



**ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

***Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΣΑΛΙΚΥΛΙΚΟΥ ΟΞΕΟΣ ΣΕ ΦΥΤΑ ΠΙΠΕΡΙΑΣ
ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΥΠΟΣΤΕΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ***



ΜΙΝΗ ΓΕΩΡΓΙΑ & ΠΑΡΧΑΡΙΔΟΥ ΔΕΣΠΟΙΝΑ

Εισηγήτρια : Γιαννακούλα Αναστασία

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2019

Ευχαριστίες

Εκφράζουμε τις θερμές μας ευχαριστίες στην επιβλέποντα καθηγήτρια κα Α. Γιαννακούλα για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε στην ανάθεση του θέματος, την πολύτιμη και καθοριστική καθοδήγηση και υποστήριξη της, στην εκπόνηση της εργασίας κατά τη διάρκεια του πειράματος, αλλά και την συμβολή της στην ανάλυση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Επίσης, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε όλους όσους μας στήριξαν και μας ενθάρρυναν για την ολοκλήρωση της.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
1.1 ΠΙΠΕΡΙΑ.....	8
1.1.1 Καταγωγή-Ιστορικό του φυτού.....	8
1.1.2 Σημερινή εξάπλωση της καλλιέργειας.....	8
1.1.3 Περιγραφή του φυτού.....	9
1.1.4 Βοτανικοί χαρακτήρες.....	9
1.1.4.1 Ρίζα.....	9
1.1.4.2 Φύλλα.....	10
1.1.4.3 Άνθη.....	10
1.1.4.4 Καρπός.....	10
1.1.4.5 Σπόρος.....	11
1.1.5 Σύσταση του καρπού.....	11
1.1.6 Θρεπτική αξία	12
1.1.7 Συστηματική κατάταξη.....	12
1.1.7.1 <i>Capsicum annuum</i>	12
1.1.7.2 <i>Capsicum frutescens</i>	12
1.1.7.3 <i>Capsicum chinense</i>	13
1.1.7.4 <i>Capsicum baccatum</i>	13
1.1.7.5 <i>Capsicum pubescens</i>	13
1.1.8 Επιλογή της ποικιλίας	13
1.1.9 Ποικιλίες πιπεριάς.....	14
1.1.10 Κλιματικές και Εδαφικές απαιτήσεις.....	15
1.1.11 Καλλιεργητικές προετοιμασίες.....	16
1.1.12 Βασική λίπανση.....	17
1.1.13 Στάδιο μεταφύτευσης.....	17
1.2 ΕΧΘΡΟΙ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ.....	18
1.2.1 Προσβολές από έντομα.....	18
1.2.1.1 Σιδηροσκώληκας.....	18
1.2.1.2 Αγροτίδες.....	19
1.2.1.3 Κρεμμυδοφάγος.....	19
1.2.1.4 Αλευρώδης του θερμοκηπίου.....	19
1.2.1.5 Αφίδες	20
1.2.1.6 Ψευδόκοκκος των Εσπεριδοειδών.....	20
1.2.2 Προσβολές από μύκητες.....	22
1.2.2.1 Περονόσπορο.....	22
1.2.2.2 Ωίδιο.....	22
1.2.2.3 Σεπτορίωση.....	22
1.2.2.4 Αλτεναρίωση.....	23
1.2.2.5 Κλαδοσπορίωση	23
1.2.2.6 Έλκος στελεχών	24

1.2.2.7	Αδρομυκώσεις.....	24
1.2.2.8	Τεφρά σήψη.....	24
1.2.2.9	Σήψη λαιμού και ριζών.....	25
1.2.3	Προσβολές λαιμού και καρπών.....	26
1.2.3.1	Φυτόφθορα.....	26
1.2.3.2	Ριζοκτόνια.....	26
1.2.3.3	Σκληρωτινίαση.....	26
1.3	ΦΥΤΟΟΡΜΟΝΕΣ.....	28
1.3.1	Γενικά.....	28
1.3.2	Αυξίνες.....	30
1.3.2.1	Η ΚΥΡΙΑ ΑΥΞΙΝΗ: Το Ινδολυλο-3-οξικό οξύ.....	30
1.3.2.2	Μεταφορά αυξίνης.....	32
1.3.2.3	Εισροή αυξίνης στα κύτταρα.....	32
1.3.2.4	Εκροή αυξίνης από τα κύτταρα.....	33
1.3.2.5	Φυσιολογική δράση των αυξινών.....	35
1.3.2.6	Συνθετικές αυξίνες.....	36
1.3.2.7	Αλληλεπιδράσεις με άλλες ορμόνες.....	36
1.3.3	Γιββερελλίνες.....	37
1.3.3.1	Φυσιολογική δράση γιββερελλινών.....	37
1.3.3.2	Πρακτικές εφαρμογές.....	38
1.3.4	Κυτοκινίνες.....	38
1.3.4.1	Φυσιολογική δράση των κυτοκινινών.....	38
1.3.5	Αιθυλένιο.....	39
1.3.5.1	Φυσιολογική δράση αιθυλενίου.....	39
1.3.5.2	Πρακτικές εφαρμογές.....	40
1.3.6	Αμπισισικό οξύ ή αποπτωτικό οξύ.....	40
1.3.6.1	Φυσιολογική δράση αμπισισικού οξέος.....	40
1.3.7	Πολυαμίνες.....	41
1.3.8	Βρασσινοστεροειδή.....	41
1.3.9	Ολιγοσακχαρίνες.....	42
1.3.10	Γιασμονικό οξύ.....	42
1.3.11	Πεπτίδια με ορμονική δράση.....	42
1.3.12	Σαλικυλικό οξύ.....	42
1.3.13	Εφαρμογή πυριτίου.....	43
1.4	ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	44
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	45
2.1	ΥΛΙΚΑ.....	46
2.1.1	Εγκατάσταση πειραματικού αγρού.....	46
2.1.2	Φυτικό υλικό.....	50
2.1.3	Πειραματικό Σχέδιο.....	51
2.1.4	Ψεκασμοί.....	52
2.1.5	Καλλιεργητική Τεχνική.....	54
2.1.6	Στατιστική ανάλυση.....	55
2.2	ΜΕΘΟΔΟΙ.....	56

2.2.1 Χρωματόμετρο.....	56
2.2.1.1 Λειτουργία χρωματόμετρου KONICA MINOLTA.....	56
2.2.2 Χλωροφυλλόμετρο.....	57
2.2.2.1 Αρχή λειτουργίας του SPAD-502.....	58
2.2.3 Μέτρηση φθορισμού της χλωροφύλλης.....	58
2.2.3.1 Φθοριζόμετρα συνεχούς διέγερσης (Handy PEA).....	59
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	60
3.1 ΠΡΩΤΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	61
3.1.1 Επίδραση φυτοορμονών στις τρεις συντεταγμένες L^* , a^* και b^*	61
3.1.2 Επίδραση φυτοορμονών στη συγκέντρωση χλωροφύλλης στα φύλλα.....	67
3.1.3 Επίδραση φυτοορμονών στο φθορισμό της χλωροφύλλης.....	71
3.2 ΔΕΥΤΕΡΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	81
3.2.1 Επίδραση φυτοορμονών στις τρεις συντεταγμένες L^* , a^* και b^*	81
3.2.2 Επίδραση φυτοορμονών στη συγκέντρωση χλωροφύλλης στα φύλλα.....	87
3.2.3 Επίδραση φυτοορμονών στο φθορισμό της χλωροφύλλης.....	89
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	99
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	100
4.1 ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	100
4.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	103
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	104

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πιπεριά *Capsicum annum* var. *annum* ανήκει στην Οικογένεια Solanaceae. Υπάρχουν αρκετά είδη και βοτανικές ποικιλίες στο γένος *Capsicum*, γεγονός που συντελεί στην μεγάλη διαφοροποίηση που υπάρχει στους καρπούς, όσον αφορά τον βαθμό καυστικότητα, το σχήμα, το μέγεθος και το χρώμα. Στη παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση του σαλικυλικού οξέος και της αυξίνης σε φυτά πιπεριάς που έχουν υποστεί περιβαλλοντική καταπόνηση.

Για τη διεξαγωγή του συγκεκριμένου πειράματος, χρησιμοποιήθηκαν δυο ποικιλίες πιπεριάς, η ποικιλία τύπου Φλωρίνης (Kaptur) και η ποικιλία κόκκινη γεμιστή (Ruby Star). Κατά τη διάρκεια της παραμονής τους στο θερμοκήπιο δέχθηκαν τρεις ψεκασμούς με IAA, SAL και IAA+Si διαφυλλικά, καθώς αξίζει να σημειωθεί ότι υπήρξε έκθεση των φυτών σε ξηρασία και αλατότητα.

Με βάση την μέτρηση που πραγματοποιήθηκε στο χρωματόμετρο στον δείκτη L, που δείχνει την ένταση του χρώματος σε καρπούς πιπεριάς, φαίνεται να επηρεάστηκε θετικά, μετά τον ψεκασμό με IAA, καθώς έδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα. Αξίζει να σημειωθεί πως το Si στη συνδυασμένη του μορφή (IAA+Si), βελτίωσε τη δράση της IAA και έδωσε καλύτερα αποτελέσματα και στις δυο ποικιλίες (Kaptur, Ruby Star).

Κατά τη μέτρηση των επιπέδων χλωροφύλλης σε νεότερα και σε παλαιότερα φύλλα διαπιστώθηκε πως η δράση του SAL και της IAA δεν επηρέασε θετικά τα φυτά πιπεριάς. Σημαντική ήταν η δράση του Si στη συνδυασμένη του μορφή (IAA+Si), καθώς βοήθησε την IAA να ανακάμψει.

Στη μέτρηση φθορισμού χλωροφύλλης ο δείκτης που μας απασχόλησε περισσότερο ήταν ο λόγος Fv/Fm (φωτοχημική απόδοση). Συγκεκριμένα, διαπιστώνουμε ότι και στις δυο μετρήσεις η συνδυασμένη εφαρμογή IAA+Si προκάλεσε τα υψηλότερα αποτελέσματα, επομένως το Si επέδρασε θετικά στη δράση της IAA. Σε όλες τις περιπτώσεις παρατηρούνται μειωμένα αποτελέσματα (κοντά στον μάρτυρα) από την επίδραση SAL και IAA.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΠΙΠΕΡΙΑ

1.1.1 Καταγωγή-Ιστορικό του φυτού

Η πιπεριά (*Capsicum annuum* L., $2n=2x=24$) (γλυκιά και καυτερή) κατάγεται από τη Βολιβία. Από εκεί οι διάφοροι εξημερωμένοι τύποι δημιούργησαν δευτερογενή κέντρα, με το *C. Annuum* να εντοπίζεται στη κεντρική Αμερική (Μεξικό), το *C. frutescens* στο βόρειο μέρος της νοτίου Αμερικής, το *C. baccatum* στη νότια Αμερική (Αργεντινή και Χιλή) και το *C. pubescens* στη περιοχή των Άνδεων, που εκτείνεται από την Κολομβία ως τη Χιλή.

Σπόροι πιπεριάς βρέθηκαν σε αρχαίους τάφους στο Μεξικό, οι οποίοι χρονολογούνται το 5.000π.Χ., και εικόνες του φυτού το 800-1000π.Χ. στο Περού (Heiser 1976.). Το 1492 όταν πήγε ο Κολόμβος στη Αμερική, οι ιθαγενείς καλλιεργούσαν και χρησιμοποιούσαν την πιπεριά στη διατροφή και το κόκκινο πιπέρι ως καρύκευμα για τη βελτίωση της γεύσης των φαγητών και ως συντηρητικό. Οι Ισπανοί και οι Πορτογάλοι εντυπωσιάστηκαν από τις ιδιότητες του κόκκινου πιπεριού και διέδωσαν την πιπεριά στην Ινδία και σε άλλες χώρες της Ασίας που παρήγαγαν μαύρο πιπέρι με σκοπό να το αντικαταστήσουν με το κόκκινο και να πάρουν το εμπόριο στα χέρια τους. Για να το ξεχωρίσουν από το μαύρο πιπέρι ονόμασαν το κόκκινο (νέο προϊόν) καυτερό πιπέρι τσίλι (chili) και το κόκκινο γλυκό πιπέρι paprika. Από την Ασία ήρθε στην Ευρώπη και η καλλιέργεια της διαδόθηκε γρήγορα (Μπλέτσος, 2010).

