (2-4μm) και μπορούν να εισχωρήσουν σε μεγαλύτερα βάθη εδάφους σε σχέση με τα ριζικά τριχίδια (10μm),

παρότι έχουν μικρότερη διάμετρο, διαπερνώντας εδαφικούς πόρους μικρότερης διαμέτρου και έτσι αυξάνεται σημαντικά ο όγκος του χρησιμοποιημένου εδάφους. Ακόμη, αξιόπιστες πηγές επιβεβαιώνουν ότι οι μυκόρριζες είναι πιο αποτελεσματικές στη διαλυτοποίηση δυσδιάλυτων μορφών φωσφόρου στο έδαφος και για αυτό μπορούν να προσλαμβάνουν και να μεταφέρουν ευκολότερα τα φωσφορικά ιόντα.

Ο προτεινόμενος τρόπος μεταβολισμού της συμβιωτικής απόκτησης P<sub>i</sub> (ανόργανου φωσφόρου) αρχίζει με την αφομοίωση του ανόργανου φωσφόρου από τον μύκητα στην επιφάνεια επαφής υφών – εδάφους. Μέσα στον μύκητα, ο ανόργανος φώσφορος μετατοπίζεται με την μορφή πολυφωσφορικών από μυκηλιακές δομές εκτός της ρίζας σε άλλες στο εσωτερικό της. Το φωσφορικό πολυμερίζεται σε ανόργανο φώσφορο, πριν την απελευθέρωση. Ο P αποκτάται από το περιβάλλον και συγκεκριμένα από μεταφορείς φωσφορικού άλατος. Αυτοί οι μεταφορείς έχουν βρεθεί σε διάφορα φυτά και φάνηκε να εισχωρούν με μεταγραφικό τρόπο κατά την διάρκεια της ανάπτυξης της AM συμβίωσης.

Επίσης, οι Smith και Read (2008) αναφέρονται στο ότι η αυξημένη ικανότητα πρόσληψης P οφείλεται στο γεγονός ότι οι μύκητες εφοδιάζονται με C από το φυτό - ξενιστή, και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να τους δίνει πλεονέκτημα έναντι στον ισχυρό ανταγωνισμό σε σχέση με τους άλλους μικροοργανισμούς του εδάφους, ιδιαίτερα σε εδάφη όπου οι ποσότητες C είναι λιγιστές.

Τέλος, τα φωσφατάσες ένζυμα εκκρίνονται από τις μυκηλιακές υφές, τα οποία έχουν να ικανότητα να συγκρατούν τον P που βρίσκεται ενσωματωμένος στην οργανική ουσία του εδάφους. (Κωνσταντίνου, 2013)

## 6. ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΕΣ

Ο όρος «Βιοδιεγέρτες» δόθηκε από τους Zhang και Schmidt στο Πανεπιστήμιο της Βιρτζίνιας το 1997. Ο συγκεκριμένος ορισμός αναφέρονταν στις «ουσίες που αποδίδουν σε μικρές δοσολογίες στα φυτά και έχουν την ικανότητα να συμβάλλουν στην ανάπτυξή τους». Πλέον, οι βιοδιεγέρτες φυτών, σύμφωνα με το Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Βιομηχανίας Βιοδιεγερτών, θεωρούνται όλες οι ουσίες και μικροοργανισμοί που όταν περιλαμβάνονται σε ένα φυτό, σπόρο ή θρεπτικό υπόστρωμα και σε συνδυασμό με τα προγράμματα θρέψης και λίπανσης δρουν ευεργετικά στην ανάπτυξη των φυτών, βελτιώνουν την ποιότητα παραγωγής, προοδεύουν την διατροφική αποτελεσματικότητα, την ανθεκτικότητα στο αβιοτικό και βιοτικό στρες (π.χ. αλατότητα, ξηρασία) και ωφελούν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας των φυτών. (E.B.I.C, 2011)

Η κατηγορία των βιοδιεγερτών περιλαμβάνει φυσικές οργανικές ουσίες ή εκχυλίσματα με πληθώρα συστατικών, τα οποία έχουν πολλές δράσεις αλλά και σύνθετες. Επίσης, οι βιοδιεγέρτες δεν μπορούν να δράσουν άμεσα κατά των παρασίτων και έτσι δεν προσδιορίζονται στο ρυθμιστικό πλαίσιο των φυτοφαρμάκων, αλλά ούτε και των λιπασμάτων, τα οποία έχουν ορισμένα και συγκεκριμένα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία. (Du Jardin, 2015)

Ακόμη, η βασική δράση των βιοδιεγερτών είναι υποστηρικτική, καθώς μπορούν να καλυτερεύσουν την γονιμότητα του εδάφους και την ικανότητα που έχουν τα φυτά ώστε να αναπτυχθούν υγιείς. Επιπλέον, διεγείρουν και προωθούν τις φυσικές διεργασίες σε έδαφος και φυτά, τονώνουν την ανθεκτικότητα σε δυσμενείς συνθήκες και τον ανταγωνισμό, αλλά και την φωτοσυνθετική δράση. (Sharma et al., 2014)

### 6.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΩΝ

Γενικά, η κατηγοριοποίηση των βιοδιεγερτών εμφανίζει ενδιαφέρον, διότι συμβάλει στην καλύτερη μελέτη και ανάλυση τους. Η πιο συνήθης κατηγοριοποίηση βασίζεται στις πρώτες ύλες που εφαρμόζονται για αυτούς και είναι οι εξής: (Du Jardin, 2015)

- Βιοδιεγέρτες από χουμικά και φουλβικά οξέα

- Βιοδιεγέρτες από υδρόλυση πρωτεϊνών και αμινοξέα
- Βιοδιεγέρτες από μικροοργανισμούς
- Βιοδιεγέρτες από βιοπολυμερή
- Βιοδιεγέρτες από ανόργανες ενώσεις
- Βιοδιεγέρτες από φύκια

**ΠΙΝΑΚΑΣ 8:** Επίδραση των βιοδιεγερτών σε φυσιολογικά και αγρονομικά χαρακτηριστικά αλλά και τα αναμενόμενα οφέλη τους. (Κουτσούγερας, 2019, Du Jardin, 2015)

	<b>Χουμικά οξέα</b>	<b>Εκχυλίσματα φυκιών</b>	<b>Προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών και αμινοξέα</b>	<b>Γλυκίνες / Βεϊταΐνες</b>	<b>Μικροοργανισμοί (ριζοβακτήρια)</b>
<b>Επίδραση σε κυτταρικό επίπεδο</b>	Ενεργοποίηση ΑΤΡασών άντλησης πρωτονίων στην πλασματική μεμβράνη, επάγοντας την κυτταρική μεγέθυνση ριζικών κυττάρων ( <i>Zea mays</i> ) (Jindo et. al., 2012)	<i>Ascophyllum nodosum</i> προάγει την έκφραση συγκεκριμένων γονιδίων συμβάλλοντας στην αφομοίωση ιχνοστοιχείων ( <i>Brassica napus</i> ) (Bilard et. al., 2014)	Το ενζυματικό υδρόλυμα πρωτεϊνών από <i>Medicago sativa</i> διεγείρει το ένζυμο PAL, την έκφραση γονιδίων και την παραγωγή φλαβονοειδών υπό συνθήκες stress αλατότητας (Ertani et. al., 2013)	Προστασία φωτοσυστήματος II, από την επίδραση αλατότητας στην κινόα (Shabala et. al., 2012)	Ενεργοποίηση φυτικών ορμονών – αυξινών από το <i>Azospirillum brasiliense</i> . Επίδραση στο μήκος της ρίζας του <i>Triticum Aestivum</i> (Dobbelaere et. al., 1999)

<b>Επιρροή σε φυσιολογικές δραστηριότητες</b>	Αυξημένη ριζική ανάπτυξη	Αυξημένες συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων στους ιστούς	Προστασία φλαβονοειδών έναντι ακτινοβολίας UV και οξειδωτικών διεργασιών	Μείωση γήρανσης των φύλλων και αυξημένη φωτοσυνθετική δραστηριότητα σε συνθήκες αυξημένης αλατότητας	Αύξηση ριζικών τριχιδίων και ριζικής πλευρικής πυκνότητας
<b>Αποτελέσματα στην γεωργική πράξη</b>	Βελτίωση αποτελεσματικότητας θρεπτικών ουσιών	Βελτιωμένη σύνθεση ιχνοστοιχείων στους φυτικούς ιστούς	Αυξημένη ανθεκτικότητα κάτω από συνθήκες αβιοτικών καταπονήσεων	Αύξηση ανθεκτικότητας κάτω από συνθήκες αβιοτικών καταπονήσεων	Βελτίωση αποδοτικότητας θρεπτικών ουσιών
<b>Οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη</b>	Αύξηση απόδοσης καλλιέργειας, μείωση εισροών και απωλειών στο περιβάλλον	Ενισχυμένη θρεπτική αξία φυτικών ιστών (αυξημένη σύσταση σε S, Fe, Zn, Mg, Cu)	Υψηλότερη απόδοση κάτω από συνθήκες αβιοτικού stress	Αύξηση της καλλιεργητικής απόδοσης σε συνθήκες αβιοτικών καταπονήσεων	Μεγαλύτερη απόδοση, μείωση εισροών και απωλειών στο περιβάλλον

## 6.2 ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΕΣ ΑΠΟ ΦΥΚΙΑ

Η χρήση των θαλάσσιων φυκών γίνεται από την αρχαιότητα ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες τους ανθρώπου. Τα φύκια χρησιμοποιούνται από διάφορους τομείς όπως η γεωργία, η ιατρική και η υφαντουργία (Khan et. al., 2009). Επίσης, τα είδη των φυκών που έχουν καταγραφεί είναι περίπου 10.000 και διαχωρίζονται με το χρώμα τους σε:

- Καστανά (Phaeophyta)
- Κόκκινα (Rhodophyta)
- Πράσινα (Chlorophyta)

Παράλληλα, σύμφωνα με διάφορες έρευνες έχει παρατηρηθεί ότι έχει αναπτυχθεί μεγάλο ενδιαφέρον σχετικά με την χρήση των εκχυλισμάτων φυκών τον τελευταίο αιώνα.

Ακόμη, όσα αφορά τις κατηγορίες αυτές, τα *Phaeophyta* (περίπου 2.000 είδη) εφαρμόζονται ως βιοδιεγέρτες των φυτών και κυρίως το είδος *Ascophyllum nodosum*, το οποίο αποτελεί βασικό συστατικό της ταμπλέτας που χρησιμοποιήθηκε για την καλλιέργεια της πιπεριάς. Τα φύκια συλλέγονται με την μηχανολογική μέθοδο, η οποία είναι ταχύτερη και πιο αποτελεσματική, αλλά και με την χειρωνακτική μέθοδο, όπου είναι πιο φιλική προς το περιβάλλον και έτσι, ανάλογα με το ισχύον νομικό καθεστώς της κάθε χώρας και την περιβαλλοντική ευαισθησία της εφαρμόζεται αναλόγως μια από τις μεθόδους. (Κουτσογέρας, 2019)

Επιπλέον, τα εκχυλίσματα που χρησιμοποιούνται ως βιοδιεγέρτες προκύπτουν μέσα από συγκεκριμένη μεθοδολογία και οι διαδικασίες γίνονται είτε με μεμονωμένο τρόπο είτε συνδυαστικά μεταξύ τους. Ενώ, έτσι διατίθενται εκχυλίσματα φυκών είτε σε υγρή μορφή είτε σε στερεή και εφαρμόζονται στο φύλλωμα των φυτών ή στις ρίζες τους, μέσω ψεκάσματος, ριζοποτίσματος ή με την ανάμειξη τους στο νερό άρδευσης. Επιπρόσθετα, έχουν την ικανότητα να δράσουν ως βιοδιεγέρτες καθώς περιέχουν ανόργανες αλλά και οργανικές ουσίες, οι οποίοι συμβάλλουν στην ανάπτυξη του φυτού, όπως το γιββερυλικό οξύ, το σαλικυλικό οξύ και οι κυτοκινίνες, οι οποίες είναι φυτικές ορμόνες, οι πολυφαινόλες, οι πολυσακχαρίτες, οι στερόλες, οι υδατάνθρακες, τα λιπαρά οξέα κ.α. (Παυλάκης, 2018).