Οι πιπεριά καλλιεργήθηκε το 2008 σε όλο τον κόσμο σε έκταση 18.259 χιλιάδες στρέμματα και παρήχθησαν 28.026 χιλιάδες τόνοι πιπεριάς (FAOSTAT). Στην Ελλάδα το 2009 καλλιεργήθηκαν υπαίθρια 30.011 και στα θερμοκήπια 7.266 στρέμματα και παρήχθησαν αντίστοιχα 68.316 και 65.100 τόνοι πιπεριάς (προσωρινά στοιχεία του Υπουργείου Ανάπτυξης και Τροφίμων) (Μπλέτσος, 2012)

1.1.2 Σημερινή εξάπλωση της καλλιέργειας

Η πιπεριά σήμερα καλλιεργείται σε πολλά μέρη του κόσμου, τόσο σε ανοιχτές καλλιέργειες όσο και υπό κάλυψη.

Όσον αφορά τις υπό κάλυψη εκτάσεις στην Ευρώπη, αναφέρεται ότι στην Ολλανδία καλλιεργείται κυρίως σε υαλόφρακτα θερμοκήπια σε 5.000 στρέμματα το χρόνο, που παράγονται περίπου 23.000 τόνους προϊόντος με μέση απόδοση 4,6 τόνους / στρέμμα.

Στην Ιταλία, η καλλιέργεια της πιπεριάς υπό κάλυψη (υαλόφρακτα θερμοκήπια, πλαστικά τούνελ, χαμηλά τούνελ) καταλαμβάνει 25.000 στρέμματα, με μέση απόδοση 3.500 τόνους / στρέμμα.

Οι πρώην ανατολικές Ευρωπαϊκές χώρες εξήγαγαν το 1996 στις δυτικές χώρες, πάνω από 54.000 τόνους προϊόντος. Την πρώτη θέση παραγωγής και εξαγωγής κατέχει η Ουγγαρία και δευτερευόντως η Βουλγαρία και η Σλοβακία, οι οποίες τροφοδοτούν τις αγορές της Δυτικής Ευρώπης, του Καναδά και των ΗΠΑ.

Στην Ευρώπη η Γερμανία εισάγει τις μεγαλύτερες ποσότητες πιπεριάς (244.986 τόνους το 1996) και ακολουθούν η Γαλλία (με 75.827 τόνους), το Ηνωμένο Βασίλειο (57.819 τόνους), η Ιταλία (31.587 τόνους).

Όσον αφορά τις εξαγωγές, η Ισπανία είναι χώρα που εξάγει τις μεγαλύτερες ποσότητες (376.793 τόνους το 1996) με δεύτερη την Ολλανδία (με 226.806 τόνους). Χώρες όπως η Τουρκία και η Ιορδανία εμφανίζονται με τις μεγαλύτερες εξαγωγές το 1996, με 29.632 τόνους και 13.234 τόνους αντίστοιχα.

Στην Αγγλία, Γαλλία, Ισπανία και Πορτογαλία, τα τελευταία χρόνια, παρουσιάζεται μεγάλη αύξηση στη καλλιέργεια πιπεριάς σε υψηλά θερμοκήπια με κάλυψη από πλαστικό.

Η κατανάλωση πράσινης πιπεριάς στη Βορειοδυτική Ευρώπη είναι της τάξης των 430.000 τόνων, από τους οποίους περίπου το 1/3 παράγεται στην Ευρώπη υπό προστασία ενώ το υπόλοιπο ποσό παράγεται σε ανοιχτές καλλιέργειες στην Ιταλία, Γαλλία, Ισπανία και σε μικρότερο βαθμό εισάγεται από Ισραήλ, Βόρεια Αφρική και ΗΠΑ (Ολυμπίου, 2001).

1.1.3 Περιγραφή του φυτού

Η πιπεριά είναι φυτό μονοετές ή διετές, ποώδες, με κορμό και βλαστούς, διακλαδίζεται και έχει την τάση να αναπτύσσεται προς τα πάνω. Οι βλαστοί είναι ελαφρά ξυλώδης στη βάση, χωρίς επεμβάσεις αναπτύσσονται σε ύψος 0,3-0,8 μ, είναι εύθραυστοι και με το βάρος της καρποφορίας πολλές φορές σπάζουν.

Αρχικά το φυτό αναπτύσσεται μονοστέλεχο, σχηματίζει κορμό (κύριο βλαστό), και στη συνέχεια διακλαδίζεται και σχηματίζει δύο και σπανιότερα τρεις βλαστούς (βλαστοί πρώτης τάξης). Μεταξύ των δύο αυτών βλαστών σχηματίζεται ο πρώτος οφθαλμός – άνθος που θα δώσει τον πρώτο καρπό. Ο οφθαλμός αυτός λέγεται βασικός οφθαλμός (crown bud). Κάθε βλαστός 1^{ης} τάξης, μετά την παραγωγή ενός ή δύο φύλλων, διακλαδίζεται και δίνει δύο βλαστούς (βλαστοί 2^{ης} τάξης), που στη διακλάδωση τους, φέρουν ανθοφόρους οφθαλμούς. Η ανάπτυξη συνεχίζεται με τον ίδιο τρόπο δηλαδή κάθε καινούργιος βλαστός διακλαδίζεται και στη διακλάδωση σχηματίζεται οφθαλμός που θα δώσει καρπό. Με τον τρόπο αυτό, αναπτύσσεται το φυτό (χωρίς επεμβάσεις) και παίρνει θαμνώδη μορφή.

1.1.4 Βοτανικοί χαρακτήρες

1.1.4.1 Ρίζα

Το ριζικό σύστημα όταν αναπτύσσεται ελεύθερα σε βαθύ και σε χωρίς αδιαπέρατους ορίζοντες έδαφος φτάνει σε βάθος 60-120 εκατοστά. Το φυτό έχει την ικανότητα να αναπτύσσει δυνατή κεντρική ρίζα, αλλά συνήθως αυτή κόβεται ή σταματά να αναπτύσσεται μετά τη φύτευση και δημιουργούνται πλευρικές διακλαδιζόμενες ρίζες που φτάνουν σε ανάλογο βάθος.

1.1.4.2 Φύλλα

Τα φύλλα είναι απλά, λεπτά, ελλειπτικά, οξύληκτα, ακέραια με βαθύ πράσινο χρώμα στην άνω επιφάνεια και πιο ανοιχτό πράσινο στην κάτω επιφάνεια. Ο μίσχος των φύλλων έχει μήκος 3 έως 5 εκατοστά.

1.1.4.3 Άνθη

Τα άνθη είναι μονήρη στις διακλαδώσεις των βλαστών και φέρουν μίσχο με 1,5 εκατοστό μήκος. Φέρουν κωδωνοειδή κάλυκα με 5 ή περισσότερα οδοντωτά σέπαλα, που συνήθως μεγαλώνουν και περιβάλλουν την βάση του άνθους. Έχουν στεφάνη διαμέτρου 8-15 χιλιοστά με 5 ή περισσότερα πέταλα, που είναι συνήθως λευκά ή λευκοπράσινα. Φέρουν 5 ή περισσότερους στήμονες που βρίσκονται κοντά στη βάση της στεφάνης. Οι ανθήρες έχουν ιώδη απόχρωση και σκίζονται κατά μήκος. Η ωοθήκη είναι δίχωρη ή τρίχωρη ή τετράχωρη και φέρει στύλο που είναι απλός άσπρος ή ιώδης. Τα άνθη είναι ερμαφρόδιτα, αυτογονιμοποιούμενα και μερικώς σταυρογονιμοποιούμενα. Τα άνθη αυτογονιμοποιούνται ή διασταυρώνονται σε υψηλό ποσοστό (2-90%) στις πρωτόγεννες ποικιλίες (Bosland και Vatava 2000) και στις ποικιλίες στις οποίες το στίγμα προεξέχει του κώνου των ανθών (Pickersgill 1977) με τη βοήθεια εντόμων.

Τα άνθη που δε γονιμοποιούνται πέφτουν καθώς και οι νεαροί καρποί όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από 15-16 °C ή υψηλότερη από 30-32 °C, λόγω έλλειψης γόνιμης γύρης. Το στίγμα του υπέρου είναι γκριζωτό, προεξέχει του κώνου των ανθών ή βρίσκεται στο ίδιο ύψος του κώνου των ανθών και είναι υποδεκτικό των γυρεόκοκκων μέχρι 7 ημέρες (Porona 1963).

Είναι φυτό ουδέτερο στο φωτοπεριοδισμό δηλαδή για να σχηματιστούν και να εμφανιστούν τα άνθη, δεν επηρεάζονται σημαντικά από το μήκος της ημέρας. Στα άνθη της πιπεριάς, η ωρίμανση του στίγματος και των ανθών είναι ταυτόχρονη, η επικονίαση και η γονιμοποίηση γίνεται μετά το άνοιγμα του άνθους. Το άνθος παραμένει ανοιχτό για 2-3 ημέρες.

Η αυτογονιμοποίηση ευνοείται γιατί ο ποδίσκος κύρτεται ώστε το άνθος να βλέπει προς τα κάτω, και έτσι πιο εύκολα η γύρη πέφτει πάνω στο στίγμα. Τα έντομα και τα μυρμήγκια μπορεί να προκαλέσουν κάποια σταυρογονιμοποίηση, αλλά είναι γνωστό ότι τα άνθη της πιπεριάς δεν ελκύουν τις μέλισσες και τα έντομα (Ολύμπιος, 2001).

1.1.4.4 Καρπός

Ο καρπός της πιπεριάς είναι ράγα και ποικίλει σε μορφή και μέγεθος ανάλογα με την ποικιλία. Το χαρακτηριστικό του καρπού είναι ότι έχει κοιλότητες στο εσωτερικό του. Αρχικά ο καρπός είναι πράσινος και στο στάδιο της φυσιολογικής ωρίμανσης γίνεται κόκκινος και είναι γλυκός ή καυτερός ανάλογα με την καψαϊκίνη που

περιέχει. Το φυτό είναι πολύ παραγωγικό, γιατί η ανθοφορία του είναι συνεχής εφόσον συγκομίζονται οι πράσινοι-ώριμοι καρποί. Οι καρποί κρέμονται στο φυτό, είναι όρθιοι ή ημιόρθιοι, αποκτούν το τελικό μέγεθος σε 30 ημέρες μετά τη γονιμοποίηση οπότε και συγκομίζονται. Αν δε συγκομίζονται φτάνουν στο στάδιο της φυσιολογικής ωρίμανσης σε 50 ημέρες μετά τη γονιμοποίηση. Ο πρώτος καρπός σχηματίζεται σε ύψος 20-40 εκ. από τον κόμβο των κοτυληδόνων. Από ένα στρέμμα υπαίθριας καλλιέργειας συγκομίζονται 4.000-5.500 κιλά και από ένα στρέμμα θερμοκηπιακής καλλιέργειας 8.000-12.000 κιλά πιπεριές. Οι καρποί έχουν διάφορα σχήματα σε κατά μήκος τομή (πεπλατυσμένο, στρογγυλό, καρδιάσχημα, τετράγωνο, ορθογώνιο, τραπεζοειδές, μέτρια τριγωνικό, στενό τριγωνικό, κερατοειδές), χρώματα πριν την ωρίμανση (πρασινωπό-άσπρο, κίτρινο, καφέ, πράσινο, πορφυρό) και στην ωρίμανση (κίτρινο, πορτοκαλί, κόκκινο, καφέ, πράσινο), κυματισμό του περικαρπίου στη βάση (απών ή πολύ ελαφρύς, ελαφρύς, μέτριος, έντονος, πολύ έντονος) και μέγεθος (μικρό, μέτριο, μεγάλο). Καταναλώνονται ως κύρια τροφή νωποί ή καταψυγμένοι (γεμιστές, μαγειρεμένες) και ως ορεκτικό (σαλάτα ή τουρσί) και είναι πλούσιοι σε βιταμίνες C και B (Μπλέτσος, 2012, Ολύμπιος, 2001).

1.1.4.5 Σπόρος

Ο σπόρος είναι επίπεδος, νεφροειδής και έχει το χρώμα του αχύρου. Από ένα κιλό πιπεριές παράγονται περίπου 15 γραμμάρια σπόρου και 1 γραμμάριο έχει περίπου 150-200 σπόρους (Μπλέτσος, 2012).

1.1.5 Σύσταση του καρπού

Η μέση σύσταση του καρπού είναι: νερό 93,5%, πρωτεΐνες 1%, υδατάνθρακες 4-4,5%, λίπη 0,2%. Επίσης ο καρπός είναι πλούσια πηγή βιταμινών, με κυριότερη τη βιταμίνη A, καθώς και υψηλή περιεκτικότητα σε βιταμίνη C (πίνακας 1.1). Η δριμύτητα του καρπού οφείλεται στην καψαϊκίνη, αλκαλοειδές που απαντάται σε μεγάλες συγκεντρώσεις στα διαφράγματα και στο σημείο σχηματισμού των σπόρων (Bioagro, 2010).

1.1.6 Θρεπτική αξία

Η θρεπτική αξία του της πιπεριάς παρουσιάζεται στο παρακάτω πίνακα 1.1.

Διαιτητικά στοιχεία		Βιταμίνες (mg)		Ανόργανα άλατα (mg)		Αμινοξέα (g)	
Νερό (g)	93,89	Βιταμίνη B ₁	0,057	Ασβέστιο	10	Λευκίνη	0,036
Θερμίδες (kcal)	20	Βιταμίνη B ₂	0,028	Σίδηρος	0,34	Λυσίνη	0,039
Υδατάνθρακες (g)	4,64	Βιταμίνη B ₃	0,480	Μαγνήσιο	10	Φαινυλαλανίνη	0,092
Σάκχαρα (g)	2,40	Βιταμίνη B ₅	0,099	Φώσφορος	20	Βαλίνη	0,036
Ίνες (g)	1,7	Βιταμίνη B ₆	0,224	Κάλιο	175	Αργινίνη	0,027
Λίπη (g)	0,17	Βιταμίνη B ₉	10	Νάτριο	3	Αλανίνη	0,036
Πρωτεΐνες (g)	0,86	Βιταμίνη C	80,4	Ψευδάργυρος	0,13		
				Μαγνήσιο	0,122		

Πίνακας 1.1: Θρεπτική αξία πιπεριάς (ανά 100γραμ. νωπού βάρους) .

1.1.7 Συστηματική κατάταξη

Το γένος *Capsicum* αποτελείται από 20 διαφορετικά είδη, που απαντώνται σε όλο τον κόσμο. Σύμφωνα με τους βοτανολόγους 5 μόνο από αυτά έχουν ιδιαίτερη εμπορική αξία για καλλιέργεια. Η ταξινόμηση στηρίζεται κυρίως στο χρωματισμό του άνθους και του σπόρου, το σχήμα του κάλυκα, τον αριθμό ανθέων σε κάθε κόμβο και την περιοχή προέλευσης του φυτού.

Η πιπεριά (*Capsicum annuum L.*) είναι ένα από τα γνωστά είδη του γένους *Capsicum*, με εξαίρεση την Αμερική όπου άλλα είδη παρουσιάζουν ιδιαίτερη προτίμηση από τους καταναλωτές (Βοσκάκη, 2013).

Τα καλλιεργούμενα είδη, σύμφωνα με τον Pursglove (1979) είναι τα ακόλουθα:

1.1.7.1 *Capsicum annuum*

Είναι το πλέον διαδεδομένο είδος και έχει τη μεγαλύτερη οικονομική σημασία. Περιλαμβάνει τις γλυκές πιπεριές καθώς και εκείνες που έχουν καυτερή γεύση, οι οποίες προορίζονται για ξήρανση και παραγωγή πιπεριού σε σκόνη. Οι καλλιεργούμενοι τύποι πιπεριάς ανήκουν στο *C. annuum var. annuum* ενώ οι άγριοι τύποι στο *C. annuum var. minimum*. Τα φυτά που ανήκουν στο *C. annuum* χαρακτηρίζονται από ιώδεις ανθήρες, τη λευκή στεφάνη από το μικρό κλειστό κάλυκα και φέρουν τους ανθοφόρους οφθαλμούς, συνήθως μονήρεις, ένα σε κάθε μασχάλη και το άνθος στρέφεται προς τα κάτω.

1.1.7.2 *Capsicum frutescens*

Το καλλιεργούμενο αυτό είδος είναι λιγότερο διαδεδομένο από ότι το *C. annuum*. Το είδος αυτό χαρακτηρίζεται από τους ιώδες ανθήρες του, τη γαλακτώδη πρασινοκιτρινόλευκη στεφάνη και το γεγονός ότι φέρει συνήθως τα άνθη κατά

ομάδες. Τα φυτά είναι πολυετή (2-3 χρόνια), θαμνώδη και αποξηλωμένα. Οι καρποί έχουν μέγεθος 0,7-2,5 x 0,3-10,0 εκ., είναι κόκκινοι ή κίτρινοι και μπορεί να έχουν πολύ γλυκιά ή δριμεία γεύση.

1.1.7.3 *Capsicum chinense*

Το άγριο είδος είναι διασκορπισμένο στην τροπική ζώνη της Ν. Αμερικής και καλλιεργείται κυρίως στη περιοχή του Αμαζονίου. Μερικές ποικιλίες του είδους αυτού καλλιεργούνται στην Αφρική και αναφέρεται ότι είναι οι πιο καυτερές από όλα τα άλλα είδη. Μια στένωση που βρίσκεται κάτω από τον κάλυκα είναι το μόνο μορφολογικό χαρακτηριστικό που διακρίνει το *C. chinense* από το *C. frutescens*.

1.1.7.4 *Capsicum baccatum*

Καλλιεργείται κυρίως στη Ν. Αμερική και ελάχιστα σε άλλες περιοχές. Τα καλλιεργούμενα είδη κατατάσσονται στο *C. baccatum* var. *pendulum* και τα άγρια είδη στο *C. baccatum* var. *baccatum*. Αν και το είδος αυτό συγγέεται με το *C. annuum*, εντούτοις διακρίνεται από αυτό, γιατί φέρει στεφάνη κίτρινου χρώματος με καφέ στίγματα και ο κάλυκας φέρει ευδιάκριτα σέπαλα.

1.1.7.5 *Capsicum pubescens*

Συναντάται στα υψίπεδα των Άνδεων και είναι το μόνο είδος που έχει ευδιάκριτα μορφολογικά χαρακτηριστικά, σε σύγκριση με τα άλλα είδη. Είναι το μόνο είδος που έχει σκούρο ρυτιδωμένο σπόρο, ενώ τα άλλα έχουν αχυρώδη χρωματισμό και η εξωτερική επιφάνεια του σπόρου είναι λεία. Οι καρποί έχουν σάρκα πολύ πιο χονδρή σε σύγκριση με τα άλλα είδη και το σχήμα τους μοιάζει συνήθως με αχλάδι ή μήλο. Έχει βλαστούς και φύλλα με χνούδι (Ολυμπίου, 2001).

1.1.8 Επιλογή της ποικιλίας

Όσον αφορά τον πολλαπλασιασμό ο καλλιεργητής θα πρέπει να αποφασίσει πια ποικιλία ή υβρίδιο θα καλλιεργήσει. Τα επιθυμητά χαρακτηριστικά που θα πρέπει να έχουν οι ποικιλίες και τα υβρίδια είναι τα εξής:

α) Όσο το δυνατόν μεγαλύτερη απόδοση σε σύντομο χρονικό διάστημα. Για να μπορέσει μια ποικιλία ή υβρίδιο να διαδοθεί για καλλιέργεια θα πρέπει να δίνει 60 – 70% της απόδοσής της σε περίοδο που οι τιμές είναι υψηλές.

β) Να είναι πρώιμη.

γ) Οι καρποί θα πρέπει να είναι αρεστοί για να έχουν ζήτηση στην αγορά. Δηλαδή τα ποιοτικά χαρακτηριστικά χρώμα, σχήμα, καυστικότητα, ικανότητα προς διατήρηση να είναι επιθυμητά.

δ) Να υπάρχει ανθεκτικότητα στους σοβαρούς εχθρούς και ασθένειες όπως τραχειομηκώσεις, βοτρυτής και ανεκτικότητα στις ιώσεις.

ε) Η εκλογή βασίζεται και σε καλλιεργητικά κριτήρια, όπως στην προτίμηση στον τύπο εδάφους, την ευπάθεια σε άλατα, την ζωνρότητα βλάστησης, την σταθερότητα της ποικιλίας ή υβριδίου (Ολυμπίου, 2001).

1.1.9 Ποικιλίες πιπεριάς

Υπάρχουν πολλές ποικιλίες που διαφέρουν μεταξύ τους στη γεύση, στο μέγεθος, το χρώμα και το σχήμα του καρπού τα οποία καλλιεργούνται ήδη στην Ελλάδα με πολύ καλά αποτελέσματα. Για την δημιουργία αυτών των ποικιλιών χρησιμοποιούνται τα παρακάτω υβρίδια:

- **Lamuyo F1.** Πρώιμο και εύρωστο υβρίδιο είναι ανθεκτικό στο μωσαϊκό του καπνού και κατάλληλο για υπό κάλυψη καλλιέργειες. Δίνει καρπούς μεγάλους, βάρους μεγαλύτερου των 200 γραμμαρίων, μάκρους – μέτριου μήκους (13x9εκ.), τρίλοβους ή τετράλοβους κανονικού σχήματος και χρώματος πράσινου που κατά την ωρίμαση μετατρέπεται σε ζωνρό κόκκινο (Δημητράκης, 1998).
- **Ludo F1.** Πολύ πρώιμο υβρίδιο και εύρωστο, ανθεκτικό στο μωσαϊκό του καπνού, είναι κατάλληλο για υπαίθριες και υπό κάλυψη καλλιέργειες. Ο καρπός του είναι ομαλού και ωραίου σχήματος, τετράλοβος, βάρους 200 περίπου γραμμαρίων με χρώμα πράσινο που κατά την ωρίμανση γίνεται ζωνρό κόκκινο (Δημητράκης, 1998).
- **Cleopatra No 4 F1.** Πρώιμο και παραγωγικό υβρίδιο, ζωνρής βλάστησης, κατάλληλο για καλλιέργειες υπό κάλυψη. Ο καρπός του είναι συνήθως τετράλοβος, μακρός (14x8εκ.) με σαρκώδη τοιχώματα, μέσου βάρους 200 gr χρώματος έντονου πράσινου (Δημητράκης, 1998).
- **Gedeon F1.** Υβρίδιο με ζωνρή βλάστηση, πρώιμο και παραγωγικό, είναι ανθεκτικό στο μωσαϊκό του καπνού και κατάλληλο για υπαίθρια και υπό κάλυψη καλλιέργεια. Δίνει καρπούς μακρούς (φούσκες), συνήθως τετράλοβους με παχιά τοιχώματα και βάρους 200 gr περίπου. Έχουν χρώμα βαθύ πράσινο.

Οι κυριότερες εμπορικές ποικιλίες που καλλιεργούνται στην Ελλάδα είναι οι εξής:

1. Οι φλόσκες πιπεριές

Καλλιεργούνται κυρίως στη Βόρεια Ελλάδα και στη Θεσσαλία.

➤ *Πιπεριά φλόσκα τετράγωνη*

-Υβρίδια: Bonita F1, Nilo F1, Carisma F1

-Ποικιλίες: Mazurka, Flamengo, Sirtaki, Polka, Tarando.