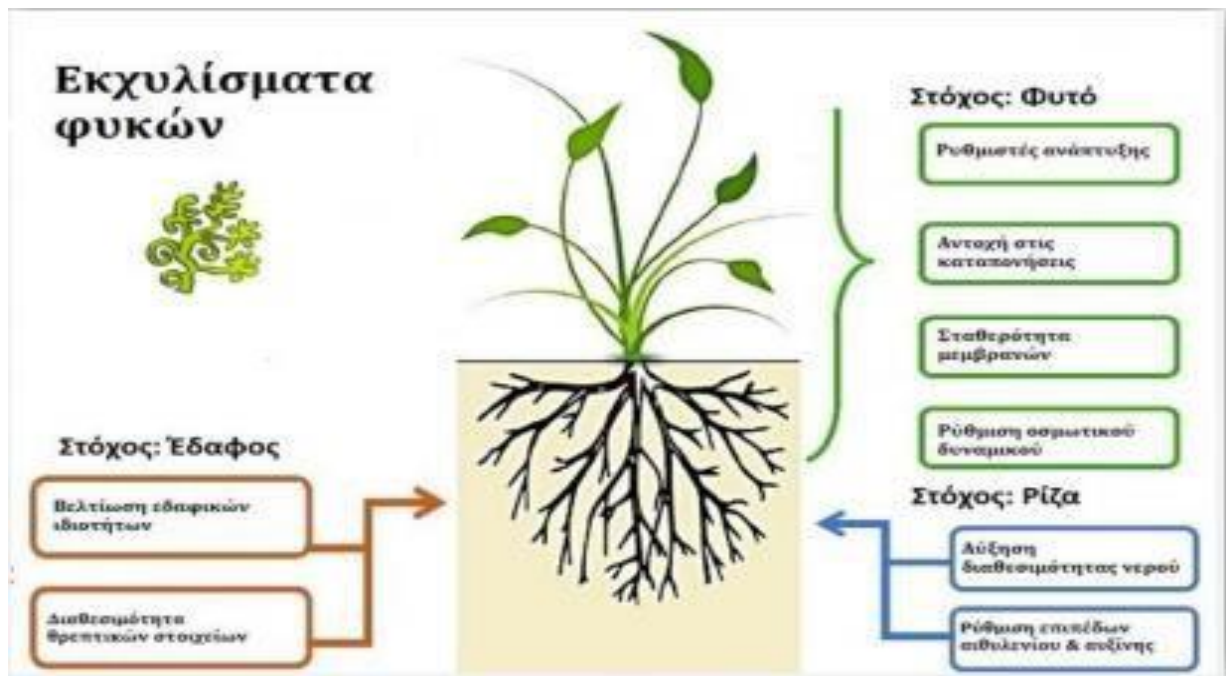
**ΠΙΝΑΚΑΣ 9:** Ταξινόμηση φυτικών ορμονών στα καστανά φύκια (Κουτσογέρας, 2019)

Φυτικές ορμόνες	Καστανά φύκια ( <i>Phaeophyta</i> )
Αποκοπτικό οξύ (ABA)	<i>Ascophyllum</i> , <i>Laminaria</i>
Αυξίνες (IAA)	<i>Ascophyllum</i> , <i>Fucus</i> , <i>Laminaria</i> , <i>Macrocystis</i> , <i>Undaria</i>
Κυτοκινίνες (CK <sub>s</sub> )	<i>Ascophyllum</i> , <i>Cystoseira</i> , <i>Ecklonia</i> , <i>Fucus</i> , <i>Macrocystis</i> , <i>Sargassum</i>
Γιββερελλίνες (GAs)	<i>Cystoseira</i> , <i>Ecklonia</i> , <i>Fucus</i> , <i>Petalonia</i> , <i>Sargassum</i>

Η ανάπτυξη των φυτών επηρεάζεται ευεργετικά από την παρουσία των συγκεκριμένων ουσιών ως εξής:

- Καλύτερεύουν τον αερισμό του εδάφους και διατηρούν ιδανικό το επίπεδο της υγρασίας του. (Battacharyya et. al., 2015)
- Βοηθούν στην ανάπτυξη και την λειτουργία των ριζών, για να προσλαμβάνουν πιο εύκολα τα φυτά τις θρεπτικές ουσίες. (Stirk et. al., 2014)
- Συμβάλλουν στην διαδικασία της φωτοσύνθεσης των φυτών, ενώ καθυστερούν την γήρανση των φυτικών ιστών. (Khan et. al., 2009)
- Ενισχύουν την ανθεκτικότητα των φυτών σε ακραίες συνθήκες (αλατότητα, έλλειψη νερού, δυσμενείς θερμοκρασίες, προσβολή από μικροοργανισμούς)

Τα ωφέλιμα αποτελέσματα των βιοδιεγερτών φυκιών ως προς τα φυτά απεικονίζεται παρακάτω ως εξής:



ΕΙΚΟΝΑ 5: Απεικόνιση των βασικών λειτουργιών των εκχυλισμένων φυκών (Κουτσούγερας, 2019)

### 6.3 ASCOPHYLLUM NODOSUM

Επομένως, με βάση τα παραπάνω μπορεί να προσδιοριστεί η σημασία αλλά και η θετική επίδραση του *Ascophyllum nodosum* ως προς την ανάπτυξη των φυτών, καθώς το συγκεκριμένο είδος είναι από τα πιο βασικά στην κατηγορία των εκχυλισμένων φυκών. Και έτσι με βάση το γεγονός ότι στην συγκεκριμένη καλλιέργεια πιπεριάς χρησιμοποιήθηκαν ταμπλέτες Mycoshell Tabs, η οποία περιείχε το συγκεκριμένο βιοδιεγέρτη, μπορεί να γίνει αντιληπτό με βάση τα παραπάνω ως



προς τι οφέλη είχε η πιπεριά από αυτόν τον βιοδιεγέρτη. Ενώ, σύμφωνα με έρευνες έχει παρατηρηθεί αύξηση μήκους και διαμέτρου του καρπού της πιπεριάς, παράλληλα βελτιώνεται η αποδοτικότητα και το επίπεδο της χλωροφύλλης. (Eris et. al., 1995)

## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7<sup>ο</sup>

#### 7.1. ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Στο εισαγωγικό μέρος της παρούσας εργασίας εκτέθηκε η διατροφική αξία της πιπεριάς αναφορικά με την ολική αντιοξειδωτική ικανότητα των συστατικών που περιέχονται στους καρπούς της και ιδιαίτερα στην περιεκτικότητα των καρπών της σε ασκορβικό οξύ και ολικές φαινόλες. Επίσης αναφέρθηκε η σημασία των συμβιωτικών μικροοργανισμών και των βιοδιεγερτών στην ανάπτυξη των φυτών.

Στην παρούσα εργασία έγινε αξιολόγηση της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας (TAC) και της περιεκτικότητας σε ασκορβικό οξύ και ολικές φαινόλες (TPC) μεταξύ δύο ποικιλιών πιπεριάς σε συνδυασμό με την παρουσία ή όχι συμβιωτικών μικροοργανισμών και βιοδιεγερτών στο ριζικό σύστημα των φυτών της πιπεριάς κατά την μεταφύτευση των φυτών και την εγκατάστασή τους στο έδαφος.

### ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Σε μη θερμαινόμενο θερμοκήπιο στην περιοχή Πρεβέζης καλλιεργήθηκαν δύο υβρίδια πιπεριάς τύπου φλάσκας (Ariosto F1 και Biondo F1)

#### 7.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε μη θερμαινόμενο απλό τοξωτό θερμοκήπιο που βρίσκεται εγκατεστημένο στην περιοχή της Πρέβεζας και έχει συνολική έκταση 120m<sup>2</sup>. Αρχικά, η προετοιμασία του εδάφους στο θερμοκήπιο, η οποία αποτελεί μια βασική καλλιεργητική εργασία πριν από κάθε φύτευση, ξεκίνησε από τις πρώτες μέρες του Μαρτίου. Το χώμα φρεζαρίστηκε μερικές φορές, ενώ συγκεκριμένα στις 10 Μαρτίου έγινε φρεζάρισμα και παράλληλα ενσωματώθηκε στο έδαφος βασικό λίπασμα (12-8-18).



ΕΙΚΟΝΑ 6: Πειραματικό θερμοκήπιο

Στην συνέχεια, για την μελέτη χρησιμοποιήθηκαν 80 φυτά πιπεριάς εκ των οποίων τα 40 ήταν τύπου «Ντολμά» ποικιλίας Biondo F1 και τα άλλα 40 ήταν τύπου «Φλάσκα» ποικιλίας Ariosto F1. Τα φυτά παρελήφθησαν σε γλαστράκια στις 18 Μαρτίου και η μεταφύτευσή στο έδαφος του θερμοκηπίου έγινε 26 Μαρτίου.

- **Biondo F1:** Υβρίδιο πιπεριάς τύπου «Ντολμά», που παράγει μεγάλο, τετράγωνο και με χρώμα επιδερμίδας ανοιχτό πράσινο καρπό. Διακρίνεται για την ποιότητα του καρπού, καθώς έχει λεπτή σάρκα.
- **Ariosto F1:** Υβρίδιο πιπεριάς τύπου «Φλάσκα», που παράγει μεγάλο, τετράγωνο και με χρώμα επιδερμίδας πράσινο προς κόκκινο καρπό. Ο καρπός έχει εξαιρετική ποιότητα με παχιά τοιχώματα.



ΕΙΚΟΝΑ 7: Ποικιλία πιπεριάς σε γλαστράκια πριν την μεταφύτευση

Στα μισά φυτά της κάθε ποικιλίας κατά την μεταφύτευσή τους στο έδαφος τοποθέτηθηκε η ταμπλέτα Mycoshell Tabs, ενώ στα υπόλοιπα μισά δεν έγινε κάτι τέτοιο.

Mycoshell tabs είναι οι ταμπλέτες που χρησιμοποιήθηκαν για την καλλιέργεια της πιπεριάς, οι οποίες περιλάμβαναν τις ενδομυκόρριζες του γένους *Rhizophagus irregularis* και συνδυαζόταν με το εκχύλισμα φυκιών *Ascophyllum nodosum*. Τόσο για τις ενδομυκόρριζες αυτού του γένους όσο και για το συγκεκριμένο εκχύλισμα φυκιών έχει πραγματοποιηθεί παραπάνω αναλυτική αναφορά για τις δράσεις τους αλλά και τα οφέλη που έχουν ως προς τα φυτά. Για αυτό και ο συνδυασμός αυτών των δύο συμβάλλει ευεργετικά στα εξής:

- Μείωση μεταφυτευτικού στρες
- Προώθηση σχηματισμού ισχυρού ριζικού συστήματος
- Βελτιώνει την μετακίνηση των θρεπτικών στοιχείων και του νερού προς το φυτό
- Ενισχύει την ανθεκτικότητα του φυτού σε διάφορα περιβαλλοντικά στρες και αλατότητες
- Επιταχύνει την πρώτη ανάπτυξη των φυτών



ΕΙΚΟΝΑ 8: Ταμπλέτες Mycoshell Tabs

Για αυτό και η τοποθέτησή των φυτών στο έδαφος του θερμοκηπίου έγινε πάνω σε διπλές γραμμές φύτευσης, καθώς υπήρχε η ανάγκη να διαχωριστούν σε μια διπλή γραμμή τα φυτά με ταμπλέτα και σε μια άλλη διπλή γραμμή αυτά που δεν είχαν, ενώ οι αποστάσεις που είχαν ήταν:

- Απόσταση μεταξύ των διαδρόμων 150εκ.
- Απόσταση μεταξύ των διπλών γραμμών 50εκ.
- Απόσταση των φυτών επί της γραμμής 50εκ.

Παράλληλα σε κάθε γραμμή υπήρχαν από 20 φυτά της κάθε ποικιλίας.



ΕΙΚΟΝΑ 9: Mycoshell Tabs και τα φυτά πιπεριάς

Ακόμη, κατά την μεταφύτευση των φυτών τοποθετήθηκε γκρι νάιλον εδαφοκάλυψης, καθώς πλεονεκτεί στα εξής:

- Εμποδίζεται η ανάπτυξη των ζιζανίων, παρασίτων και χόρτων
- Συμβάλλει στην πρωίμηση της παραγωγής
- Ελέγχει την θερμοκρασία του εδάφους επιτρέποντάς το να αναπνέει
- Παίζει σημαντικό ρόλο στην διατήρηση της υγρασίας του εδάφους
- Μειώνεται το κόστος παραγωγής, καθώς λιγοστεύουν τα εργατικά για το ξεχορτάρισμα
- Έχει υψηλή ανθεκτικότητα και αντοχή

Ενώ, κατά την τοποθέτηση των φυτών στο έδαφος προστέθηκε φυτόχωμα, ώστε να βελτιωθεί η ποιότητα του εδάφους του θερμοκηπίου και παράλληλα τα φυτά να

βοηθηθούν στην προσαρμογή τους έδαφος. Διότι, το φυτόχωμα προσφέρει και συμβάλλει σε πολλούς παράγοντες ώστε να αναπτυχθούν τα φυτά, όπως:

- Βελτιώνει τις συνθήκες αερισμού του χώματος
- Βελτιώνει το ΡΗ του εδάφους
- Παρεμποδίζει την ανάπτυξη ασθενειών των φυτών
- Αποτελεί άριστη τροφή για τα φυτά, καθώς περιέχει οργανικά και ανόργανα στοιχεία που είναι αναγκαία στα φυτά
- Αυξάνει την υγρασία του εδάφους
- Και αυξάνονται οι ωφέλιμοι μικροοργανισμοί στο έδαφος



ΕΙΚΟΝΑ 10: Το θερμοκήπιο μετά την μεταφύτευση των φυτών

Το σύστημα άρδευσης που εφαρμόστηκε στην συγκεκριμένη καλλιέργεια ήταν η στάγδην άρδευση. Τοποθετήθηκαν πλαστικοί σωλήνες σε κάθε γραμμή της καλλιέργειας, κάτω από το γκρι νάιλον, και δίπλα από κάθε φυτό υπήρχε μια μικρή οπή του σωλήνα από όπου σχηματιζόταν σταγονίδια και αρδεύονταν το κάθε φυτό.



ΕΙΚΟΝΑ 11: Φυτό πιπεριάς και δίπλα το σύστημα στάγδην άρδευση

Επίσης, τα φυτά της πιπεριάς ποτίζονταν ανά 2-3 ημέρες, ενώ ο χρόνος και η ποσότητα ποτίσματος επηρεάζονταν από το στάδιο ωρίμανσης των φυτών αλλά και τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούσαν στην περιοχή.

Ακόμη, στις 29 Μαρτίου έγινε η πρώτη λίπανση των φυτών και ακολούθησαν άλλες 13 λιπάνσεις μέχρι να γίνει η συγκομιδή των καρπών. Και οι δυο ποικιλίες πιπεριάς, ανεξαρτήτως αν είχαν ταμπλέτα ή όχι, αντλούσαν την ίδια ποσότητα λιπάσματος. Χρησιμοποιήθηκαν διαλυτά στο νερό λιπάσματα και σε κάθε φυτό εφαρμοζόταν 250-300ml θρεπτικού διαλύματος. Παράλληλα στα φυτά γινόταν λίπανση περίπου ανά 5 ημέρες, δηλαδή ανά δυο ποτίσματα.