➤ *Τετράγωνη ελαφρά επιμήκης*

-Υβρίδιο: Colombo F1

➤ *Τετράγωνη επιμήκης (Lamuyo)*

-Υβρίδια: Cleopatra No 4 F1, Omer F1, Lazer F1, Genil F1

➤ *Πιπεριά τετράγωνη τύπου "Blocky"*

-Υβρίδια: Twingo F1, Denver F1, Salario F1, Sandorio F1, Cleopatra1 F1

➤ **Πιπεριά γεμιστή**

-Υβρίδια: Osir F1, Bellany F1, Mogador F1

-Ποικιλίες: California Wonder, Π-14 (Μακεδονίας)

➤ **Πιπεριά τύπου ντολμά**

-Υβρίδιο: ChampionF1.

Οι καρποί τύπου Φλάσκας σε διάφορα χρώματα (κόκκινο, κίτρινο, πορτοκαλί κ.α.) είναι κατά 90% εισαγόμενοι και μόνο ένα 10% παράγεται σε θερμοκήπια της Κρήτης (Ιεράπετρα) (Παρασκευόπουλος, 2000).

2. **Οι μακριές ανοιγοπράσινες (τύπου Κέρατο)**

Καλλιεργούνται σε θερμοκήπια της Ιεράπετρας και της Ημαθίας. (κίτρινη – κόκκινη) γλυκιά.

➤ **Πιπεριά κέρατο**

-Υβρίδια: Sammy F1, Sammy F2, Leuor F1, Victoria F1, Ferosa F1, Banan F1

-Ποικιλίες: Π-13.

3. **Οι καυτερές, οι γλυκές πιπεριές (τύπου Φλωρίνης) και οι τοματοπιπεριές**

Καλλιεργούνται σε μικρές εκτάσεις στη Βόρεια Ελλάδα. Ανήκουν στις βιομηχανικές πιπεριές.

-Υβρίδιο: Boga F1

-Ποικιλία: Liebesapfel.

4. **Πιπεριά τύπου Φλωρίνης**

-Υβρίδια: Spad F1, Zorba F1, Leuor F1, Capricoru F1, Diablo F1

-Ποικιλίες: Tina, Platica.

5. **Πιπεριά καυτερή**

-Υβρίδια: Bajonet F1, Jumbo F1, 467 F1

-Ποικιλίες: Anaheim Chili, Cahenna, Hot long

(Παρασκευόπουλος, 2000, Παπαδάκη, 2009).

1.1.10 Κλιματικές και εδαφικές απαιτήσεις

Η ανάπτυξη του φυτού επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες. Οι κυριότεροι εξ' αυτών είναι οι παρακάτω:

1. **Θερμοκρασία:** Είναι αναγκαία η αυξανόμενη θερμοκρασία από το πρώτα στάδια ανάπτυξης μέχρι την ωρίμανση, ενώ δεν είναι επιθυμητές οι απότομες αλλαγές θερμοκρασίας μεταξύ ημέρας και νύχτας. Ιδανικά, απαιτείται θερμοκρασία 20-25° C στη διάρκεια της ημέρας, και 16-18 °C τη νύχτα.
2. **Υγρασία:** Η ιδανική σχετική υγρασία είναι περίπου 50 και 70 %.
3. **Ένταση φωτός:** Η καλλιέργεια της πιπεριάς απαιτεί φως κατά τη διάρκεια του βλαστικού κύκλου και ειδικά την εποχή της άνθισης.

4. **Φωτοπερίοδος:** Η καλλιέργεια της πιπεριάς είναι λιγότερο αποδοτική το φθινόπωρο που η διάρκεια της φωτοπερίοδου είναι μικρή, σε σχέση με την άνοιξη που η φωτοπερίοδος μεγαλώνει, καθώς επηρεάζεται η βλάστηση και η καρποφορία του φυτού.
5. **Έδαφος:** Τα καλύτερα εδάφη για καλλιέργεια πιπεριάς είναι τα μέσης σύστασης εδάφη, ελαφριά, βαθιά, και αποστραγγιζόμενα. Τα πλούσια σε οργανική ουσία και γόνιμα εδάφη δίνουν τις καλύτερες αποδόσεις. Τα αμμώδη εδάφη, εφόσον έχουν μεσημβρινή έκθεση είναι ιδιαίτερα κατάλληλα για πρώιμες καλλιέργειες, αρκεί να εξασφαλίζεται η γονιμότητα και η απαιτούμενη υγρασία. Το ευνοϊκότερο pH εδάφους για καλλιέργεια είναι 5,5-6,5. Μπορεί να καλλιεργηθεί και σε ουδέτερα ως και σε ελαφρώς αλκαλικά εδάφη. Τα φυτά έχουν μικρή ανθεκτικότητα στα άλατα του εδάφους. Οι αποδόσεις μειώνονται κατά 10% σε συγκέντρωση αλάτων $EC_e = 2 \text{ mmhos/cm}$ (αγωγιμότητα εδαφικού διαλύματος στους 25°C), κατά 25% σε $EC_e = 3 \text{ mmhos/cm}$ και κατά 50% σε $EC_e = 5 \text{ mmhos/cm}$ (Δημητρακόπουλος, 2013).

1.1.11 Καλλιεργητικές προετοιμασίες

Το έδαφος του θερμοκηπίου, πριν δεχτεί τα νεαρά φυτά της πιπεριάς, πρέπει να είναι καθαρό από έντομα, μολύσματα παθογόνων, ζιζάνια, απαλλαγμένο από άλατα, πλούσιο σε οργανική ουσία και θρεπτικά στοιχεία, και αφρατοποιημένο. Η δημιουργία των παραπάνω χαρακτηριστικών στο έδαφος, επιτυγχάνεται με τους εξής καλλιεργητικούς χειρισμούς:

1. Υψηλά επίπεδα αλάτων: εάν μετά από ανάλυση εδάφους διαπιστωθεί ότι οι προηγούμενες καλλιέργειες συνέβαλαν στην αυξημένη συσσώρευση αλάτων στην περιοχή του ριζοστρώματος, τότε το έδαφος θα πρέπει να κατακλυσθεί με νερό πριν την προετοιμασία του για να ξεπλυθούν τα άλατα. Μια μέση δόση νερού που χρειάζεται για την απόπλυση κυμαίνεται μεταξύ $45-120 \text{ l/m}^2$ τα οποία εφαρμόζονται σε 4 ή περισσότερες δόσεις, μια κάθε μέρα.
2. Προσθήκη τύρφης, κοπριάς ή άλλης οργανικής ουσίας, για τη βελτίωση της δομής του εδάφους.
3. Βαθιά καλλιέργεια για την ενσωμάτωση της οργανικής ουσίας.
4. Απολύμανση του εδάφους με ατμό ή χημικά μέσα (αναγκαία 2-3 φρεζαρίσματα).
5. Λίγο πριν μεταφυτευτούν τα φυτά γίνεται η προσθήκη των ανόργανων λιπασμάτων (βασική λίπανση) και ακολουθεί φρεζάρισμα για την ενσωμάτωσή τους. Στη συνέχεια γίνεται σημάδεμα των γραμμών φύτευσης και των διαδρομών και τοποθετείται το σύστημα ποτίσματος. Της φύτευσης προηγείται πότισμα, ώστε το έδαφος κατά τη μεταφύτευση να βρίσκεται στο "ρώγο" του (Ολυμπίου, 2001).

1.1.12 Βασική λίπανση

Τα νεαρά φυτά θα πρέπει να βρουν ευνοϊκό περιβάλλον για να εγκατασταθούν όσο το δυνατόν πιο γρήγορα στο έδαφος. Η βασική λίπανση θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να δημιουργήσει ένα κατάλληλο θρεπτικό καθεστώς που απαιτεί η πιπεριά. Επίσης η βασική λίπανση θα πρέπει να προστίθεται μετά από μία ανάλυση εδάφους ώστε να αποφασιστούν οι ποσότητες, σύμφωνα με τις πραγματικές ανάγκες της καλλιέργειας. Κατά τον καθορισμό των ποσοτήτων που θα προστεθούν στο έδαφος σαν βασική λίπανση, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, ότι μια φυτεία πιπεριάς απορροφά από το έδαφος, τα παρακάτω θρεπτικά στοιχεία (πίνακας 1.2).

Παραγωγή (τον/στρ.)		Απορρόφηση στοιχείων (κιλά/στρ.)		
		N	P	K
Καρποί	2,81	5,04	0,67	5,60
Φυτά		10,63	0,67	10,07
Σύνολο		15,67	1,34	15,67

Πίνακας 1.2: Απορρόφηση κύριων στοιχείων σε κιλά/στρ. από καλλιέργεια πιπεριάς (Ανασκευή από Lorenz and Maynard, 1988).

Για να ικανοποιηθούν οι ανάγκες και να επιτευχθούν οι πιο πάνω σκοποί πρέπει να γίνει ανάλυση εδάφους, έτσι ώστε να αποφασιστούν οι ποσότητες, σύμφωνα με τις πραγματικές ανάγκες. Επιπλέον, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ο τύπος του εδάφους και η εμπειρία του καλλιεργητή.

Εάν όμως δεν γίνεται ανάλυση, τότε συνίσταται η παρακάτω λίπανση ανά στρέμμα:

- α) 3-4 τόνους χωνεμένης κοπριάς ανά στρέμμα.
- β) 70 κιλά ανά στρέμμα τριπλό υπερφωσφορικό (0-48-0).
- γ) 50 κιλά ανά στρέμμα θειικό κάλιο (0-0-48) (Ολυμπίου, 2001).

1.1.13 Στάδιο μεταφύτευσης

Η μεταφύτευση γίνεται όταν τα φυτά αποκτήσουν 2 - 3 πραγματικά φύλλα και το ριζικό σύστημα των νεαρών φυτών έχει καταβάλλει όλο τον όγκο του υποστρώματος στο γλαστράκι ή στον κύβο εδάφους. Γίνεται στο θερμοκήπιο από αρχές έως τέλος Σεπτεμβρίου.

Επίσης η μεταφύτευση θα πρέπει να γίνεται σε εδάφη αρκετά ψιλοχωματισμένα και ελαφρώς συμπιεσμένα στην επιφάνεια. Αμέσως με τα την μεταφύτευση ακολουθεί πότισμα για καλύτερη επαφή και ανάπτυξη των ριζών στο έδαφος του θερμοκηπίου. Πριν την μεταφύτευση συνίσταται σκληραγώγηση των φυτών με περιορισμό του νερού άρδευσης (Ολυμπίου, 2001).

1.2 ΕΧΘΡΟΙ ΚΑΙ ΑΣΘΗΝΕΙΕΣ

1.2.1 Προσβολές από έντομα

1.2.1.1 Σιδηροσκώληκας

(*Agriotes spp.*, Coleoptera: Elateridae)

Στο γένος αυτό υπάρχουν πολλά βλαβερά είδη και προσβάλλουν πάρα πολλές καλλιέργειες, συμπεριλαμβανομένης και της πιπεριάς. Τα τέλεια έντομα είναι μακρόστενα, με σκούρο γενικά χρωματισμό. Μεταξύ προστέρνου και στέρνου υπάρχει μία ειδική κατασκευή στο σώμα τους που τους επιτρέπει να γυρίζουν ανάποδα, να εκτινάσσονται με ένα χαρακτηριστικό ήχο και να επανέρχονται στην κανονική του θέση. Οι νεαρές προνύμφες έχουν υπόλευκο χρωματισμό, ενώ αργότερα παίρνουν το χαρακτηριστικό κιτρινοκαφέ χρώμα τους και το δερμάτιό τους γίνεται σε σημαντικό βαθμό σκληρό. Τα τέλεια εμφανίζονται το βράδυ και ίπτανται προς φωτεινές πηγές. Ωτοκοούν μέσα στο έδαφος, σε μέρη όπου υπάρχει υγρασία, η οποία παίζει σημαντικό ρόλο στην επιβίωση τους.