Στο στάδιο της μεταφύτευσης – ανθοφορίας χρησιμοποιηθήκαν συνθετικά και ισορροπημένα λιπάσματα, ώστε να καλυφθούν όλες οι ανάγκες του αυξημένου ρυθμού ανάπτυξης. Ενώ, ο στόχος αυτών των λιπασμάτων ήταν η ισορροπία μεταξύ της βλαστικής και της αναπαραγωγικής φάσης. Επιπλέον, σε αυτό το στάδιο ανάπτυξης των φυτών χρησιμοποιήθηκε νιτρική αμμωνία, καθώς προσφέρει στην βλαστικότητα αλλά και στην ανάπτυξη του φυτού. Ωστόσο, στο στάδιο ανθοφορίας έως την ανάπτυξη των καρπών χορηγήθηκε στον φυτό και νιτρικό κάλιο ώστε να

καλυφθούν οι ανάγκες της καλλιέργειας. Ενώ, κατά την ανάπτυξη των καρπών υπήρξε η παροχή στα φυτά νιτρικού ασβεστίου αλλά και μαγνησίου, διότι σε αυτό στο στάδιο αυξάνονται οι απαιτήσεις σε ιχνοστοιχεία στην καλλιέργεια της πιπεριάς. Τέλος, κατά την συγκομιδή ανάλογα με τις ανάγκες και τις παρατηρήσεις που γίνονται στα φυτά έγιναν οι κατάλληλες διορθωτικές κινήσεις.

Είδη Λιπασμάτων	Φορές Χρήσης	% Περιεκτικότητα
Συνθετικό Λίπασμα	6	21-8-23 + Ιχν.
Νιτρική Αμμωνία	2	27-0-0 + Ιχν.
Νιτρικό Κάλιο	3	13-0-46
Νιτρικό Ασβέστιο	2	15-0-0 + 27CaO
Νιτρικό Μαγνήσιο	1	11-0-0 + 15,5MgO



ΕΙΚΟΝΑ 12: Συνθετικό λίπασμα που χρησιμοποιήθηκε στην καλλιέργεια





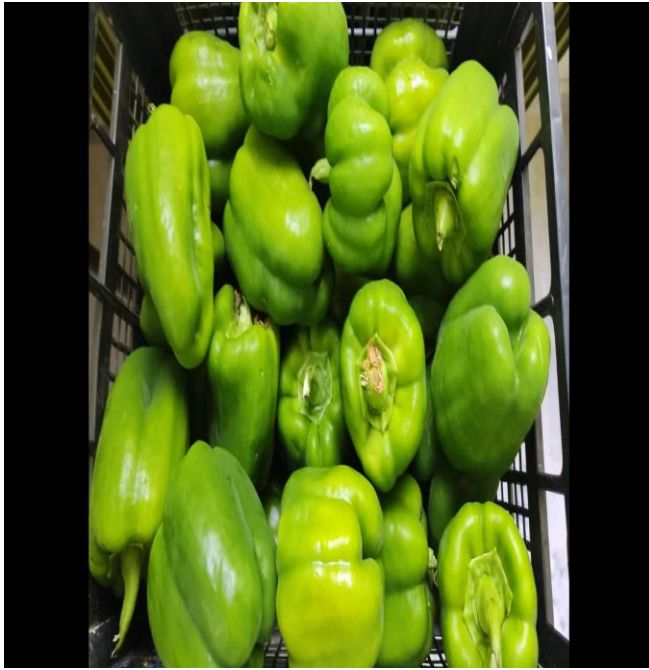
ΕΙΚΟΝΑ 13: Το άνθος πιπεριάς στην καλλιέργεια του θερμοκηπίου

Στις 25 Απριλίου παρατηρήθηκε το πρώτο άνθος πιπεριάς και προήλθε από την ποικιλία Biondo F1, ενώ περιείχε την ταμπλέτα Mycoshell Tabs.



ΕΙΚΟΝΑ 14: Καρπός πιπεριάς στην καλλιέργεια του θερμοκηπίου

Επιπρόσθετα, στις 5 Μαΐου παρατηρήθηκαν οι πρώτοι καρποί από την ποικιλία Biondo F1, η οποία εμπεριείχε την ταμπλέτα Mycoshell Tabs.



ΕΙΚΟΝΑ 15: Καρπός πιπεριάς ποικιλίας Ariosto F1



ΕΙΚΟΝΑ 16: Καρπός πιπεριάς ποικιλίας Biondo F1

Η συγκομιδή του καρπού της πιπεριάς και στις δυο ποικιλίες ξεκίνησε στις Αρχές Ιουνίου και σχεδόν ταυτόχρονα.

Τέλος, γενικότερα δεν εντοπίστηκε κάποια σημαντική παρατήρηση μεταξύ των ποικιλιών ή μεταξύ των φυτών που περιείχαν την ταμπλέτα Mycoshell Tabs και

αυτών που δεν την είχαν σε κάποιο σημαντικό στάδιο ανάπτυξης των φυτών (π.χ. στο στάδιο της ανθοφορίας ή στο στάδιο της καρποφορίας ή στο στάδιο της συγκομιδής).



Εικόνα 17: Αίθουσα εργαστηρίου Τμήματος Γεωπονίας, όπου έλαβε χώρα το πείραμα (Ιούνιος 2022)

### ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

- 1) Δείγματα δυο (2) ποικιλιών πιπεριάς
- 2) Αναλυτικός ζυγός
- 3) Φασματοφωτόμετρο ορατού-υπεριώδους
- 4) Σιφόνια
- 5) Χωνί
- 6) Δηθητικό χαρτί Wattman 2
- 7) Πλαστικό φιλμ (parafilm)
- 8) Προχοΐδα
- 9) Πιπέτες
- 10) Κυψελίδες
- 11) Ποτήρι ζέσεως
- 12) Μύλος άλεσης
- 13) Μαγνητικός αναδευτήρας
- 14) Διάλυμα αμύλου

- 15) Διάλυμα ιωδίου
- 16) Διάλυμα ανθρακικού νατρίου
- 17) Νερό
- 18) Μεθανόλη
- 19) Αντιδραστήριο Folin Ciocalteu
- 20) Αντιδραστήριο DDPH
- 21) Αντιοξειδωτικό αναφοράς (Trolox)
- 22) Γαλλικό οξύ

### 7.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ – ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΑΚΑΣΙΑ

Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν δέκα (10) καρποί από κάθε υβρίδιο πιπεριάς και προσδιορίστηκαν η περιεκτικότητά τους σε ασκορβικό οξύ και ολικές φαινόλες και η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα (TAC) της σάρκας των καρπών. Χρησιμοποιήθηκαν οι εξής μέθοδοι: Α. Τιτλοδότηση με διάλυμα Ιωδίου για τον προσδιορισμό Βιταμίνης C, Β. Μέθοδος του 1,1-Διφαινυλ-2-Πικρυλυδραζυλίου (DDPH) για τον προσδιορισμό της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας και Γ. Μέθοδος Folin – Ciocalteu για τον προσδιορισμό ολικών φαινόλων.



Εικόνα 18: Δείγματα πιπεριάς και μαγνητικός αναδευτήρας

### Διαδικασία εκχύλισης

Από κάθε καρπό ελήφθη ποσότητα σάρκας (>30 g), η οποία πολτοποιήθηκε σε μύλο άλεσης **μαζί με ίση ποσότητα νερού**. Ακολούθησε παραλαβή του εκχυλίσματος μετά από διήθηση του πολτού με διηθητικό χαρτί Wattman 2.



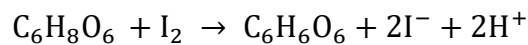
Εικόνα 19: Εκχυλισμένα δείγματα πιπεριάς

#### **A. Προσδιορισμός ασκορβικού οξέος με τιτλοδότηση (ιωδομετρική μέθοδος)**

Η βιταμίνη C (ασκορβικό οξύ  $C_6H_8O_6$ ) είναι αντιοξειδωτική (αναγωγική) ουσία. Μία κατάλληλη μέθοδος για τον «ποσοτικό» προσδιορισμό της συγκέντρωσης της είναι να χρησιμοποιήσουμε μια οξειδοαναγωγική ογκομέτρηση με διάλυμα ιωδίου  $I_2$  (δεν χρησιμοποιούμε οξεοβασική ογκομέτρηση λόγω των επιπλέον οξέων που υπάρχουν στους χυμούς).

Όταν σε ένα διάλυμα που περιέχει βιταμίνη C, προσθέσουμε σταγόνα-σταγόνα διάλυμα ιωδίου, το μόριο της Βιταμίνης C χάνει ηλεκτρόνια, τα οποία μεταφέρονται στο μόριο του ιωδίου. Το ασκορβικό οξύ ( $C_6H_8O_6$ ) οξειδώνεται σε

δεϋδρο ασκορβικό οξύ ( $C_6H_6O_6$ ) και το ιώδιο ανάγεται σε ιόντα ιωδίου (οξειδοαναγωγική αντίδραση).



Αν στο διάλυμα της βιταμίνης C προσθέσουμε διάλυμα αμύλου, μόλις η βιταμίνη C εξαντληθεί, το ιώδιο θα είναι ελεύθερο και το διάλυμα θα αντιδράσει με το άμυλο σχηματίζοντας σύμπλοκο εγκλεισμού ιωδίου με ιώδες χρώμα.

Η ποσότητα της βιταμίνης C θα είναι ανάλογη με την ποσότητα του διαλύματος ιωδίου που απαιτείται μέχρι την εμφάνιση του ιώδους χρώματος. Αν διαθέτουμε πρότυπα διαλύματα γνωστής συγκέντρωσης βιταμίνης C, τότε μπορούμε να προσδιορίσουμε την ποσότητα της βιταμίνης C σε άγνωστα διαλύματα, αντιστοιχώντας την ποσότητα της βιταμίνης C με τον απαιτούμενο όγκο του διαλύματος ιωδίου για την πλήρη εξουδετέρωσή της.

Αυτή η διαδικασία τιτλοδότησης είναι κατάλληλη για τον έλεγχο της ποσότητας της βιταμίνης C σε χυμούς φρούτων και λαχανικών κ.α.

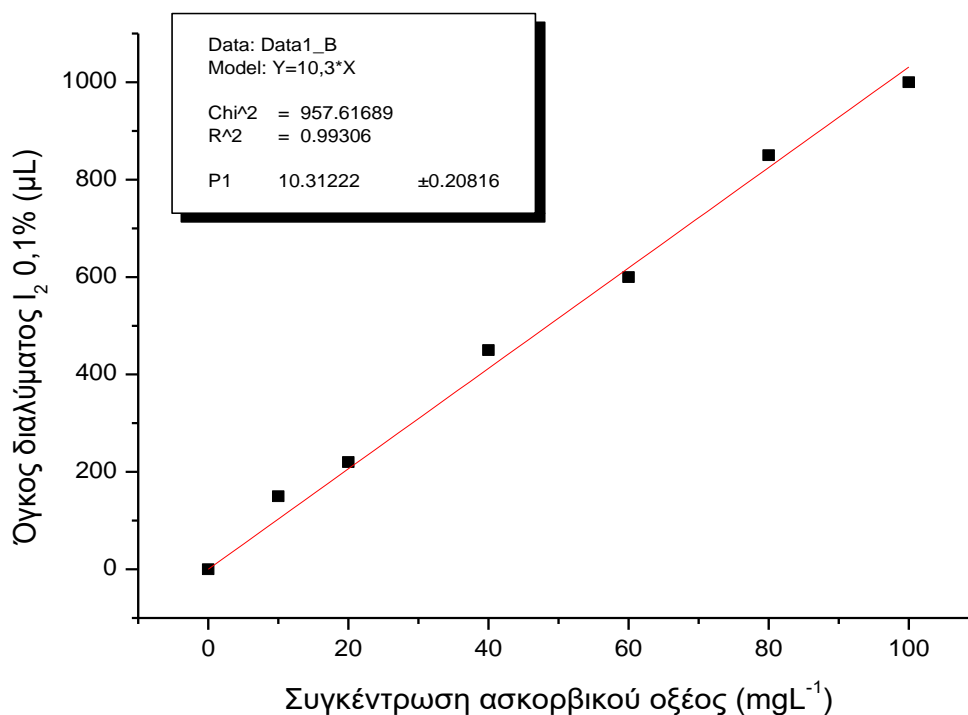
### **Δημιουργία πρότυπων διαλυμάτων βιταμίνης C και κατάρτιση πρότυπης καμπύλης αναφοράς.**

#### **Αντιδραστήρια:**

- Αρχικά φτιάχνουμε διαλύματα βιταμίνης C με περιεκτικότητα από 0,1 έως 1 mg/mL με κλιμάκωση ανά 0,1 mg.
- Διαλύουμε 10 mL εμπορικού βάμματος Ιωδίου, συγκέντρωσης 2% σε  $I_2$ , με 190 mL  $H_2O$ . Προκύπτει διάλυμα βάμματος ιωδίου 0,1 % σε  $I_2$ .
- Σε ποτήρι ζέσεως διαλύουμε 100 mg αμύλου σε 10 mL  $H_2O$  με συνεχή ανάδευση και θέρμανση, μέχρι πλήρους διάλυσης του αμύλου. Προκύπτει διάλυμα αμύλου 1%.