Ζημιές

Οι ζημιές που προκαλούν στα υπέργεια μέρη δεν έχουν μεγάλη σημασία, αντίθετα οι προνύμφες προσβάλλουν κυρίως το ριζικό σύστημα και τα φυτικά μέρη πλησίον του λαιμού χωρίς να αποκλείεται η είσοδος τους στο στέλεχος. Όταν τα φυτά είναι μικρά η προσβολή τους οδηγεί στη θραύση τους, με αποτέλεσμα την ξήρανση τους σε σύντομο χρονικό διάστημα. Οι ζημιές στην καλλιέργεια εμφανίζονται κυρίως με μορφή κηλίδων. Το προνυμφικό στάδιο διαρκεί πολύ διάστημα και η συμπλήρωση του βιολογικού κύκλου γίνεται σε 3-4 χρόνια, το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το ότι βρίσκονται καλά προστατευμένα στο έδαφος καθιστά πολύ δύσκολη την καταπολέμησή τους.

Αντιμετώπιση

Η αντιμετώπιση του εντόμου είναι πολύ δύσκολη και απαιτεί χειρισμούς για αρκετά χρόνια. Κάποια καλλιεργητικά μέτρα που αναφέρονται παρακάτω:

- Οργώματα νωρίς το φθινόπωρο και ελαφρά σκαλίσματα την άνοιξη ή αρχές του καλοκαιριού σε βάθος 7-8 εκ, με τα οποία καταστρέφεται η αυτοφυής βλάστηση και έτσι μειώνεται ο αριθμός των προνυμφών των εντόμων.
- Η αμειψισπορά μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο του πληθυσμού των εντόμων.
- Φυτά τα οποία δεν είναι ξενιστές, (π.χ. μπιζέλια, φασόλια, σινάπι) πρέπει να καλλιεργούνται πριν τις καλλιέργειες που είναι ξενιστές των εντόμων.
- Πρέπει να γίνεται αγρανάπαυση για τέσσερα χρόνια, όπου αυτό είναι εφικτό, με παράλληλη καταστροφή των αυτοφυών φυτών τα οποία μπορεί να προσφέρουν τροφή στις προνύμφες.

1.2.1.2 Αγρότιδες

(*Agrotis spp.*, Lepidoptera: Noctuidae)

Οι νεαρές προνύμφες ανοίγουν τρύπες πάνω στο φύλλωμα των φυτών, οι οποίες είναι εκτεταμένες. Οι μεγαλύτερες προνύμφες δεν ανεβαίνουν πάνω στα φυτά αλλά δαγκώνουν τα στελέχη και τα κόβουν. Οι αγρότιδες ζημιώνουν περισσότερα φυτά από αυτά που χρειάζονται για να τραφούν. Οι προσβολές είναι τοπικές (φαίνονται σε κηλίδες).

Αντιμετώπιση

- Καταστροφή ζιζανίων
- Σκαλίσματα του εδάφους

1.2.1.3 Κρεμμυδοφάγος

(*Gryllotalpa gryllotalpa*, Orthoptera: Gryllotalpidae)

Είναι ένα έντομο το οποίο ζει στο έδαφος προσβάλλοντας το υπόγειο τμήμα των φυτών, αλλά είναι δυνατόν να καταστρέψει τα νεαρά φυτά στο ύψος του λαιμού. Διαδεδομένο είδος το οποίο απαντάται σε εδάφη με χώμα ελαφρό, χουμώδες και πλούσιο σε οργανική ουσία. Προσβάλλει πολλά είδη συμπεριλαμβανομένης και της πιπεριάς. Το έντομο είναι νυκτόβιο και εξέρχεται από τις υπόγειες στοές του τη νύχτα και βαδίζοντας ή πετώντας αναζητά τη λεία του. Παρουσιάζει έντονο θετικό φωτοτροπισμό και έλκεται από ορισμένους ήχους.

Αντιμετώπιση

- Βαθύ όργωμα εδάφους (Μάιο-Ιούνιο) που ανεβάζει τις φωλιές ωοτοκίας στην επιφάνειά του.
- Παράχωμα υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας πολύ πριν από τη σπορά (τουλάχιστον 3 εβδομάδες)

1.2.1.4 Αλευρώδης του θερμοκηπίου

(*Trialeurodes vaporariorum*, Homoptera: Aleurodidae)

Το έντομο αυτό είναι ένας από τους σημαντικότερους εχθρούς των καλλιεργούμενων φυτών σε θερμοκήπια, με ιδιαίτερη προτίμηση τα είδη των φυτών των οικογενειών Solanaceae και Cucurbitaceae που προσβάλλει το φύλλωμα τους. Το σώμα των τέλειων εντόμων έχει μήκος 1 mm και καλύπτεται από μια κηρώδη λευκή «σκόνη». Ζουν στην κάτω επιφάνεια του φύλλου και αν οι συνθήκες είναι ευνοϊκές προσβάλλουν και γειτονικά φυτά.

Ζημιές

Οι ζημιές που προκαλούνται από τους αλευρώδεις είναι η μύζηση των χυμών του φυτού και η εξασθένησή τους, η δημιουργία καπνιάς στα μελιτώδη αποχωρήματα του εντόμου και τέλος η μετάδοση ιών και βακτηριών (Βοσκάκη, 2013).

1.2.1.5 Αφίδες

Οι πιπεριές προσβάλλονται από έναν αριθμό ειδών αφίδων. Ελέγχονται όμως εύκολα χημικά με τα ειδικά αφιδοκτόνα, γιατί στις συνθήκες των θερμοκηπίων συνήθως τα θηλυκά γεννούν ζωντανές μικρές αφίδες και όχι αυγά.

Ζημιές

Οι αφίδες προκαλούν ζημιά με την απομύζηση και την καπνιά που εμφανίζεται, εξαιτίας των μελιτογόνων εκκρίσεων, με αποτέλεσμα τον περιορισμό της αφομοιωτικής επιφάνειας του φυτού και το σημάδεμα των καρπών. Επιπλέον, μπορούν να μεταδώσουν και να βοηθήσουν στην εξάπλωση ιώσεων, για αυτό πρέπει να καταπολεμούνται χωρίς καθυστέρηση.

Αντιμετώπιση

- Κυκλοφορούν διάφορα ειδικά αφιδοκτόνα, όπως pirimicarp, pirimor κ.ά., αλλά η επιτυχία της καταπολέμησης βασίζεται στη δυνατότητα να φτάσει το φάρμακο σε όλες τις θέσεις που βρίσκονται οι αφίδες στα φυτά για αυτό οι νεφελοψεκασμοί και υποκαπνισμοί είναι προτιμότερες μέθοδοι (Ολύμπιος, 2001).

1.2.1.6 Ψευδόκοκκος των Εσπεριδοειδών

(*Planococcus citri*, Homoptera: Pseudococcidae)

Ο ψευδόκοκκος των εσπεριδοειδών λέγεται και βαμβακερή ψώρα και είναι σοβαρός εχθρός μεγάλου αριθμού φυτών σε όλο τον κόσμο.

Ζημιές

Το κοκκοειδές αυτό προσβάλλει εκτός από τα εσπεριδοειδή, το αμπέλι, τη συκιά και πολλά καλλωπιστικά φυτά. Οι ζημιές που προκαλεί είναι άμεσες και έμμεσες. Προκαλεί την εξασθένηση του φυτού, την πτώση των ανθέων και των καρπών και ευνοεί την ανάπτυξη της καπνιάς, που μαζί με τις κέρινες εκκρίσεις, κάνουν τους μεγάλους καρπούς χωρίς καμιά εμπορική αξία. Το έντομο αυτό σε ευνοϊκό περιβάλλον διατηρεί την δραστηριότητα του σε ολόκληρο τον χρόνο με αποτέλεσμα όλες οι εποχές, ακόμη και το χειμώνα να υπάρχουν προσβεβλημένα δέντρα σε όλα τα στάδια, από το ωό μέχρι το ακμαίο.

Αντιμετώπιση

- Γίνονται προσπάθειες για να εγκλιματισθούν σε πολλές χώρες της Ευρώπης δραστικά παράσιτα.
- Σε περιπτώσεις σοβαρών προσβολών των φυτών θα εφαρμοσθούν ψεκασμοί μόνο σε θερινούς πολτούς ορυκτελαίων στην κατάλληλη εποχή (Παπαδοπούλου, 2017).

1.2.2 Προσβολές από μύκητες

1.2.2.1 Περονόσπορο

Παθογόνο αίτιο: *Phytophthora infestans*

Πρόκειται για μια πολύ σοβαρή ασθένεια, που εξαπλώνεται ταχύτατα σε μεγάλες αποστάσεις και μπορεί, μέσα σε ελάχιστο χρόνο να προκαλέσει καταστροφή της παραγωγής σε ολόκληρες περιοχές. Προσβάλλονται όλα τα εναέρια όργανα των φυτών, σε όλα τα στάδια αναπτύξεως. Τα πρώτα συμπτώματα εμφανίζονται συνήθως στα κατώτερα φύλλα και στη συνέχεια στα ανώτερα. Στο έλασμα των φύλλων εμφανίζονται, στην αρχή υποκίτρινες ή υδατώδεις, ακανόνιστου σχήματος και ασαφούς περιφέρειες περιοχές, οι οποίες γρήγορα αποκτούν χρώμα καστανό μέχρι βαθύ καστανό ή μαύρο. Στους μίσχους των φύλλων και στους βλαστούς εμφανίζονται καστανές μέχρι μαύρες νεκρωτικές περιοχές, οι οποίες προκαλούν τελικά το μααρασμό και την αποξήρανση τους.

Αντιμετώπιση

- Καταστροφή των υπολειμμάτων της καλλιέργειας.
- Λήψη μέτρων για τη μείωση της υγρασίας στα θερμοκήπια.
- Με χρήση μυκητοκτόνων α) προστατευτικά και β) διασυστηματικά.

1.2.2.2 Ωίδιο

Παθογόνο αίτιο: *Leveillula taurica*

Προσβάλει μόνο τα φύλλα και κυρίως τα ώριμα πλήρως ανεπτυγμένα φύλλα. Ο μύκητας, που είναι ενδοπαράσιτο, προκαλεί στην πάνω επιφάνεια των φύλλων τις χαρακτηριστικές αλευρώδεις κιτρινωπές κηλίδες των ωιδίων και στην κάτω εμφανίζονται οι κονιδιοφόροι. Σε σοβαρή προσβολή ακολουθεί φυλλόπτωση.

Αντιμετώπιση

- Η καταπολέμηση του ωιδίου γίνεται με χρησιμοποίηση του θείου και διάφορα διασυστηματικά μυκητοκτόνα.

1.2.2.3 Σεπτορίωση

Παθογόνο αίτιο: *Septoria lycopersici*

Τα συμπτώματα εμφανίζονται κυρίως στο έλασμα των φύλλων αλλά μπορεί να εμφανισθούν επίσης στους μίσχους, τον κάλυκα και τους βλαστούς. Η προσβολή αρχίζει κυρίως από τα κατώτερα φύλλα με το σχηματισμό κυκλικών ή ακανόνιστων

κηλίδων, οι οποίες στην αρχή είναι υδατώδεις, στη αργότερα καστανέρυθρες μέχρι μαύρες και τελικά γίνονται νεκρωτικές κηλίδες.

Αντιμετώπιση

- Καταστροφή των υπολειμμάτων της καλλιέργειας.
- Λήψη μέτρων για τη μείωση της υγρασίας στα θερμοκήπια.
- Χρησιμοποίηση υγιούς σπόρου και υγιών φυταρίων.
- Προληπτικοί ψεκασμοί.

1.2.2.4 Αλτεναρίωση

Παθογόνο αίτιο: *Alternaria solani*

Προσβάλλονται όλα τα υπέργεια μέρη του φυτού από την ασθένεια και τα φυτά είναι ευπαθή σε όλα τα στάδια αναπτύξεώς τους. Στα ανεπτυγμένα φυτά σχηματίζονται, πρώτα στα παλαιότερα φύλλα της βάσης, κυκλικές ή γωνιώδεις καστανές ή μαύρες κηλίδες με συγκεντρικούς κύκλους.

Αντιμετώπιση

- Καταστροφή των υπολειμμάτων της καλλιέργειας.
- Χρησιμοποίηση υγιούς σπόρου και υγιών φυταρίων.
- Προληπτικοί ψεκασμοί.
- Χορήγηση ισορροπημένης λιπάνσεως.
- Χρήση ανθεκτικών ποικιλιών.

1.2.2.5 Κλαδοσπορίωση

Παθογόνο αίτιο: *Fulvia fulva*

Τα πρώτα συμπτώματα εμφανίζονται πρώτα στα κατώτερα φύλλα στα οποία παρατηρούνται κυκλικές ή ακανόνιστες κιτρινοπράσινες ή κίτρινες κηλίδες με ασαφή όρια στην πάνω επιφάνεια του ελάσματος. Με την εξέλιξη της προσβολής τα φύλλα γίνονται κατσαρά, μαραίνονται, ξηραίνονται και συχνά πέφτουν. Η προσβολή αργότερα επεκτείνεται σε ολόκληρο το φύλλωμα του φυτού.

Αντιμετώπιση

- Καταστροφή των υπολειμμάτων της καλλιέργειας.
- Λήψη μέτρων για τη μείωση της υγρασίας στα θερμοκήπια.
- Χρήση ανθεκτικών ποικιλιών.
- Προστασία των φυτών με μυκητοκτόνα.

- Συνίσταται λήψη μέτρων στις υπό κάλυψη καλλιέργειας για τη μείωση της υψηλής υγρασίας.

1.2.2.6 Έλκος στελεχών

Παθογόνο αίτιο: *Didymella lycopersici*

Τα πρώτα συμπτώματα που γίνονται αντιληπτά σε μια προσβεβλημένη καλλιέργεια και εμφανίζονται στα ανεπτυγμένα φυτά συνήθως είναι ένας απότομος μαρασμός και ξήρανση μερικών φυτών. Η προσβολή εκδηλώνεται με το σχηματισμό επιμήκους υδατώδους στη συνέχεια καστανής κηλίδας, η οποία είναι ελαφρά βυθισμένη και τελικά εξελίσσεται σε έλκος που περιβάλλει το στέλεχος.

Αντιμετώπιση

- Καταστροφή των υπολειμμάτων της καλλιέργειας.
- Να καταστρέφονται τα ζιζάνια.
- Συνίσταται απολύμανση του εδάφους στα σπορεία και θερμοκήπια. Επίσης, να απολυμαίνονται όλα τα υλικά και εργαλεία που χρησιμοποιούνται κατά την καλλιέργεια.
- Χρησιμοποίηση υγιούς σπόρου.
- Συνιστώνται προληπτικοί ψεκασμοί των φυτών.

1.2.2.7 Αδρομυκώσεις

Παθογόνο αίτιο: *Verticillium dahliae* και *Fusarium spp.*

Οι αδρομυκώσεις είναι πολύ σοβαρές, πολλές φορές βραδέως εξελισσόμενες ασθένειες των φυτών, που οφείλονται σε προσβολή των αγγειωδών ιστών από μύκητες. Τα ασθενή φυτά εκδηλώνουν σε μερικούς βλαστούς ή σε ολόκληρο το φύλλωμα συμπτώματα μαρασμού και κακής διατροφής που τελικά καταλήγουν στην αποξήρανση των κλάδων ή ολόκληρου του φυτού.

Αντιμετώπιση

- Χρήση ανθεκτικών ποικιλιών.
- Χρησιμοποίηση υγιούς σπόρου.

1.2.2.8 Τεφρά σήψη

Παθογόνο αίτιο: *Botrytis cinerea*

Προσβάλλει φυτά όλων των ηλικιών και όλα σχεδόν τα μέρη τους (φύλλα, άνθη, καρπούς, στελέχη, ρίζες) και προκαλεί συμπτώματα διαφόρων τύπων. Στους υδαρείς

καρπούς και τρυφερούς βλαστούς η προσβεβλημένη περιοχή αρχικά έχει ανοικτό πράσινο χρώμα και αργότερα ανοικτό καστανό χρώμα.

Αντιμετώπιση

- Μείωση της υγρασίας.
- Τήρηση καλής υγιεινής στις φυτείες.
- Χημική καταπολέμηση.
- Συνδυασμένη καταπολέμηση.

1.2.2.9 Σήψη λαιμού και ριζών

Παθογόνο αίτιο: *Fusarium oxysporum*

Στο θερμοκήπιο, η ασθένεια εκδηλώνεται με ένα απότομο μαρασμό των φυτών λίγο προ της ωριμάσεως των πρώτων καρπών. Τελικά ,τα ασθενή φυτά ξηραίνονται. Στο λαιμό των ανεπτυγμένων φυτών παρατηρείται μια καστανή σήψη του φλοιώδους ιστού.

Αντιμετώπιση

- Δεν είναι γνωστά χημικά μέσα για την αντιμετώπιση της ασθένειας.
- Χρησιμοποίηση υγιούς σπόρου.
- Καταστροφή των υπολειμμάτων της καλλιέργειας.
- Αποφυγή άρδευσης με αυλάκια ή κατάκλιση.
- Αποφυγή υπερβολικής άρδευσης των φυτών, γιατί ευνοεί την ανάπτυξη της ασθένειας.

1.2.3 Προσβολές λαιμού και καρπών

1.2.3.1 Φυτόφθορα

Παθογόνο αίτιο: *Phytophthora spp.*

Οι μύκητες του γένους *Phytophthora* προσβάλλουν τα φυτά σε όλα τα στάδια της ανάπτυξης τους και προκαλούν τήξη των φυταρίων, έλκος του λαιμού, σηψιρριζίες, προσβολές των φύλλων και σήψη των καρπών. Η προσβολή του λαιμού εκδηλώνεται στη βάση του στελέχους ως υδατώδης επιμήκης κηλίδα που σύντομα γίνεται πρασινοκάστανη ή καστανή και ο φλοιός γίνεται μαλακός και βυθίζεται. Συχνά η μόλυνση αρχίζει από τις ρίζες.

Αντιμετώπιση

- Η αποφυγή της υπερβολικής υγρασίας στο έδαφος.
- Η άμεση απομάκρυνση των προσβεβλημένων φυτών από το σπορείο ή την καλλιέργεια.
- Η απομάκρυνση φυτικών υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας.
- Η αραιή φύτευση των νέων φυτών, με σκοπό τον καλύτερο αερισμό των φυτών.
- Η σπορά σε σπορείο που έχει ηλιοαπολυμανθεί.

1.2.3.2 Ριζοκτόνια

Παθογόνο αίτιο: *Rhizoctonia solani*

Προκαλεί τήξη φυταρίων και στα μεγαλύτερα φυτά έλκος του λαιμού, προσβολή ριζών, φύλλων και σήψη καρπών. Η προσβολή του λαιμού στα ανεπτυγμένα φυτά εκδηλώνεται στη βάση του στελέχους και λίγο κάτω από την επιφάνεια του εδάφους με τη μορφή ερυθρωπών κηλίδων οι οποίες εξελίσσονται σε ερυθροκάστανες μέχρι καστανές νεκρωτικές περιοχές με σαφή όρια και ξηρής συστάσεως.

Αντιμετώπιση

- Η απομάκρυνση των φυτικών υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας.
- Η χρησιμοποίηση υγιών φυταρίων.
- Η αραιή φύτευση των νέων φυτών με σκοπό τον καλό αερισμό των φυτών.
- Η απομάκρυνση των προσβεβλημένων φυτών από την καλλιέργεια.

1.2.3.3 Σκληρωτινίαση

Παθογόνο αίτιο: *Sclerotinia sclerotiorum*

Τα φυτά μολύνονται σε όλα τα στάδια αναπτύξεως τους, συχνότερες όμως είναι οι προσβολές στα αναπτυγμένα φυτά και εμφανίζονται στο στέλεχος (σε οποιοδήποτε μέρος του στελέχους και το λαιμό του φυτού) και στους καρπούς. Η μόλυνση εμφανίζεται συχνά στην περιοχή του λαιμού των φυτών, ως υδατώδης μεταχρωματισμός των ιστών που σύντομα εξαπλώνεται προς το στέλεχος πάνω από την επιφάνεια του εδάφους και τη ρίζα.

Αντιμετώπιση

- Περιορισμός της εδαφικής υγρασίας με κατάλληλα μέτρα (όχι υπερβολική άρδευση, αποστράγγιση του εδάφους, αραιή φύτευση).
- Εκκρίζωση, απομάκρυνση και καταστροφή με φωτιά των προσβεβλημένων φυτών και φυτικών τμημάτων αμέσως μόλις εμφανιστεί η ασθένεια, για να αποφεύγεται ο εμπλουτισμός του εδάφους με σκληρότια.
- Μετά το πέρας της καλλιέργειας να γίνεται βαθύ όργωμα για την κάλυψη των σκληρωτίων και αν είναι δυνατό κατάκλιση του αγρού με νερό για 4-5 εβδομάδες (Παναγόπουλος, 1995).

1.3 ΦΥΤΟΟΡΜΟΝΕΣ

1.3.1 Γενικά

Η ανάπτυξη και η αύξηση κάθε οργανισμού είναι μια πολύπλοκη διαδικασία. Για την έναρξη των διάφορων φάσεων απαιτείται η ύπαρξη του κατάλληλου σήματος και η μεταφορά του στο σημείο δράσης, όπου ακολουθεί η έκφραση του γονιδίου ή των γονιδίων και η σύνθεση των πρωτεϊνών, που στη συνέχεια συμμετέχουν στους μηχανισμούς αύξησης και ανάπτυξης. Τα σήματα μπορεί να είναι εξωγενή, όπως το φως, η θερμοκρασία κ.ά., ενδογενή, όπως διάφορα βιομόρια. Τα σημαντικότερα βιομόρια που σηματοδοτούν αναπτυξιακά φαινόμενα ονομάζονται ορμόνες. Ορμόνη (hormone), όρος ελληνικής προέλευσης (από τη λέξη *ορμή*), είναι κάθε βιομόριο που πληροί τρεις όρους:

1. Συντίθεται σε μικρές ποσότητες, σε ένα κύτταρο ή μια ομάδα κυττάρων (ιστό ή όργανο).
2. Μεταφέρεται σε άλλα κύτταρα, ιστούς ή όργανα.
3. Για τη δράση της απαιτούνται συνήθως μικρές συγκεντρώσεις.
(Γαλάτης, 2003).

Οι ορμόνες είναι χημικοί αγγελιαφόροι που παράγονται σε ένα κύτταρο και διαμορφώνουν τις κυτταρικές διεργασίες σε ένα άλλο, αλληλεπιδρώντας με συγκεκριμένες πρωτεΐνες. Οι πρωτεΐνες αυτές, συνδεδεμένες στα μονοπάτια της κυτταρικής μεταγωγής, λειτουργούν ως υποδοχείς. Όπως συμβαίνει και στην περίπτωση των ζώων, οι περισσότερες φυτικές ορμόνες συντίθενται σε έναν ιστό και δρουν σε συγκεκριμένες θέσεις-στόχους σε έναν άλλο ιστό και μάλιστα σε απειροελάχιστες συγκεντρώσεις. Οι ορμόνες που μεταφέρονται και δρουν σε ιστούς, οι οποίοι βρίσκονται μακριά από την περιοχή σύνθεσης ορμονών, ονομάζονται ενδοκρινείς ορμόνες. Αυτές που δρουν σε κύτταρα παρακείμενα της θέσης σύνθεσης τους, αναφέρονται ως παρακρινείς ορμόνες (Taiz & Zeiger 2012) .

Για την εκδήλωση της δράσης πρέπει:

1. Η ορμόνη να βρίσκεται στην απαιτούμενη ενδογενή συγκέντρωση.
2. Ο αντίστοιχος υποδοχέας να αναγνωρίζει και αν προσδεθεί με την ορμόνη.
3. Το σήμα της ορμόνης να είναι ικανό να προκαλέσει αντίδραση (μεταβολική ή όχι), για τη μεγέθυνση και μεταφορά του σήματος στους στόχους δράσης (targets).