### **Διαδικασία τιτλοδότησης-Κατάρτιση καμπύλης αναφοράς για το ασκορβικό οξύ**

Σε ποτήρι ζέσεως προσθέτουμε ακριβώς 1 mL από τα γνωστής συγκέντρωσης διαλύματα ασκορβικού οξέος και 100  $\mu\text{L}$  διαλύματος αμύλου 1%. Προσθέτουμε επιπλέον 9 mL  $\text{H}_2\text{O}$ . Ακολουθεί η σταδιακή προσθήκη, με την χρήση προχοΐδας, υδατικού διαλύματος βάμματος ιωδίου συγκέντρωσης 0,1 % σε Iodine ( $\text{I}_2$ ), υπό συνεχή ανάδευση με την χρήση μαγνητικού αναδευτήρα, μέχρι την ανάπτυξη ιώδους-κυανού χρώματος που να παραμένει σταθερό για τουλάχιστον 30 sec. Για την κάθε γνωστή ποσότητα ασκορβικού οξέος καταγραφούμε την απαιτούμενη ποσότητα διαλύματος ιωδίου και σε σύστημα αξόνων υλοποιούμε την καμπύλη αναφοράς όπου Y: ο απαιτούμενος όγκος ιωδιούχου διαλύματος και X: η γνωστή ποσότητα ασκορβικού οξέος.



Εικόνα 20: Καμπύλη αναφοράς που αποδίδει την σχέση μεταξύ ποσότητας ασκορβικού οξέος και καταναλισκόμενου όγκου ιωδιούχου διαλύματος 0,1% σε  $\text{I}_2$

Δεδομένου ότι κατά την τιτλοδότηση χρησιμοποιήθηκαν 10 mL από το εκάστοτε διάλυμα ασκορβικού οξέος, σύμφωνα με την παραπάνω εξίσωση γραμμική παλινδρόμησης ( $Y=10,3*X$ ) του απαιτούμενου όγκου (Y) ιωδιούχου διαλύματος συγκέντρωσης 0,1% σε  $\text{I}_2$ , πάνω στις τιμές της συγκέντρωσης του ασκορβικού οξέος (X), σε κάθε mL καταναλισκόμενου ιωδιούχου διαλύματος αντιστοιχεί 1 mg



ασκορβικού οξέος (το οποίο περιέχεται στα 10 mL διαλύματος ασκορβικού οξέος με συγκέντρωση 100 mg L<sup>-1</sup>).

### **Τρόπος εργασίας για τον προσδιορισμό του ασκορβικού οξέος στα δείγματα των καρπών**

Από το κάθε εκχύλισμα με την χρήση αυτόματης πιπέτας λαμβάνονται με ακρίβεια 2 mL (ήτοι 1 g χυμού από την σάρκα των καρπών) και προστίθενται σε δοχείο ζέσεως των 50 mL. Ακολουθεί προσθήκη 8 mL περίπου H<sub>2</sub>O και 100 μL διαλύματος 1% αμύλου. Η τιτλοδότηση γίνεται με σταδιακή προσθήκη, με την χρήση προχοΐδας, υδατικού διαλύματος βάμματος ιωδίου συγκέντρωσης 0,1 % σε Iodine (I<sub>2</sub>), μέχρι την ανάπτυξη ιώδους-κυανού χρώματος που να παραμένει σταθερό για τουλάχιστον 30 sec, και η οποία σηματοδοτεί το τέλος της εξουδετέρωσης του ασκορβικού οξέος στο εκάστοτε δείγμα. Η όλη διαδικασία διευκολύνεται με την χρήση μαγνητικού αναδευτήρα.

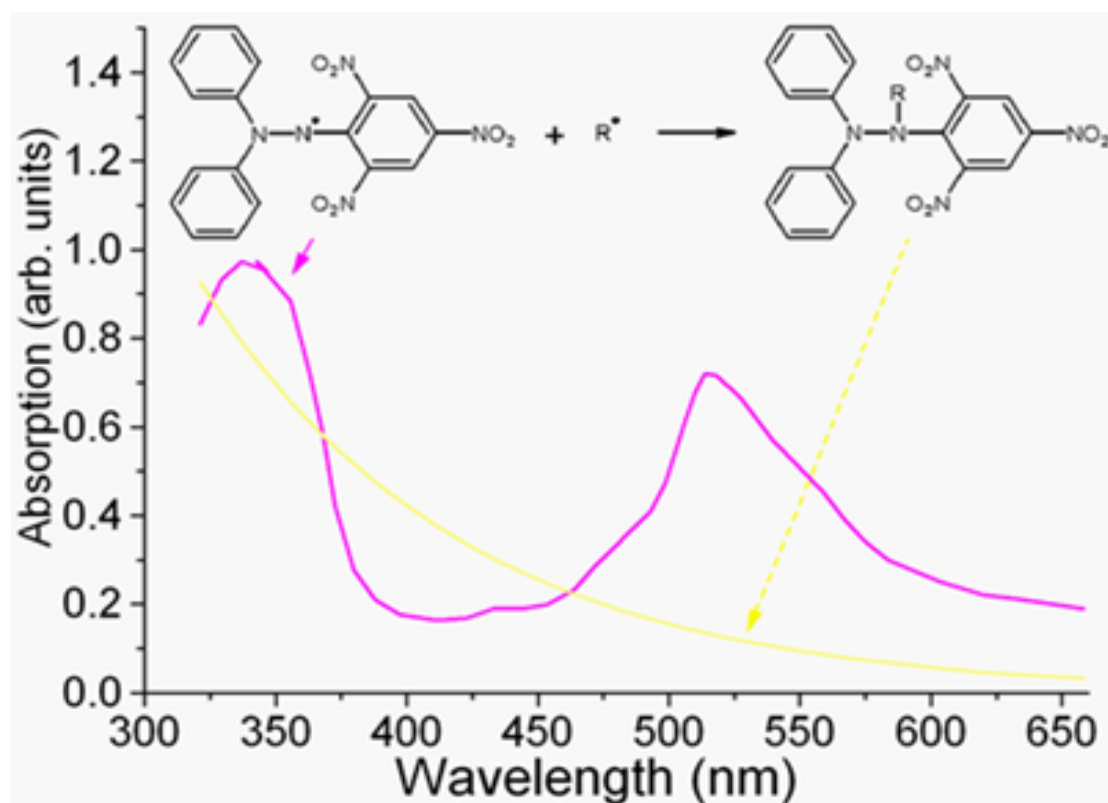
Η κατανάλωση του όγκου του ιωδιούχου διαλύματος που απαιτήθηκε καταγράφεται και σύμφωνα με την καμπύλη αναφοράς (Εικόνα 20) για την βιταμίνη C, για κάθε mL ιωδιούχου αντιδραστηρίου, αντιστοιχούν 100 mg ασκορβικού οξέος ανά 100 g σάρκας καρπού.

### **B. Προσδιορισμός Ολικής Αντιοξειδωτικής Ικανότητας (TAC) με την μέθοδο DPPH**

Για τον προσδιορισμό της TAC των καρπών πιπεριάς που μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία, εφαρμόστηκε η μέθοδος του Διφαινυλοπικρυλυδραζυλίου (DPPH).

Η μέθοδος βασίζεται στη βαθμιαία εξαφάνιση της ιώδους απόχρωσης της σταθερής DPPH ρίζας λόγω της δέσμευσής της από αντιοξειδωτικές ουσίες, οι οποίες έχουν ισχυρή ικανότητα αδρανοποίησης ελευθέρων ριζών. Η μέθοδος στηρίζεται στην αντίδραση των διαφόρων αντιοξειδωτικών ουσιών που περιέχονται στα υπό μελέτη δείγματα καρπών, με μεθανολικό (MeOH) ή αιθανολικό (EtOH) διάλυμα της σταθερής 1,1-διφαινυλ-2-πικρυλυδραζυλικής ρίζας (DPPH), η οποία απορροφά έντονα στα 515 nm. Με την προσφορά υδρογόνου/ηλεκτρονίου ανάγεται σε υδραζίνη με αποτέλεσμα τον αποχρωματισμό του διαλύματος. Λόγω της παρουσίας του μονήρους ηλεκτρονίου, το DPPH έχει υψηλή απορρόφηση σε αιθανολικό ή μεθανολικό διάλυμα στα 515 nm. Όσο το ηλεκτρόνιο αυτό δεσμεύεται,

η απορρόφηση μειώνεται, και ο βαθμός αποχρωματισμού είναι στοιχειομετρικά ο αριθμός των ηλεκτρονίων που έχουν δεσμευτεί. Η κατανάλωση του DPPH από τα αντιοξειδωτικά, έχει ως αποτέλεσμα την εξασθένηση του πορφυρού χρώματος του διαλύματός του, η οποία παρακολουθείται στα 515 nm, όπου παρατηρείται το μέγιστο του φάσματος της ρίζας.



Εικόνα 21: Καμπύλη απορρόφησης διαλύματος DPPH στα διάφορα μήκη κύματος του ορατού φάσματος. Η ιώδης καμπύλη αφορά την μη δεσμευμένη ρίζα του DPPH από τα αντιοξειδωτικά Η κίτρινη καμπύλη αφορά την δεσμευμένη ρίζα του DPPH. Σε μήκος κύματος 515 nm η απορρόφηση του φωτός από την δεσμευμένη ρίζα του DPPH είναι ελάχιστη, ενώ η μη δεσμευμένη παρουσιάζει μέγιστο απορρόφησης.

Η μεταβολή αυτή (μείωση της απορρόφησης) είναι ανάλογη της συγκέντρωσης της αντιοξειδωτικής ουσίας και έχει σαν αποτέλεσμα την αντίστοιχη μείωση της οπτικής απορρόφησης στα 515nm.

Η κινητική συμπεριφορά των αντιοξειδωτικών εξαρτάται από το χρόνο αντίδρασης τους και κατηγοριοποιείται ως ταχεία (για χρόνο αντίδρασης <5 min), ενδιάμεση (για χρόνο αντίδρασης 5-30 min) και αργή (για χρόνο αντίδρασης >30 min). Σαν γενικός κανόνας ο χρόνος των 30 min θεωρείται επαρκής για την

ολοκλήρωση της αντίδρασης αντιοξειδωτικών που περιέχονται σε κάποιο δείγμα με το αντιδραστήριο DPPH.

Η μεταβολή της απορρόφησης προσδιορίζεται φωτομετρικά και δεν αποδίδεται σε άμεση αντιστοίχιση με την ποσότητα των αντιοξειδωτικών ουσιών που αντέδρασαν με το DPPH, αλλά έμμεσα ως το ποσοστό του DPPH ( $\Delta A\%$ ) που απομένει στο δείγμα και είναι αντιστρόφως ανάλογο με την συγκέντρωση των αντιοξειδωτικών. Το ποσοστό υπολογίζεται ως :

$$\Delta A\% = \left( \frac{A_0 - A_{30}}{A_0} \right) \times 100$$

Όπου :

$\Delta A\%$ : Ποσοστό μείωση της απορρόφησης του αρχικού διαλύματος του DPPH.

$A_0$ : Αρχική τιμή απορρόφησης του διαλύματος DPPH (μάρτυρας) ή αλλιώς απορρόφηση σε χρόνο 0.

$A_{30}$ : Τιμή απορρόφησης του DPPH μετά από την προσθήκη ποσότητας αντιοξειδωτικών, μετά από 30 min ( $A_0 \geq A_{30}$ ).

### **Παρασκευή διαλύματος DPPH**

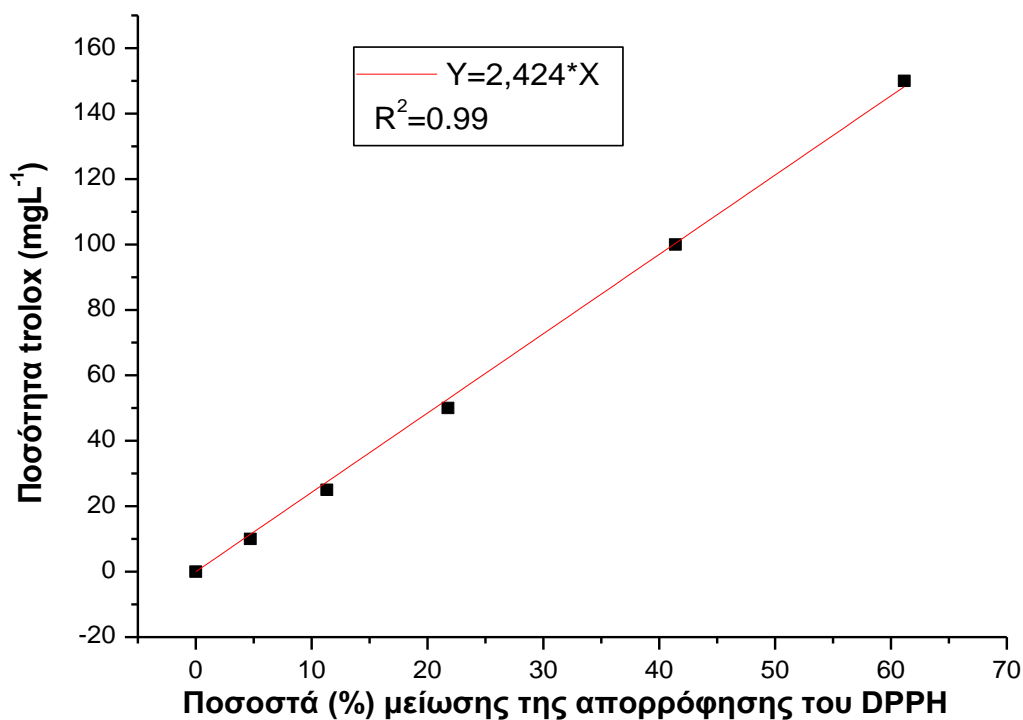
Για την παρασκευή του βασικού αντιδραστηρίου (Standard), χρησιμοποιήθηκαν 2,36 mg DPPH, τα οποία διαλύθηκαν σε 100 mL μεθανόλης και το διάλυμα αυτό (60  $\mu\text{Mol}$ ) τοποθετήθηκε στο σκοτάδι σε θερμοκρασία δωματίου. Στην συγκεκριμένη συγκέντρωση το διάλυμα αυτό παρουσιάζει τιμές απορρόφησης 0,7 στο μήκος κύματος των 515 nm και έχει ένα έντονο ιώδη χρωματισμό.