Όπως, σε όλους τους οργανισμούς έτσι και στα φυτά, η αναπτυξιακή διαδικασία ρυθμίζεται σε μεγάλο βαθμό από τις φυτοορμόνες (phytohormones).

Σήμερα στις φυτοορμόνες περιλαμβάνονται οι παρακάτω:

1. Αυξίνες (auxins).
2. Γιββερελλίνες (gibberellins).
3. Κυτοκινίνες (cytokinins).
4. Αιθυλένιο (ethylene).
5. Αμπσισσικό οξύ ή αποπτωτικό οξύ (abscissic acid).

Τα τελευταία χρόνια, διάφορα άλλα βιομόρια που συμμετέχουν σε αναπτυξιακές διαδικασίες, έχουν προταθεί ως βιομόρια με ορμονική δράση (σαν-ορμόνες ουσίες, hormone-like substances), όπως:

1. Πολυαμίνες (polyamines).
2. Βρασσινοστεροειδή (brassinosteroids).
3. Ολιγοσακχαρίνες (oligosaccharins).
4. Γιασμονικό οξύ (jasmonic acid).
5. Πεπτίδια με ορμονική δράση (hormone-like peptides).
6. Σαλικυλικό οξύ (salicylic acid).

Οι ορμόνες σχετίζονται με βασικές αναπτυξιακές διεργασίες των φυτικών οργανισμών, όπως:

1. Κυτταρική διαίρεση.
2. Κυτταρική αύξηση.
3. Την αύξηση και ανάπτυξη.
4. Τη διαφοροποίηση.
5. Τη μορφογένεση.
6. Την αναπαραγωγή.
7. Την ωρίμανση των καρπών.
8. Τον λήθαργο και την εκβλάστηση των σπερμάτων.
9. Τα φαινόμενα γήρανσης και απόπτωσης κ.ά.

Οι φυτοορμόνες συντελούν στην ανάπτυξη του ανωτέρου φυτού ως ενεργοί ουσίες, όπως και οι αυξητικοί παράγοντες με βιταμινικό χαρακτήρα. Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των φυτοορμονών είναι ότι σχηματίζονται σε ορισμένες θέσεις του φυτικού σώματος και από εκεί μεταφέρονται στους τόπους της λειτουργίας τους, έχουν δηλαδή ορμονικό χαρακτήρα. Οι φυτοορμόνες είναι δυνατό να επηρεάζουν τις επιμέρους φάσεις της αναπτύξεως με διαφορετικό τρόπο και σε διαφορετικό βαθμό. Το αν μια ορισμένη διαδικασία προκαλείται, ενισχύεται ή όχι, εξαρτάται όχι μόνο από την απόλυτη συγκέντρωση των ορμονών στη συγκεκριμένη περιοχή του ιστού, αλλά και από τις αμοιβαίες ποσοτικές σχέσεις των διαφόρων ορμονών. Ωστόσο, η δράση των ορμονών δεν είναι μια απλή αντίδραση. Οι ορμόνες μπορεί να συμμετέχουν σε αλυσίδα μεταφοράς σήματος, με ενδεχομένως πολλαπλούς αποδέκτες και πλειοτροπικές δράσεις, έτσι ώστε το κύτταρο ή η ομάδα κυττάρων – ιστοί ή και όργανα- να οδηγούνται σε ειδική αναπτυξιακή οδό (Γαλάτης, 2003).

1.3.2 Αυξίνες

Η αυξίνη ήταν η πρώτη αυξητική ορμόνη που μελετήθηκε στα φυτά και ένα μεγάλο μέρος των πρώτων εργασιών, των σχετικών με τους μηχανισμούς της διόγκωσης των φυτικών κυττάρων, πραγματοποιήθηκε τη δράση της. Η σηματοδότηση της αυξίνης έχει αποδειχθεί ότι λειτουργεί σχεδόν σε κάθε πτυχή της αύξησης και ανάπτυξης του φυτού. Επιπλέον οι αυξίνες και οι κυτοκινίνες διαφέρουν από τις υπόλοιπες φυτικές ορμόνες και από τους άλλους παράγοντες σηματοδότησης σε ένα βασικό σημείο: είναι απαραίτητες για τη βιωσιμότητα του φυτικού εμβρύου. Ενώ οι άλλες φυτικές ορμόνες φαίνεται πως δρουν ως ρυθμιστές διακριτών αναπτυξιακών διεργασιών, η αυξίνη και οι κυτοκινίνες φαίνεται ότι είναι απαραίτητες, σε κάποιο βαθμό, σε όλη τη διάρκεια της ανάπτυξης του φυτού (Taiz & Zeiger, 2012).

1.3.2.1 Η ΚΥΡΙΑ ΑΥΞΙΝΗ: Το Ινδολυλο-3-οξικό οξύ

Τα πειράματα του Went με μικρούς κύβους ζελατίνης (και αργότερα κύβους άγαρ) απέδειξαν αναμφισβήτητα ότι αυτός ο παράγοντας που διαχέεται από την κορυφή των κολεοπτύλων και προωθεί την αύξηση είναι μια χημική ουσία. Το γεγονός ότι συντίθεται σε μία θέση και μεταφέρεται σε απειροελάχιστες ποσότητες στο σημείο δράσης της, την καθιστά αυθεντική φυτική ορμόνη.

Στα μέσα της δεκαετίας του 1930 η κύρια φυσική αυξίνη ταυτοποιήθηκε: ήταν το ινδολο-3-οξικό οξύ (ή 3-ινδολυλοξικό οξύ, indole-3-acetic acid, IAA). Αρκετές άλλες αυξίνες αποκαλύφθηκαν αργότερα σε ανώτερα φυτά, αλλά το IAA είναι μακράν η αφθονότερη και η πλέον σημαντική για το φυτό. Επειδή η δομή του IAA είναι σχετικά απλή, πανεπιστημιακά και βιομηχανικά εργαστήρια γρήγορα συνέθεσαν έναν μεγάλο αριθμό χημικών ενώσεων με δραστηριότητα αυξίνης. Κάποιες από αυτές χρησιμοποιούνται σήμερα ευρέως ως ζιζανιοκτόνα στη φυτοκομία και στη γεωργία. Θεσπίστηκαν ιδιαίτερα κριτήρια, προκειμένου να εκτιμηθεί η δράση τους ως αυξινών και ο τρόπος μεταφοράς των διαφορετικών αυτών ενώσεων στους φυτικούς ιστούς. Σε γενικές γραμμές, οι αυξίνες ορίζονται ως χημικές ενώσεις με βιολογική δράση παρόμοια με αυτή του IAA. Παρότι είναι χημικά διαφορετικές, ένα κοινό χαρακτηριστικό όλων των ενεργών αυξινών είναι η μοριακή απόσταση των 0,5nm περίπου ανάμεσα στο θετικό φορτίο του αρωματικού δακτυλίου και στο αρνητικό της καρβοξυλικής ομάδας.

Το IAA συντίθεται στα μεριστώματα και στους νεαρούς ιστούς. Η βιοσύνθεση του IAA σχετίζεται με τους ταχέως διαιρουμένους και αυξανόμενους ιστούς, ιδιαίτερα εκείνους των βλαστών (Ljung et al. 2005). Παρόλο που πρακτικά όλοι οι φυτικοί ιστοί είναι ικανοί να παράγουν χαμηλά έστω επίπεδα IAA, τα επάκρια μεριστώματα των βλαστών και τα νεαρά φύλλα είναι τα κύρια σημεία σύνθεσης του (Ljung et al. 2001). Τα επάκρια μεριστώματα των ριζών αποτελούν επίσης σημαντικά σημεία σύνθεσης της αυξίνης, ιδιαίτερα καθώς οι ρίζες επιμηκύνονται και ωριμάζουν. Ωστόσο, η ρίζα παραμένει εξαρτημένη από τον βλαστό για ένα μεγάλο μέρος της αυξίνης που της χρειάζεται (Ljung et al. 2005). Οι νεαροί καρποί και τα σπέρματα

περιέχουν υψηλά επίπεδα της ορμόνης, αλλά δεν είναι ξεκάθαρο αν η αυξίνη αυτή νεοσυντίθεται εκεί ή μεταφέρεται από τους μητρικούς ιστούς κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης τους (Taiz & Zeiger, 2012).

Η πρώτη ομάδα φυτοορμονών είναι οι αυξίνες. Κατά τον Thiman (1964) οι αυξίνες είναι φυσικές ή συνθετικές χημικές ενώσεις, οι οποίες σε διαφορετικές κάθε φορά συγκεντρώσεις προάγουν την αύξηση τανύσεως των κυττάρων και κατά συνέπεια την επιμήκη αύξηση του βλαστού και της ρίζας, ωστόσο όμως σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις αναστέλλουν την αύξηση. Η προαγωγή της αύξησης είναι ιδιαιτέρως έντονα αναγνωρίσιμη σε βιοδοκιμές κατά τη χρησιμοποίηση παρασκευασμάτων πτωχών σε αυξίνη. Κατά συνέπεια οι αυξίνες καθορίζονται όχι σύμφωνα με τη χημική τους δομή αλλά σύμφωνα με τη χαρακτηριστική τους δράση. Η πλέον εξαπλωμένη στα φυτά αυξίνη είναι το ινδολυλο-3-οξικό οξύ (indoleacetic acid, IAA), μια χημική ένωση, η οποία θα έπρεπε να εμφανίζεται σε όλους τους προκαρυωτικούς και ευκαρυωτικούς οργανισμούς, ωστόσο χρησιμεύει ως χημικό σήμα μόνο στα Εμβρυόφυτα. Άλλες αυξίνες, όπως το φαινυλοξικό οξύ (PAA) (στον καπνό), το ινδολακρυλοξικό οξύ και τα αλογονομένα παράγωγα του ινδολυλοξικού οξέος (στα Leguminosae) δεν είναι γενικής σημασίας (Τσέκου, 2014).

Μέχρι πρόσφατα, μοναδική οδό βιοσύνθεσης του IAA θεωρούνταν αυτή που έχει ως πρόδρομο μόριο την τρυπτοφάνη. Όμως, με τις διαθέσιμες μεθόδους σήμανσης με σταθερά ραδιοϊσότοπα, έχει βρεθεί ότι υπάρχουν και άλλες βιοσυνθετικές οδοί, από άλλα πρόδρομα μόρια.

Η βιοσύνθεση του IAA από την τρυπτοφάνη περιλαμβάνει τρία μονοπάτια:

1. Το μονοπάτι του ινδολ-3-πυροσταφυλικού οξέος (indol-3-pyruvic acid).
2. Το μονοπάτι του ινδολ-3-ακεταλδοξιμικού (indol-3-acetaldoxine). Και
3. Το μονοπάτι της τρυπταμίνης (tryptamine). (Γαλάτης, 2003).

Η αυξίνη παράγεται στις κορυφές των κολεόπτλων των αγρωστωδών και στις κορυφές των βλαστών. Παρόλου, που το IAA βρέθηκε στις κορυφές των ριζών, πολλά δεδομένα υποδεικνύουν ότι αυτό δεν παράγεται εκεί, αλλά μεταφέρεται εκεί διαμέσου του αγγειακού συστήματος. Αυτό συντίθεται στα αρχέγονα μεριστώματα των φύλλων και στα νεαρά φύλλα καθώς επίσης έχει βρεθεί στα άνθη, καρπούς και σπέρματα (Τσέκου, 2014).