### **Κατασκευή καμπύλης αναφοράς σε ισοδύναμα Trolox για τον προσδιορισμό της TAC**

Οι τιμές των ποσοστών μείωσης της απορρόφησης του αρχικού αντιδραστηρίου, συνήθως εκφράζονται σε «ισοδύναμες ποσότητες» κάποιων ισχυρών αντιοξειδωτικών ουσιών αναφοράς, όπως είναι το Trolox (ανάλογο της βιταμίνης E) ή το ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C), ή το Γαλλικό Οξύ. Οι ποσότητες αυτές αφορούν την ποσότητα του αντιοξειδωτικού αναφοράς, η οποία έχει σαν αποτέλεσμα το αντίστοιχο ποσοστό % ( $\Delta A\%$ ) αποχρωματισμού του βασικού διαλύματος του DPPH.

Στην παρούσα εργασία ως αντιοξειδωτικό αναφοράς χρησιμοποιήθηκε το Trolox, μέσω του οποίου καταρτίστηκε καμπύλη αναφοράς που σχετίζει τα ποσοστά μείωσης της απορρόφησης του DPPH (λόγω των αντιοξειδωτικών ουσιών στο κάθε δείγμα) με τις συγκεντρώσεις του Trolox.

Για την κατάρτιση της καμπύλης αναφοράς χρησιμοποιήθηκαν συγκεντρώσεις Trolox της τάξεως των 0, 12½, 25, 50, 100 και 150 mgL<sup>-1</sup> (χιλιοστογραμμάρια ανά λίτρο ή ppm). Από τα ανωτέρω διαλύματα Trolox ελήφθησαν ποσότητες των 50 μL, οι οποίες αντέδρασαν με 1950 μL από το βασικό διάλυμα των 60 μΜοΙ του DPPH. Η καμπύλη αναφοράς που προέκυψε από τις μετρήσεις αυτές παρουσιάζεται στο γράφημα της παρακάτω εικόνας.



Εικόνα 22: Σχέση μεταξύ ποσότητας αντιοξειδωτικού αναφοράς (Trolox) και μείωσης του ποσοστού απορρόφησης του διαλύματος των 60 μΜοΙ του DPPH

Η εξίσωση παλινδρόμησης,

$$Y = 2,424 * X \quad (R^2=0,99)$$

αποδίδει την μαθηματική σχέση μεταξύ των ποσοστών μείωσης της απορρόφησης του διαλύματος των 60 μΜοΙ του DPPH και των τιμών της ποσότητας του Trolox που αντιστοιχούν σε αυτές.

Κατά την αξιοποίηση της παραπάνω μαθηματικής σχέσης και δεδομένου ότι πολλές φορές πριν τη μέτρηση των δειγμάτων (εκχυλίσματα φυτικών ιστών) προηγείται κάποιος βαθμός αραίωσης του αρχικού εκχυλίσματος, έτσι ώστε μετά την αραίωση να είναι δυνατή η μέτρηση της απορρόφησης στο φασματοφωτόμετρο ορατού-υπεριώδους, η προσδιοριζόμενη από την ανωτέρω μαθηματική σχέση ισοδύναμης ποσότητας Trolox πολλαπλασιάζεται με την αντίστοιχη αραίωση για να προκύψει η TAC του εκάστοτε δείγματος.

### **Τρόπος εργασίας για τον προσδιορισμό της TAC στα δείγματα των καρπών**

Λαμβάνεται ποσότητα 50  $\mu\text{L}$  από το κάθε δείγμα (διάφορου βαθμού αραίωσης) και προστίθεται σε πλαστική κυψελίδα «ωφέλιμου» όγκου 2 mL. Ακολούθως προστίθενται στην κυψελίδα 1950  $\mu\text{L}$  αντιδραστήριο DPPH. Οι κυψελίδες καλύπτονται με πλαστικό φιλμ (parafilm) για την αποφυγή εξάτμισης της μεθανόλης και τοποθετούνται σε σκοτεινό μέρος για μισή ώρα. Ο χρόνος αυτός κρίνεται απαραίτητος ώστε να ολοκληρωθεί η αντίδραση του DPPH με τα υπάρχοντα αντιοξειδωτικά στο εκάστοτε δείγμα και να σταθεροποιηθεί ο αποχρωματισμός του αντιδραστήριου.

Πριν την ακολουθία των μετρήσεων προηγείται μηδενισμός του φασματοφωτόμετρου με καθαρή μεθανόλη και στην συνέχεια λαμβάνονται οι μετρήσεις απορρόφησης του εκάστοτε δείγματος (τιμή απορρόφησης δείγματος σε χρόνο 30 min:  $A_{30}$ ) στο φασματοφωτόμετρο. Παράλληλα λαμβάνεται και μέτρηση από το Standard διάλυμα του DPPH (μάρτυρας), η οποία ουσιαστικά αφορά την τιμή απορρόφησης σε χρόνο 0 min:  $A_0$ .

Οι μετρήσεις εκφράζονταν σε ποσοστό % ( $\Delta A\%$ ) μείωσης της απορρόφησης του αρχικού διαλύματος του DPPH (λόγω της παρουσίας των αντιοξειδωτικών) και σύμφωνα με την καμπύλη αναφοράς (Εικόνα 22) και την αλγεβρική σχέση που προκύπτει από αυτή, αποδίδονται σε ισοδύναμη ποσότητα Trolox ανά 100g σάρκας, μετά από πολλαπλασιασμό της αρχικής τιμής με τον βαθμό αραίωσης του εκάστοτε δείγματος.

### **Γ. Προσδιορισμός περιεχόμενου σε ολικές φαινόλες με την μέθοδο Folin-Ciocalteu**

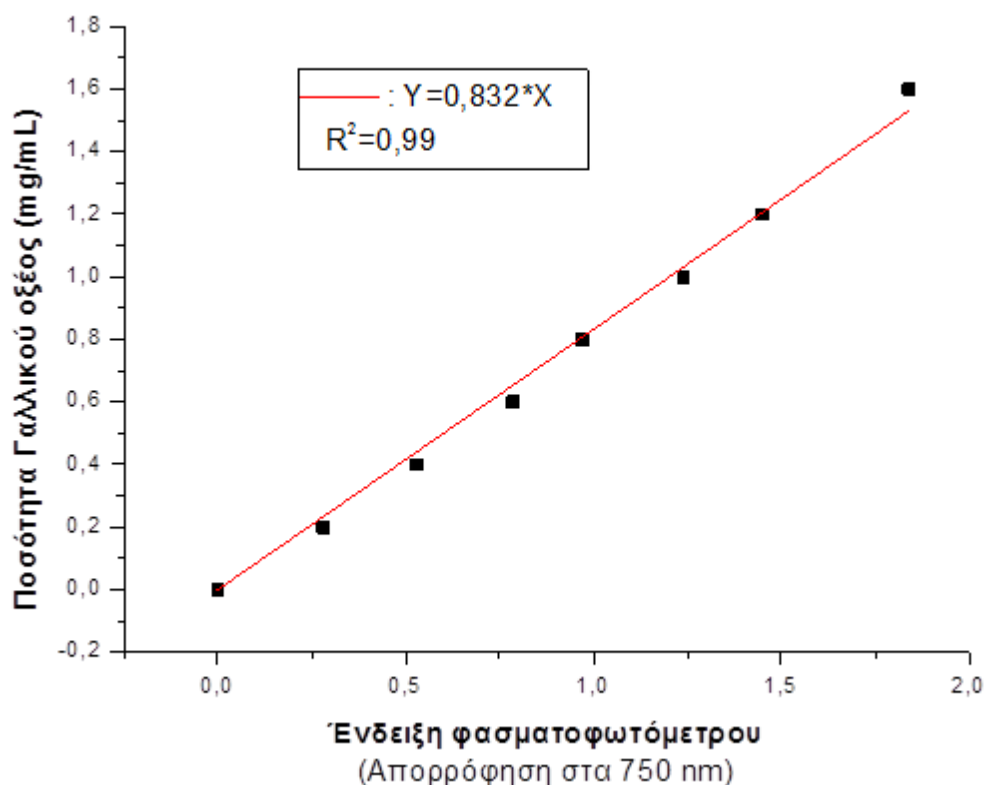
Στην παρούσα εργασία για τον προσδιορισμό του ολικού περιεχομένου των καρπών της πιπεριάς σε φαινολικές ουσίες εφαρμόστηκε η μέθοδος Folin-Ciocalteu. Πρόκειται για φωτομετρική μέθοδο που βασίζεται στην οξείδωση των φαινολικών ενώσεων από το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu. Χρησιμοποιείται για την μέτρηση του ολικού φαινολικού περιεχομένου χωρίς να γίνεται διάκριση μεταξύ μονομερών, διμερών ή μεγαλύτερων φαινολικών συστατικών. Το κύριο αντιδραστήριο της μεθόδου, το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu, είναι διάλυμα σύνθετων πολυμερών ιόντων που σχηματίζονται από φωσφομολυβδαινικά ( $H_3PMo_{12}O_{40} \cdot 12H_2O$ ) και φωσφοβολφραμικά ( $H_3PW_{12}O_{40} \cdot nH_2O$ ) ετεροπολυμερή οξέα. Σε αλκαλικό περιβάλλον, οι φαινολικές ενώσεις οξειδώνονται με ταυτόχρονη αναγωγή των οξέων προς μείγμα οξειδίων του βολφραμίου ( $W_8O_{23}$ ) και του μολυβδαινίου ( $Mo_8O_{23}$ ), με χαρακτηριστικό κυανό χρώμα.

Το σχηματιζόμενο κυανό χρώμα παρουσιάζει μέγιστη απορρόφηση περίπου στα 750 nm και είναι ανάλογο με τη συγκέντρωση των φαινολικών ενώσεων. Οι φαινολικές ουσίες εκφράζονται σε ισοδύναμα γαλλικού ή καφεϊκού οξέος.

Οι φαινολικές ουσίες αντιδρούν με το αντιδραστήριο FC μόνο σε βασικό περιβάλλον, για το λόγο αυτό πριν από την προσθήκη του αντιδραστηρίου FC, το pH του δείγματος γίνεται βασικό (pH 10) με προσθήκη διαλύματος  $Na_2CO_3$  20%.

### **Κατασκευή καμπύλης αναφοράς ισοδύναμης ποσότητας Γαλλικού οξέος για τον προσδιορισμό των ολικών φαινολικών ουσιών**

Οι τιμές απορρόφησης που καταγράφονται στο φασματοφωτόμετρο από τα διάφορα δείγματα, αντιστοιχίζονται σε ισοδύναμη ποσότητα γαλλικού οξέος (ποσότητα σε γαλλικό οξύ που έχει την ίδια τιμή απορρόφησης στο φασματοφωτόμετρο σε μήκος κύματος 750 nm με το εκάστοτε δείγμα). Για τον σκοπό αυτό καταρτίστηκε μια καμπύλη αναφοράς με την απορρόφηση γνωστών συγκεντρώσεων γαλλικού οξέος στο μήκος κύματος των 750 nm, μετά την αντίδρασή τους με τα παραπάνω αντιδραστήρια. Οι συγκεντρώσεις γαλλικού οξέος που χρησιμοποιήθηκαν για τον σκοπό αυτό ήταν 0 - 0,2 - 0,4 - 0,6 - 0,8 - 1 - 1,2 - 1,4 - 1,6 mg/mL. Η καμπύλη αναφοράς που προκύπτει παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 23: Καμπύλη αναφοράς που αποδίδει την σχέση μεταξύ ποσότητας γαλλικού οξέος και απορρόφησης φωτός σε μήκος κύματος 750nm, μετά την αντίδραση με το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu.

Η εξίσωση παλινδρόμησης,

$$Y = 0,832 \cdot X \quad (R^2=0,99)$$

αποδίδει την μαθηματική σχέση μεταξύ των τιμών (ενδείξεων) της απορρόφησης του φασματοφωτόμετρου και των τιμών της ποσότητας του Γαλλικού Οξέος που αντιστοιχούν σε αυτές. Σε περιπτώσεις όπου τα δείγματα πριν την μέτρησή τους έχουν υποστεί αραίωση, οι τιμές που προκύπτουν από την ανωτέρω σχέση πολλαπλασιάζονται με τον βαθμό αραίωσης του δείγματος.

### **Τρόπος εργασίας για τον προσδιορισμό των ολικών φαινολών στα δείγματα των καρπών**

Σε πλαστική κυψελίδα ωφέλιμου όγκου 2 ml (ονομαστική 4ml), προσθέτουμε 20  $\mu$ L από το υπό εξέταση δείγμα (διάφορου βαθμού αραίωσης). Συμπληρώνουμε με 1580  $\mu$ L απεσταγμένο νερό (σύνολο όγκου δείγματος και νερού: 1600  $\mu$ L). Ακολουθεί η προσθήκη 100  $\mu$ L από το αντιδραστήριο FC και αμέσως γίνεται

ανάδευση. Μετά από παρέλευση 1 min προστίθενται 300  $\mu\text{L}$  διαλύματος  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  20%, σφραγίζονται οι κυψελίδες με πλαστικό φιλμ (parafilm) και τοποθετούνται σε σκοτεινό μέρος για 2 h.

Μετά την παρέλευση του παραπάνω χρονικού διαστήματος προσδιορίζεται η απορρόφηση του εκάστοτε δείγματος σε φασματοφωτόμετρο στα 750 nm. Ο μηδενισμός του οργάνου γίνεται με τα ίδια αντιδραστήρια χωρίς την προσθήκη δείγματος (μόνο με προσθήκη αποσταγμένου νερού όγκου 1600  $\mu\text{L}$ , 100  $\mu\text{L}$  αντιδραστηρίου FC και 300  $\mu\text{L}$   $\text{Na}_2\text{CO}_3$  20%).

Οι τιμές απορρόφησης που καταγράφονται στο φασματοφωτόμετρο από τα διάφορα δείγματα, αντιστοιχίζονται σε ισοδύναμη ποσότητα γαλλικού οξέος (ποσότητα σε γαλλικό οξύ που έχει την ίδια τιμή απορρόφησης στο φασματοφωτόμετρο σε μήκος κύματος 750 nm με το εκάστοτε δείγμα) σύμφωνα με την πρότυπη καμπύλη (Εικόνα 23) και την αλγεβρική σχέση μεταξύ απορρόφησης του φασματοφωτόμετρου και ισοδύναμης ποσότητας γαλλικού οξέος, μετά από πολλαπλασιασμό της αρχική τιμής με τον εκάστοτε βαθμό αραιώσης.

#### ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

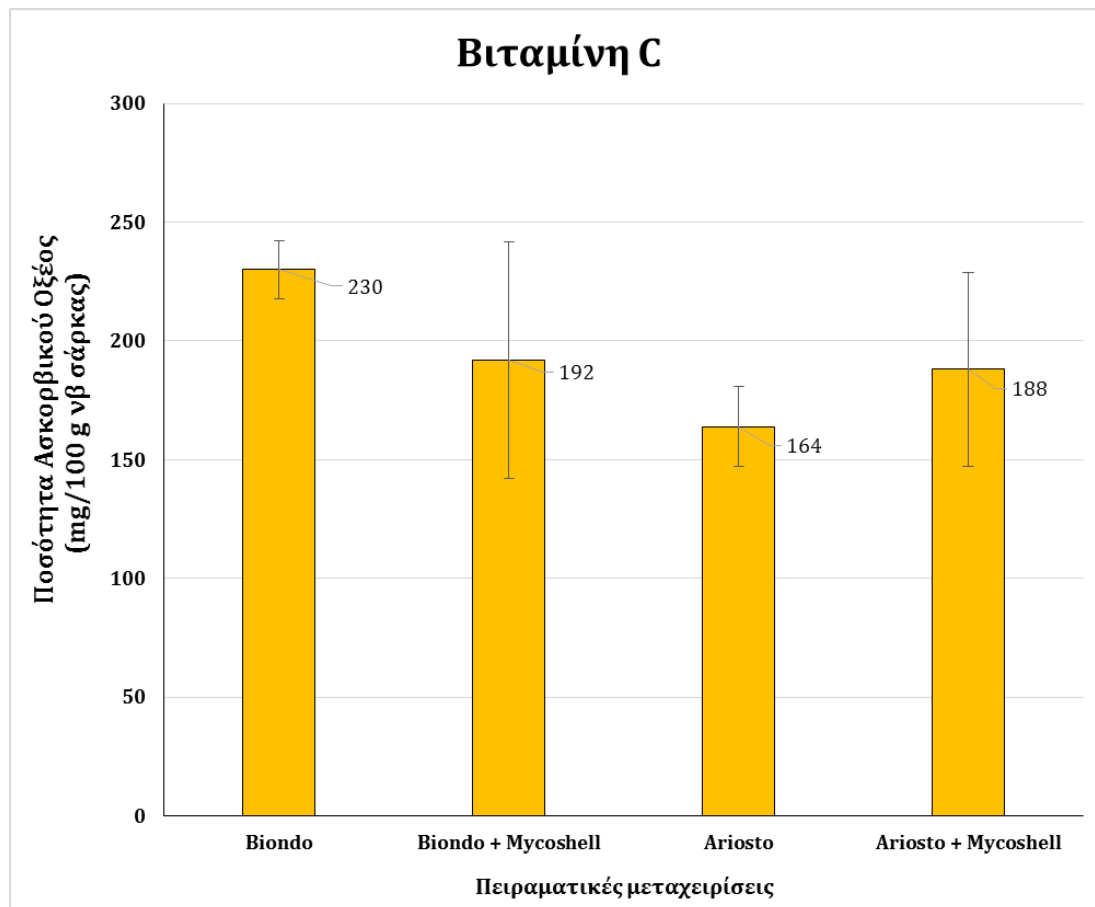
Για την στατιστική ανάλυση των πειραματικών αποτελεσμάτων εφαρμόστηκε το Εντελώς Τυχαιοποιημένο Σχέδιο με δύο παράγοντες και δύο επίπεδα για τον κάθε ένα. A: υβρίδιο πιπεριάς με επίπεδα τα υβρίδια Biondo και Ariosto, και B: προσθήκη ή όχι ταμπλέτας Mycoshell (2x2 διπαραγοντικό πείραμα). Σε κάθε μεταχείριση (συνδυασμό επιπέδων των δυο παραγόντων) ελήφθησαν πέντε παρατηρήσεις. Η επεξεργασία των δεδομένων έγινε με την χρήση του πρόσθετης υπορουτίνας ανάλυσης δεδομένων της εφαρμογής Excel (SOLVER) που περιλαμβάνεται στην σουίτα του MS Office.



## 7.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### Α. ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΑΣΚΟΡΒΙΚΟ ΟΞΥ

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των προσδιορισμών της περιεκτικότητας σε ασκορβικό οξύ των καρπών των υβριδίων πιπεριάς Biondo και Ariosto που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία. Οι τιμές αποδίδονται σε mg/ 100 g νωπής σάρκας.



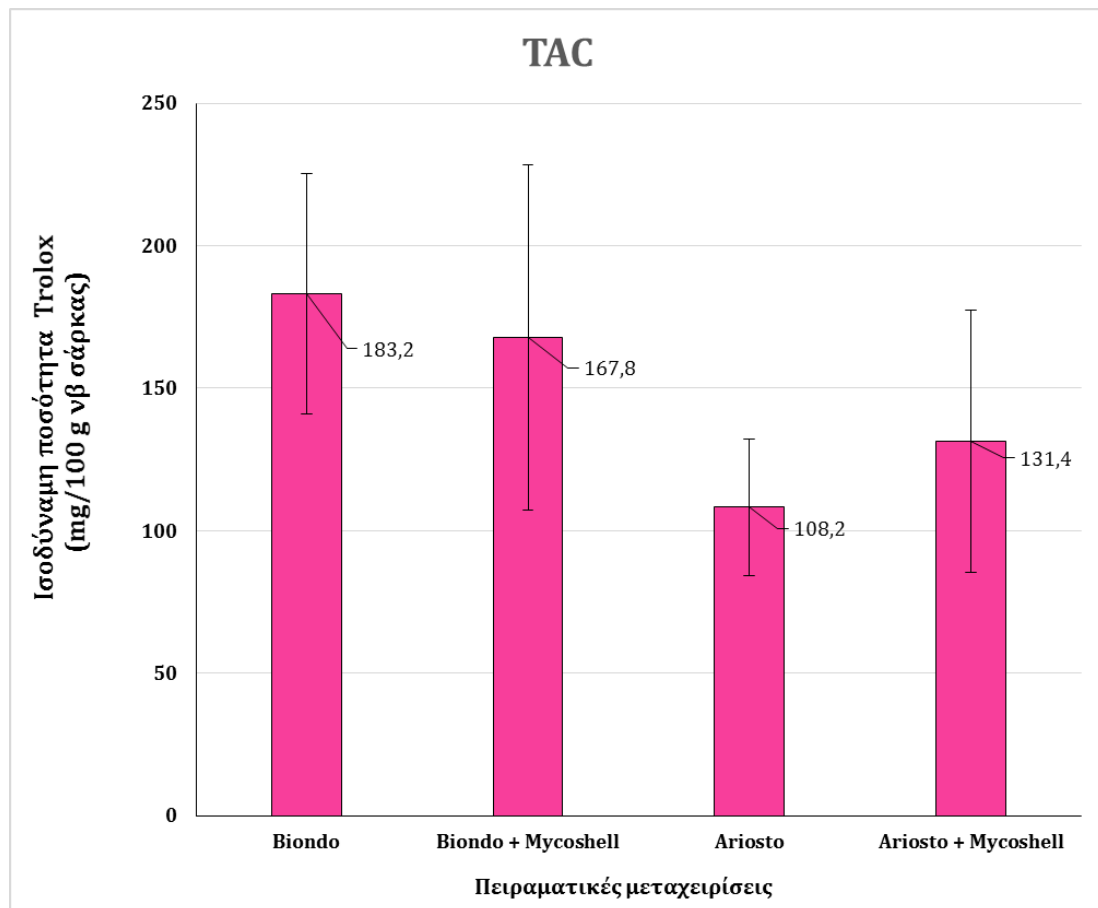
Εικόνα 24: Μέσοι και τυπικές αποκλίσεις της ποσότητας (mg) ασκορβικού οξέος ανά 100 g νωπής σάρκας των καρπών των υβριδίων F1 πιπεριάς BIONDO και ARIOSTO.

Η ανάλυση της διασποράς (διακύμανσης) (ANOVA) (βλέπε παράρτημα) των τιμών της περιεκτικότητας σε ασκορβικό οξύ, έδειξε ότι μόνο ο παράγοντας «υβρίδιο» είχε στατιστικά σημαντική επίδραση στην περιεκτικότητα των καρπών της πιπεριάς σε ασκορβικό οξύ ( $F=5,36$  για 1 και 16 βαθμούς ελευθερίας,  $P=0,035$ ). Αντίθετα ο παράγοντας «Mycoshell» δεν είχε σημαντική επίδραση στην περιεκτικότητα των καρπών της πιπεριάς σε ασκορβικό οξύ ( $F=0,214$  για 1 και 16 βαθμούς ελευθερίας,  $P=0,65$ ). Η διαπίστωση αυτή σε συνδυασμό με την απουσία σημαντικής αλληλεπίδρασης ( $F=4,2$  για 1 και 16 βαθμούς ελευθερίας,  $P=0,06$ )

οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η εφαρμογή του Mycoshell δεν είχε σημαντική επίδραση στην παραγωγή ασκορβικού οξέος στους καρπούς της πιπεριάς. Η μέση περιεκτικότητα των καρπών του υβριδίου Biondo σε ασκορβικό οξύ ήταν 211 mg/100 g νωπής σάρκας, ενώ του υβριδίου Ariosto 176 mg/100 g.

## B. ΟΛΙΚΗ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ (TAC)

Τα αποτελέσματα των προσδιορισμών της TAC των καρπών των δύο υβριδίων πιπεριάς, εκπεφρασμένα σε ισοδύναμα Trolox (σε mg/ 100 g νωπής σάρκας), παρουσιάζονται στην εικόνα 21.



Εικόνα 25: Μέσοι και τυπικές αποκλίσεις της ολικής αντιοξειδωτική ικανότητας σε ισοδύναμα Trolox των καρπών των υβριδίων F1 πιπεριάς BIONDO και ARIOSTO.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης της διασποράς (βλέπε παράρτημα) των τιμών της TAC από τους καρπούς των δύο υβριδίων πιπεριάς ταυτίζονται με εκείνα που βρέθηκαν από την ανάλυση των αποτελεσμάτων του ασκορβικού οξέος. Πράγματι δεν διαπιστώθηκε σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων

«υβρίδιο» και «Mycoshell» ( $F=0,92$  για 1 και 16 βαθμούς ελευθερίας,  $P=0,35$ ), όπως επίσης και σημαντική επίδραση του παράγοντα «Mycoshell» ( $F=0,037$  για 1 και 16 βαθμούς ελευθερίας,  $P=0,85$ ). Αντίθετα, όπως και στο ασκορβικό οξύ, ο παράγοντας «υβρίδιο» είχε σημαντική επίδραση στην TAC των καρπών ( $F=7,65$  για 1 και 16 βαθμούς ελευθερίας,  $P=0,01$ ).

Η μέση TAC των καρπών του υβριδίου Biondo ήταν 175 mg σε ισοδύναμο Trolox ανά 100 g νωπής σάρκας, ενώ του υβριδίου Ariosto 120 mg/100 g

### Γ. ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΟΛΙΚΕΣ ΦΑΙΝΟΛΕΣ.

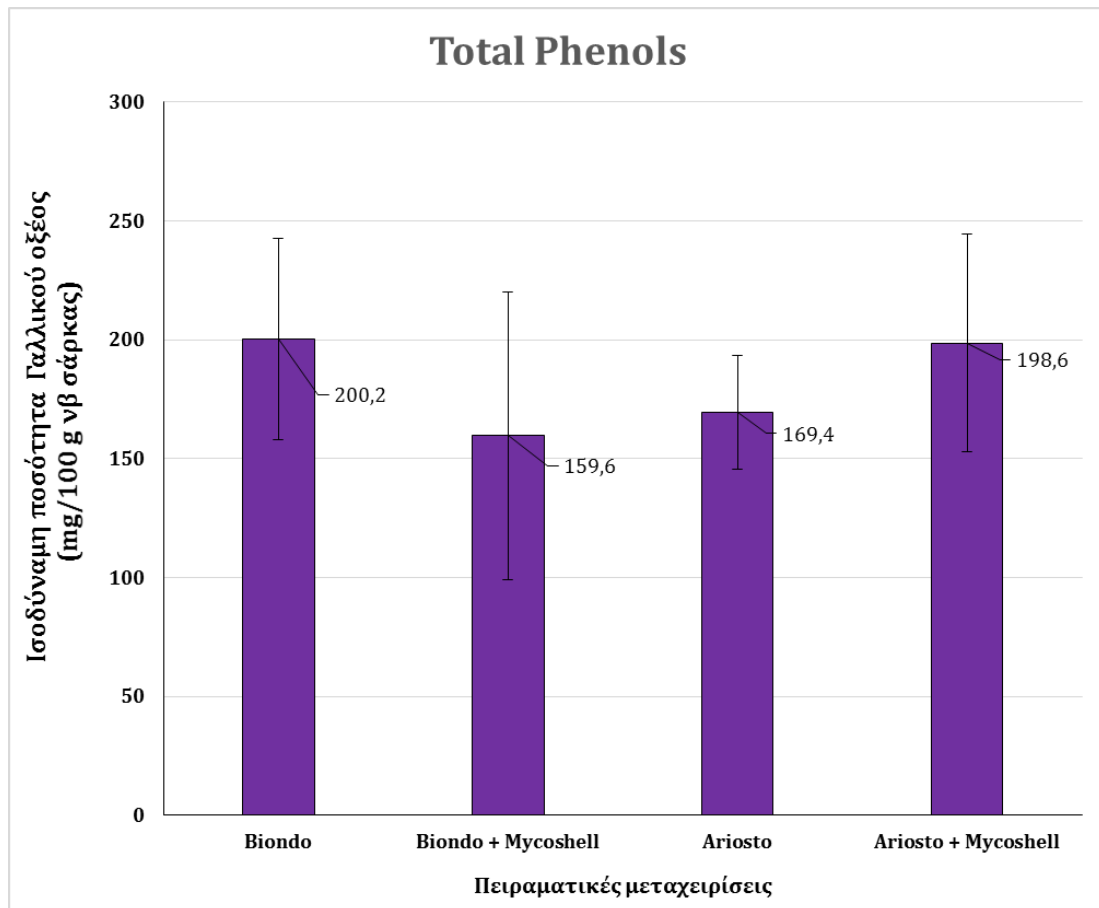
Όσον αφορά την περιεκτικότητα των καρπών σε ολικές φαινολικές ουσίες (TPC), τα αποτελέσματα δεν ακολούθησαν το ίδιο πρότυπο με την περιεκτικότητά τους σε ασκορβικό οξύ και την ολική τους αντιοξειδωτική ικανότητα (Εικόνα 22).

Η ανάλυση της διασποράς (βλέπε παράρτημα) έδειξε ότι ο παράγοντας Mycoshell δεν είχε σημαντική επίδραση στην περιεκτικότητα των καρπών της πιπεριάς σε ολικές φαινόλες ( $F=0,135$  για 1 και 16 βαθμούς ελευθερίας,  $P=0,72$ ), όπως και στην περίπτωση του ασκορβικού οξέος και της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας.

Αντίθετα όμως με το ασκορβικό οξύ και την TAC, όπου μεταξύ των υβριδίων της πιπεριάς βρέθηκαν σημαντικές διαφορές, στην περίπτωση της περιεκτικότητας των καρπών σε ολικές φαινόλες οι διαφορές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές ( $F=0,07$  για 1 και 16 βαθμούς ελευθερίας,  $P=0,79$ ).

Διαπιστώθηκε όμως σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων «υβρίδιο πιπεριάς» και «Mycoshell» ( $F=5,03$  για 1 και 16 βαθμούς ελευθερίας,  $P=0,04$ ), η οποία οφείλεται στο ότι ενώ στο υβρίδιο Biondo οι ολικές φαινόλες παρουσίασαν αισθητή μείωση με την χρήση των Mycoshell tabs, στο υβρίδιο Ariosto παρουσίασαν μικρή αύξηση.

Η μέση TPC των καρπών του υβριδίου Biondo ήταν 175 mg σε ισοδύναμο Γαλλικού οξέος ανά 180 g νωπής σάρκας, ενώ του υβριδίου Ariosto 184 mg/100 g.



Εικόνα 26: Μέσοι και τυπικές αποκλίσεις της περιεκτικότητας σε ολικές φαινόλες εκπεφρασμένες σε ισοδύναμο Γαλλικού οξέος των καρπών των υβριδίων F1 πιπεριάς BIONDO και ARIOSTO.

## 8<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ευεργετική δράση των μυκόρριζων και των βιοδιεγερτών στην βελτίωση των συνθηκών ανάπτυξης των φυτών, αναφορικά με τις συνθήκες θρέψης την αντοχή στο αβιοτικό στρες και τις ασθένειες, είναι σήμερα γνωστή και τεκμηριωμένη και σε αυτές τις ιδιότητες έγινε αναφορά στο εισαγωγικό μέρος της παρούσας εργασίας.

Τα πειραματικά αποτελέσματα όμως της παρούσας εργασίας από την εφαρμογή των συμβιωτικών μικροοργανισμών με την μορφή ταμπλέτας Mycoshell, κατά την εγκατάσταση των φυταρίων της πιπεριάς στο έδαφος, πάνω σε βιοχημικούς δείκτες των καρπών της πιπεριάς, όπως η περιεκτικότητα σε ασκορβικό οξύ, η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα και η περιεκτικότητα σε φαιολικές ουσίες, και οι οποίοι σχετίζονται άμεσα με την διατροφική τους αξία, έδειξαν ότι η εφαρμογή του Mycoshell δεν είχε σημαντική επίδραση. Σημαντικές διαφορές όμως παρουσιάστηκαν μεταξύ των δύο υβριδίων πιπεριάς που χρησιμοποιήθηκαν.

Όμως η παρατήρηση αυτή δεν πρέπει να μας οδηγήσει σε εσφαλμένα συμπεράσματα ότι δηλαδή η προσθήκη του Mycoshell δεν επηρεάζει την πιπεριά σε βιοχημικό επίπεδο καθώς οι συνθήκες κάτω από τις οποίες έγινε η καλλιέργεια των φυτών της πιπεριάς ήταν ιδιαίτερα ευνοϊκές από την άποψη της θρέψης των φυτών, ίδιες και για τα δύο υβρίδια που χρησιμοποιήθηκαν, όπως αναπτύχθηκε στα προηγούμενα.

Η ευεργετική επίδραση των συμβιωτικών μικροοργανισμών και των βιοδιεγερτών στην ανάπτυξη των φυτών, γίνεται εμφανής όταν αυτά αναπτύσσονται σε μη ιδανικές συνθήκες (πχ περιορισμένης διαθεσιμότητας σε ανόργανα θρεπτικά στοιχεία). Στην παρούσα εργασία η καλλιέργεια των φυτών έγινε σε συνθήκες συνεχούς λίπανσης, βασικής και επιφανειακής, κάτι που φάνηκε και από την απουσία διαφορών στην ανάπτυξη των φυτών, ανεξάρτητα από την εφαρμογή του Mycoshell.

Επίσης πρέπει να λάβουμε υπόψιν και το γεγονός ότι σε όλα τα φυτά, κατά την εγκατάστασή τους στο έδαφος, έγινε και προσθήκη οργανικής ουσίας, η οποία πέρα από τα ευεργετικά οφέλη που προσφέρει στην βελτίωση των ιδιοτήτων του εδάφους, προσθέτει και μικροοργανισμούς, οι οποίοι μπορεί να έχουν παρόμοιες ευεργετικές ιδιότητες όπως και οι μικροοργανισμοί που προσφέρει το Mycoshell.

Συνεπώς για να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για το αν έχουν οι μικροοργανισμοί του Mycoshell ευεργετική επίδραση σε βιοχημικό επίπεδο στους καρπούς της

πιπεριάς, θα πρέπει να γίνει διαφορετική πειραματική προσέγγιση της καλλιέργειας των φυτών, σε μη ιδανικές συνθήκες, οι οποίες θα ευνοούν την ευεργετική δράση των μικροοργανισμών που προσφέρει το Mycoshell.

## ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Σαμαράς Θεόδωρος, (2008). Επίδραση της τροποποιημένης ατμόσφαιρας στα ποιοτικά χαρακτηριστικά κομμένης πιπεριάς. Πτυχιακή εργασία. Καλαμάτα: ΤΕΙ Καλαμάτας.

Λεϊμονή Ευαγγελία, (2004). Θερμοκηπιακή καλλιέργεια πιπεριάς στον νομό Ηρακλείου. Πτυχιακή εργασία. Ηράκλειο: ΤΕΙ Κρήτης.

Κώστας Καρβούνης, (2018). Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην ολική αντιοξειδωτική ικανότητα της ρόκας καλλιεργούμενης σε μείγμα τύρφης περλίτη κατά την χειμερινή περίοδο. Πτυχιακή εργασία. Άρτα: ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ.

Δημάκη Ηλιάνα – Φανουρία, (2020). Η επίδραση ενός βιοδιεγέρτη (εκχύλισμα *Ascophyllum nodosum*) στην ανάπτυξη του μαρουλιού (*Lactuca sativa* L.). Πτυχιακή εργασία. Άρτα: ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ.

ΔΕΚΑΙΣΑΡΗ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ, (2009). Επίδραση της αύξησης και της ανάπτυξης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά πιπεριάς τύπου «κέρατο». Πτυχιακή εργασία. Καλαμάτα: ΤΕΙ Καλαμάτας.

Κολακλίδου Δάφνη, (2010). Βιολογική καλλιέργεια πιπεριά σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό κανονισμό βιολογικής γεωργίας 834/2007. Πτυχιακή εργασία. Καλαμάτα: ΤΕΙ Καλαμάτας.

Θανόπουλος Χαράλαμπος, (2012). Παράγοντες που επηρεάζουν τα μορφολογικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά του καρπού της πιπεριάς κατά την ανάπτυξη, ωρίμανση και αποθήκευση. Διδακτορική εργασία. Αθήνα: Πανεπιστήμιο Αθηνών.

ΑΝΤΩΝΙΟΥ ΕΙΡΗΝΗ, ΜΑΝΤΕΛΟΥ ΣΟΦΙΑ, (2003). Τεχνική καλλιέργεια της πιπεριάς, προβλήματα και προοπτικές ανάπτυξης. Πτυχιακή εργασία. Μεσολόγγι: ΤΕΙ Μεσολογγίου.

ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ Ε. ΒΟΣΚΑΚΗ, (2013). Η θερμοκηπιακή βιολογική καλλιέργεια της πιπεριάς. Πτυχιακή εργασία. Ηράκλειο: ΤΕΙ Κρήτης.

Αναργύρου Δήμητρα, Πανταζή Ιωάννα – Χαρούλα, (2020). Μελέτη της επίδρασης της αζωτούχου λίπανσης στην ολική αντιοξειδωτική ικανότητα των φυτών σπανακιού καλλιεργούμενων κατά την εαρινή περίοδο. Πτυχιακή εργασία. Άρτα: ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ.

Σωτήρης Αγγελόπουλος, (2021). Αξιολόγηση της περιεκτικότητας σε φαινολικά συστατικά, ασκορβικό οξύ και της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας σε φυλλώδη λαχανικά του εμπορίου. Μεταπτυχιακή διατριβή. Ιωάννινα: Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Ουσταπασίδου Στυλιανή, Ζάκα Ευγενία, (2021). Αξιολόγηση της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας σε εκχύλισμα φύλλων δάφνης και στο αιθέριο έλαιο της δάφνης. Άρτα: Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

ΠΑΠΑΔΑΚΗ ΑΝΤΙΓΟΝΗ, ΝΙΚΟΛΑΙΔΗ ΑΜΑΛΙΑ, (2009). Προσδιορισμός βιταμίνης C ( ασκορβικό οξύ) σε διάφορα είδη και ποικιλίες πιπεριάς. Ηράκλειο: ΤΕΙ Κρήτης.

ΓΙΑΓΤΖΟΓΛΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ, (2015). Επίδραση της καλλιεργητικής ποικιλίας και του υποκειμένου εμβολιασμού στην απορρόφηση θρεπτικών μακροστοιχείων από πιπεριά καλλιεργούμενη σε κλειστό υδροπονικό σύστημα. Αθήνα: Γεωπονικό Αθηνών.

ΔΕΛΗΓΙΑΝΙΔΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑ – ΕΙΡΗΝΗ, (2015-2016). Επίδραση της σύστασης της άλμης στα ποιοτικά χαρακτηριστικά ποικιλιών πιπεριάς τουρσί. Πτυχιακή εργασία. Θεσσαλονίκη: ΤΕΙ Θεσσαλονίκης.

Κουνειδάκη Χρυσή, Παπαγεωργίου Ελένη, (2017). Σύγκριση της συχνότητας των τροφίμων πλουσίων σε αντιοξειδωτικά συστατικά ανάμεσα σε αστικές και αγροτικές περιοχές της Ελλάδας. Πτυχιακή εργασία. Μύρινα: Πανεπιστήμιο Αιγαίου.

ΚΟΝΤΟΛΑΙΜΗ ΑΝΤΡΗ. ΧΑΡΙΔΗΜΟΥ ΜΑΡΙΑ, (2022). Αντιοξειδωτικά στα τρόφιμα και τρόπος επίδρασης στον ανθρώπινο οργανισμό. Πτυχιακή εργασία. Αθήνα: Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής.

ΜΠΡΑΒΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ, (2015). Ενσωμάτωση αντιοξειδωτικών από αρωματικά φυτά σε έλαια και συστήματα συσκευασίας τροφίμων. Πτυχιακή εργασία. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Βλάχος Λάμπρος, (2013). Μελέτη της επίδρασης της εποχής άνθησης στο ρυθμό ανάπτυξης του καρπού της πιπεριάς (*Capsicum annum* L.). Πτυχιακή εργασία. Καλαμάτα: ΤΕΙ Καλαμάτα.

ΣΩΤΗΡΙΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ, (2013). Ο ρόλος των μυκόρριζων στην απόκριση εδαφικών ενζύμων σε διαταραχή οφειλόμενη σε προσθήκη αιθέριου ελαίου δυόσμου (*Mentha spicata*). Μεταπτυχιακή εργασία. Θεσσαλονίκη: Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Συργανίδης Ευριπίδης, (2020). Επίδραση βιο-εξανθρακώματος και ενδομυκόρριζων εμβολίων στην ανάπτυξη κρίταμου (*Crithmum maritimum* L.) και μαρουλιού (*Lactuca sativa* L.). Μεταπτυχιακή εργασία. Θεσσαλονίκη: Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.



ΚΑΝΛΗ ΧΡΙΣΤΙΝΑ, (2021). Συγκριτική μελέτη της επίδρασης των μυκόρριζων στην παραγωγικότητα, στα φυσιολογικά και βιοχημικά χαρακτηριστικά φυτών τομάτας και πιπεριάς που αναπτύσσονται σε συνθήκες αλατότητας. Μεταπτυχιακή εργασία. Ηράκλειο: Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο.

Σιγάλας Πέτρος, (2017). Διερεύνηση των πρότυπων έκφρασης γονιδίων που κωδικοποιούν ένζυμα της πορείας αφομοίωσης θεικών σε φυτά αραβόσιτου που αναπτύσσονται παρουσία του μυκόρριζου μύκητα *Rhizophagus irregularis*. Μεταπτυχιακή εργασία. Αθήνα: Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Καλοτεράκης Νικόλαος, (2016). Αξιοποίηση αιθέριου ελαίου από δίκταμο για την διατήρηση της ποιότητας καρπών πιπεριάς (*Capsicum annum L. cv. Sammy*) μετασυλλεκτικά. Πτυχιακή εργασία. Ηράκλειο: ΤΕΙ Κρήτης.

Φουρτουνόπουλος Δ. Επιστήμη τροφίμων II, Τμήμα Εκδόσεων Α.Τ.Ε.Ι.Θ 2004.

Κουτσούγερας Β.Ε. (2019), Επίδραση βιοδιεγερτών στην ανάπτυξη και στις αποδόσεις δυο ποικιλιών σκληρού σιταριού (*Triticum turgidum ssp. durum*) (Μεταπτυχιακή Διατριβή), Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής, Αθήνα.

Παυλάκη Ε. (2018), Χρήση βιοδιεγερτικών ουσιών στη γεωργική πρακτική (Πτυχιακή Διατριβή), ΤΕΙ Κρήτης, Σχολή Τεχνολογίας, Γεωπονίας και Τεχνολογίας Τροφίμων, Ηράκλειο.

Θανόπουλος Χαράλαμπος, (2008). *Τεχνικές βιολογικής καλλιέργειας σολανωδών λαχανικών: 2 πιπεριά*. (Διδακτορική Διατριβή), Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής, Αθήνα.

Ζαρογιάννη Ε., (2017), Οξειδωτικό στρες, ο ένοχος σιγά – σιγά αποκαλύπτεται.

Μπαζαΐος Κ., (1981). *Οι τροφές που χαρίζουνε υγεία*.

Ολύμπιος Μ. Χρίστος, (2019). *Η τεχνική της καλλιέργειας των υπαίθριων κηπευτικών*. Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε, Αθήνα: pp 144-171.

Ολύμπιος Μ. Χρίστος, (2001). *Η τεχνική καλλιέργεια των κηπευτικών στα θερμοκήπια*. Εκδόσεις Σταμούλη. Θ, Αθήνα.

## ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Zhuang, Y., Chen, L., & Cao, J., (2012). Bioactive characteristics and antioxidant activities of nine peppers. *Journal of Functional Foods*. Elsevier Ltd, Vol 4 No. 1, pp331-338.

Sun, T., Xu, Z., Wu, C-T., James, M., Prinyawiwatkul, W. & No, H.K., (2007). Antioxidant activities of different colored sweet bell peppers (*Capsicum annum* L.) Journal of Food Science. United States, Vol. 72 No 2, pp. S98-102.

Ornelas-Paz, J. J., Martinez-Burrola, J. M., Ruiz-Cruz, S., Santana-Rodríguez, V., Ibarra -Junquera, V., Olivas, G. I., & Perez-Martinez, J. D. 2010. Effect of cooking on the capsaicinoids and phenolics contents of Mexican peppers. Food Chemistry, 119, 1619– 1625.

Krinsky, N.I., Landrum, J.T. & Bone, R.A. 2003. —Biologic mechanisms of the protective role of lutein and zeaxanthin in the eye. I, Annual Review of Nutrition, Vol. 23, pp. 171–201.

Delcourt, C., Carrière, I., Delage, M., Barberger-Gateau, P. & Schalch, W. 2006. —Plasma lutein and zeaxanthin and other carotenoids as modifiable risk factors for age-related maculopathy and cataract: the POLA Study. I, Investigative Ophthalmology & Visual Science, Vol. 47 No. 6, pp. 2329–35.

Matsufuji, H., Ishikawa, K., Nunomura, O., Chino, M. & Takeda, M. 2007. —Antioxidant content of different coloured sweet peppers, white, green, yellow, orange, and red (*Capsicum annum* L.) I, International Journal of Food Science & Technology, Wiley Online Library, Vol. 42 No. 12, pp. 1482–1488.

Gómez-García, M. del R. & Ochoa-Alejo, N. 2013. —Biochemistry and molecular biology of carotenoid biosynthesis in chili peppers (*Capsicum* spp.). I, International Journal of Molecular Sciences, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, Vol. 14 No. 9, pp. 19025–53.

Ochoa-Reyes, E., Martínez-Vazquez, G., Saucedo-pompa, S., Montañez, J., Rojas-Molina, R. & De, M.A. 2013. —Improvement of Shelf-Life Quality of Green Bell Peppers Using Edible Coating Formulations I, Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences, Vol. 2 No. 6, pp. 2448–2451.

Mamta, Misra K., Dhillon G., Brar S., Verma M., (2014), Antioxidants, Springer Science Business Media New York, 1-26.

Mbah C., Orabueze I., Okorie N., (2019), Antioxidants Properties of Natural and Synthetic Chemical Compounds: Therapeutic Effects on Biological System, Acta Scientific Pharmaceutical Sciences 3.6, 28-42.

Atta E., Mohamed N., Abdelgawad A., (2017), Antioxidants: an overview on the natural and synthetic types, Eur. Chem. Bull., 6(8), 365-375.

Pokorny J, Yanishlieva N., Gordon. M. Antioxidants in Food Practical Applications Woodhead Publishing Limited, 2001

Benzie F.F & Choi, S-W, 2014, Antioxidants in Food: Content, Measurement, Significance, Action, Cautions, Caveats and Research. Advances in Food and Nutrition, Research 71.

Yoshihara D., Fujiwara N. & Suzuki K. (2010). Antioxidants: Benefits and risks for long-term health Maturitas, 67, 103-107.

Smith and Read. Mycorrhizal symbiosis 2008.

Wallander, H., 2000. Uptake of P from apatite by *Pinus sylvestris* seedlings colonized by different ectomycorrhizal fungi. Plant and soil 218: 249-256.

Sharma Shekhar, H.S., Fleming, C., Selby, C., Rao, J.R. & Martin, T. (2014), "Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses", J. Appl. Phycol., 26, pp: 465-490.

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

Battacharyya, D., Zamani Babgohari, M., Rathor, P. & Prithiviraj, B. (2015), "Seaweed extracts as biostimulants in horticulture", Scientia Horticulture, 196, pp: 39-48.

Khan, W., Rayirath, U., Subramanian, S., Jithesh, M., Rayorath, P., Hodges, M., Chitchley, A., Craigie, J., Norrie, J. & Prithiviraj, B. (2009), "Seaweed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development", Journal of Plant Growth Regulation, 28(4), pp: 386-399.

Stirk, W., Tarkowska, D., Turecova, V. & J. van Staden, M. (2014), "Abscisic acid, gibberellins and brassinosteroids in Kelpak, a commercial seaweed extract made from *Ecklonia maxima*", J Appl Phycol, 26, pp: 561-567.

## ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

1. <https://plantpro.gr/kaliergies/f1052400/663>

2. <https://agro->

[net.gr/%CE%BC%CF%85%CE%BA%CE%BF%CF%81%CF%81%CE%B9%CE%](https://agro-net.gr/%CE%BC%CF%85%CE%BA%CE%BF%CF%81%CF%81%CE%B9%CE%)

[B6%CE%B1/12119-mycoshell-tabs-](https://agro-net.gr/%CE%BC%CF%85%CE%BA%CE%BF%CF%81%CF%81%CE%B9%CE%B6%CE%B1/12119-mycoshell-tabs-)

[%CE%BC%CF%85%CE%BA%CE%BF%CF%81%CF%81%CE%B9%CE%B6%CE%B1%CF%82-%CF%83%CE%B5-](https://agro-net.gr/%CE%BC%CF%85%CE%BA%CE%BF%CF%81%CF%81%CE%B9%CE%B6%CE%B1%CF%82-%CF%83%CE%B5-)

[E%B1%CF%82-%CF%83%CE%B5-](https://agro-net.gr/%CE%BC%CF%85%CE%BA%CE%BF%CF%81%CF%81%CE%B9%CE%B6%CE%B1%CF%82-%CF%83%CE%B5-)

[%CE%BC%CE%BF%CF%81%CF%86%CE%B7-](#)

[%CF%84%CE%B1%CE%BC%CF%80%CE%BB%CE%B5%CF%84%CE%B1%CF%82-1%CF%84%CE%B5%CE%BC.html](#)

3.<https://www.elvitherm.gr/exoplismos/naulon-edafokalipsis/>

4.<https://agro->

[net.gr/%CE%BC%CF%85%CE%BA%CE%BF%CF%81%CF%81%CE%B9%CE%B6%CE%B1/12119-mycoshell-tabs-](https://agro-net.gr/%CE%BC%CF%85%CE%BA%CE%BF%CF%81%CF%81%CE%B9%CE%B6%CE%B1/12119-mycoshell-tabs-)

[%CE%BC%CF%85%CE%BA%CE%BF%CF%81%CF%81%CE%B9%CE%B6%CE%B1%CF%82-%CF%83%CE%B5-](https://agro-net.gr/%CE%BC%CF%85%CE%BA%CE%BF%CF%81%CF%81%CE%B9%CE%B6%CE%B1%CF%82-%CF%83%CE%B5-)

[%CE%BC%CE%BF%CF%81%CF%86%CE%B7-](#)

[%CF%84%CE%B1%CE%BC%CF%80%CE%BB%CE%B5%CF%84%CE%B1%CF%82-1%CF%84%CE%B5%CE%BC.html](#)

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

A. Πίνακας Ανάλυσης της Διασποράς των τιμών της περιεκτικότητας σε βιταμίνη C των καρπών πιπεριάς των υβριδίων Biondo και Ariosto σε συνδυασμό με την χρήση ή όχι Mycoshell tabs.

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα Τετραγώνων	Βαθμοί ελευθερίας	Μέσο Τετράγωνο	F (πειραματικό)	τιμή-P	κριτήριο F
A. Υβρίδιο πιπεριάς	6125	1	6125	5,36 (*)	0,034	4,494
B. Χρήση Mycoshell	245	1	245	0,215 (ns)	0,65	4,494
Αλληλεπίδραση A×B	4805	1	4805	4,206 (ns)	0,057	4,494
Υπόλοιπο	18280	16	1142,5			
Σύνολο	29455	19				

B. Πίνακας Ανάλυσης της Διασποράς των τιμών της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας (TAC) των καρπών πιπεριάς των υβριδίων Biondo και Ariosto σε συνδυασμό με την χρήση ή όχι Mycoshell tabs.

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα Τετραγώνων	Βαθμοί ελευθερίας	Μέσο Τετράγωνο	F (πειραματικό)	τιμή-P	κριτήριο F
A. Υβρίδιο πιπεριάς	15512,45	1	15512,45	7,65 (*)	0,014	4,494
B. Χρήση Mycoshell	76,05	1	76,05	0,037 (ns)	0,85	4,494
Αλληλεπίδραση A×B	1862,45	1	1862,45	0,919 (ns)	0,35	4,494
Υπόλοιπο	32437,6	16	2027,35			
Σύνολο	49888,55	19				

Γ. Πίνακας Ανάλυσης της Διασποράς των τιμών της περιεκτικότητας σε ολικές φαινόλες (TPC) των καρπών πιπεριάς των υβριδίων Biondo και Ariosto σε συνδυασμό με την χρήση ή όχι Mycoshell tabs.

Πηγή παραλλακτικότητας	Άθροισμα Τετραγώνων	Βαθμοί ελευθερίας	Μέσο Τετράγωνο	F (πειραματικό)	τιμή-P	κριτήριο F
A. Υβρίδιο πιπεριάς	84,05	1	84,05	0,07 (ns)	0,79	4,494
B. Χρήση Mycoshell	162,45	1	162,45	0,13 (ns)	0,72	4,494
Αλληλεπίδραση A×B	6090,05	1	6090,05	5,03 (*)	0,04	4,494
Υπόλοιπο	19354,4	16	1209,65			
Σύνολο	25690,95	19				