1.3.2.2 Μεταφορά αυξίνης

Η σύνθεση των αυξινών γίνεται κυρίως στα μεριστώματα του βλαστού και της ρίζας, καθώς και στα φύλλα. Η μεταφορά τους από τα σημεία σύνθεσής τους προς τα σημεία δράσης τους γίνεται κυρίως βασιπέταλα, δηλαδή από την κορυφή προς την βάση, κυρίως στα παρεγχυματικά κύτταρα του αγωγού ιστού (Γαλάτης, 2003). Η κίνηση της αυξίνης στους βλαστούς και στις ρίζες είναι βραδεία, περίπου μόνο 1 cm/h. Επιπρόσθετα, η μεταφορά της είναι πολική ή κατευθυνόμενη προς μίαν κατεύθυνση. (Τσέκου, 2014). Η ταχύτητα πολικής μεταφοράς είναι 5-20 mm/h. Τελευταία έχει διαπιστωθεί ότι στη ρίζα, η αυξίνη μεταφέρεται ακροπέταλα, δηλαδή από το ακρορρίζιο προς τη ρίζα, διαμέσου των αγγείων του ηθμού. Επίσης, η αυξίνη που συντίθεται στα φύλλα μεταφέρεται βασιπέταλα ή ακροπέταλα με τα αγγεία του ηθμού, με ταχύτητα μεγαλύτερη από την αντίστοιχη της βασιπέταλης μεταφοράς (Γαλάτης, 2003).

1.3.2.3 Εισροή αυξίνης στα κύτταρα

Το πρώτο βήμα της πολικής μεταφοράς είναι η εισροή αυξίνης. Η αυξίνη εισέρχεται στα φυτικά κύτταρα μη κατευθυνόμενα, με παθητική διάχυση της πρωτονιωμένης μορφής της (IAH) δια μέσου της διπλοστιβάδας των φωσφολιπιδίων ή μέσου μίας δευτερογενούς ενεργητικής μεταφοράς της ανιοντικής μορφής IAA⁻ με έναν συμμεταφορέα πρωτονίων (2H⁺-IAA⁻).

Η μορφή του ινδολο-3-οξικού οξέος που δεν βρίσκεται σε ιοντική διάσταση, όταν δηλαδή η καρβοξυλομάδα είναι πρωτονιωμένη (IAAH), είναι λιπόφιλη και διαχέεται εύκολα δια μέσου της λιπιδικής διπλοστοιβάδας των μεμβρανών. Αντίθετα, το ανιόν της αυξίνης είναι αρνητικά φορτισμένο και έτσι δεν μπορεί να διαπεράσει τις μεμβράνες χωρίς βοήθεια. Επειδή η H⁺-ATPάση της πλασματικής μεμβράνης διατηρεί, υπό φυσιολογικές συνθήκες, τιμές pH 5 έως 5,5 στο διάλυμα του κυτταρικού τοιχώματος, το 15-25% της αυξίνης (pKa= 4.75) στον αποπλάστη θα πρέπει να είναι σε πρωτονιωμένη μορφή και θα διαχέεται παθητικά δια μέσου της πλασματικής μεμβράνης σύμφωνα με τη διαβάθμιση της συγκέντρωσης. Πειραματική υποστήριξη για την pH- εξαρτώμενη παθητική πρόσληψη αυξίνης καταγράφηκε για πρώτη φορά όταν διαπιστώθηκε ότι η πρόσληψη του IAA από τα φυτικά κύτταρα αυξάνεται όταν το εξωκυτταρικό pH μειώνεται από μία ουδέτερη σε μία περισσότερο όξινη τιμή. Στη συνέχεια, ο ρόλος της οξίνισης του αποπλάστη στη δικίνηση της αυξίνης αποδείχθηκε και *in vivo* (Li et al.2005).

Ένας δευτερογενής, ενεργητικός μηχανισμός πρόσληψης, με τη διαμεσολάβηση μεμβρανικών διακινήτων, έχει δείχθει ότι κορέννυται από τις δραστικές αυξίνες και εξειδικεύεται για αυτές. Μία μικρή οικογένεια περμεασών, οι AUX1/LAX, είναι συμμεταφορείς που μεταφέρουν δύο πρωτόνια από κοινού με το ανιόν της αυξίνης (2H⁺-IAA⁻) (Yang et al. 2006, Swarup et al. 2008). Αυτή η δευτερογενής, ενεργητική μεταφορά της αυξίνης επιτρέπει τη μεγαλύτερη συσσώρευση αυξίνης από ό,τι η απλή διάχυση, επειδή οδηγείτε δια μέσου της μεμβράνης από την κινητήρια δύναμη των

πρωτονίων (δηλαδή από την υψηλή συγκέντρωση πρωτονίων στο αποπλαστικό διάλυμα). Η δευτερογενής ενεργητική μεταφορά είναι ιδιαίτερα εμφανής στα κύτταρα, στα οποία οι αποδέκτες της αυξίνης επιταχύνουν την κίνηση πολικών ρευμάτων. Κάτι τέτοιο συμβαίνει για παράδειγμα, στα πλευρικά κύτταρα της ριζικής καλύπτρας, όπου η πρόσληψη αυξίνης είναι ο πρωταρχικός παράγοντας της κίνησης της αυξίνης έξω από την πλευρική ριζική καλύπτρα (Kramer & Bennett 2005).

Η AUX1 είναι ενεργός στην πρόσληψη της αυξίνης, στις κορυφές βλαστών και ριζών. Στα κύτταρα της πλευρικής καλύπτρας, η AUX1 είναι απαραίτητη στο ρεύμα της βασιπεταλικής μεταφοράς για την κινητοποίηση της αυξίνης μακριά από το άκρο της ρίζας. Οι ρίζες των aux1 μεταλλαγμάτων της Arabidopsis επιδεικνύουν μη βαρυτροπική αύξηση. Ο φαινότυπος αυτός όμως, μπορεί να αναταχθεί με εφαρμογή της συνθετικής αυξίνης 1-ναφθυλοξικό οξύ (1-NAA), η οποία διασχίζει εύκολα τη διπλοστιβάδα των μεμβρανικών λιπιδίων, ακόμη και όταν ο πρωτεϊνικός φορέας απουσιάζει.

Άλλο ένα μέλος της οικογένειας των περμεασών αυξίνης, η LAX3, ενισχύει τη συσσώρευση αυξίνης σε κάποια κύτταρα της επιδερμίδας και του φλοιού, έχοντας ως αποτέλεσμα τον διαχωρισμό των κυττάρων, ο οποίος διευκολύνει τον σχηματισμό πλαγίων ριζών από τον κεντρικό κύλινδρο. Αυτή είναι άλλη μία ένδειξη του πρωταρχικού ρόλου που έχουν οι πρωτεΐνες AUX1/LAX στη διατήρηση υψηλών συγκεντρώσεων αυξίνης σε ορισμένους τύπους κυττάρων.

1.3.2.4 Εκροή αυξίνης από τα κύτταρα

Με την είσοδο του IAA στο κυτοδιάλυμα, το οποίο έχει pH περίπου 7,2, όλη σχεδόν η ποσότητα διασπάται στη μορφή του ανιόντος (IAA⁻). Επειδή η μεμβράνη δεν διαπερνάται από το ανιόν, η αυξίνη συσσωρεύεται μέσα στο κύτταρο ή κατά μήκος της επιφάνειας των μεμβρανών, εκτός και αν εξαχθεί στην πλασματική μεμβράνη με τη βοήθεια πρωτεϊνών μεταφοράς. Σύμφωνα με το χημειωσμωτικό μοντέλο, η έξοδος του IAA⁻ από το κύτταρο καθοδηγείται από το αρνητικό φορτίο ενδοκυτταρικών μεμβρανών.

Όπως σημειώθηκε νωρίτερα, το κύριο χαρακτηριστικό του χημειωσμωτικού μοντέλου της πολικής μεταφοράς είναι ότι η εκροή του IAA⁻ κατευθύνεται από την πολική τοποθέτηση κάποιων διακινητών εξόδου. Η πρόσληψη αυξίνης στο ένα άκρο του κυττάρου και η επακόλουθη εκροή από το άλλο άκρο δημιουργού ένα δίκτυο πολικής μεταφοράς. Μέλη μιας κύριας υπο-ομάδας, που ανήκουν στην οικογένεια πρωτεϊνών μεταφοράς αυξίνης PIN, είναι τοποθετημένα πάνω στην πλασματική μεμβράνη, μεταφέρουν την αυξίνη έξω από το κύτταρο και είναι ευθυγραμμισμένα με την κατεύθυνση μεταφοράς της. (η οικογένεια πρωτεϊνών PIN- στα αγγλικά σημαίνει καρφίτσα- ονομάστηκε έτσι από τις ταξιανθίες που σχηματίζονται στα pin1 μεταλλάγματα της Arabidopsis, και οι οποίες έχουν σχήμα καρφίτσας).

Οι 'πλήρους μήκους' πρωτεΐνες PIN (στην Arabidopsis, οι PIN1,2,3,4 και 7) κατευθύνονται στα βασιπεταλικά ρεύματα εκροής της αυξίνης, τα οποία είναι απαραίτητα για την φυσιολογική ανάπτυξη των φυτών. Διαφορετικά μέλη της

οικογένειας PIN διαμεσολαβούν στην εκροή αυξίνης σε κάθε ιστό. Το περισσότερο μελετημένο από αυτά είναι η PIN1, καθώς είναι απαραίτητη σε όλα τα στάδια της πολικής ανάπτυξης και της οργανογένεσης στα φυτά.

Η προσομοίωση της μεταφοράς αυξίνης σε ολόκληρους ιστούς υποδεικνύει ότι η πολική μεταφορά της αυξίνης περιέχει επίσης έναν ενεργοβόρο μηχανισμό κοντά στα επάκρια μεριστώματα. Η αυξίνη που εξάγεται από ένα τέτοιο κύτταρο προς μία ορισμένη κατεύθυνση ενδέχεται να εισέλθει και πάλι στο ίδιο κύτταρο, εκτός και αν αποκλειστεί ενεργητικά από διακινητές εκροής εντοπισμένους πάνω στην πλασματική μεμβράνη. Μεταλλαξιγόνες αναλύσεις επίσης υποδεικνύουν ότι ένας επιπλέον μηχανισμός εκροής είναι απαραίτητος, ώστε να αποφευχθεί η διάχυση της αυξίνης σε παρακείμενους ιστούς, όταν αυτή μετακινείται με ρεύματα μεταφοράς μεγάλων αποστάσεων μέσα στο φυτό.

Τα φυτικά κύτταρα περιέχουν ATP- εξαρτώμενους μεταφορείς, που ανήκουν στην Ρ-γλυκοπρωτεϊνική (ή 'B') υπο-ομάδα της μεγάλης υπεροικογένειας των ολομεμβρανικών μεταφορέων τύπου ABC (ATP Binding Cassette). Μία υπο-ομάδα αυτών των PGP/ABCB μεταφορέων αποτελούν οι ολομεμβρανικές πρωτεΐνες που λειτουργούν ως ATP-εξαρτώμενοι διακινητές αμφίφιλων ανιόντων κατά την εκροή της αυξίνης από τα κύτταρα. Ελαττωματικά ABCB γονίδια στην *Arabidopsis*, στο καλαμπόκι και στο σόργο παράγουν νάνα μεταλλάγματα (διαφόρων βαθμών νανισμού) αλλά και τροποποιήσεις του βαρυτροπισμού καθώς και μειωμένη εκροή αυξίνης.

Η *Arabidopsis* περιλαμβάνει 21 μέλη της οικογένειας ABCB και το ρύζι 17. Τρία μέλη της οικογένειας ABCB έχουν διεξοδικά χαρακτηριστεί ως συμμετέχοντα στη μεταφορά αυξίνης σε καθορισμένους ιστούς. Πόσα ακόμη μέλη της οικογένειας ABCB αποτελούν μεταφορείς αυξίνης παραμένει άγνωστο. Αποδείχθηκε πάντως, ότι κάποια μεταφέρουν μηλικό ή αλλά μικρά μόρια και όχι αυξίνη. Σε αντίθεση με τις πρωτεΐνες ABCB των θηλαστικών, οι οποίες περιγράφονται ως μεταφορείς ανθεκτικοί έναντι πλήθους φαρμακευτικών ουσιών και οι οποίες επιδεικνύουν εξειδίκευση προς πολλά υποστρώματα, οι φυτικές ABCB που μεταφέρουν αυξίνη φαίνεται πως είναι περισσότερο εξειδικευμένες για τα υποστρώματα που μεταφέρουν.

Σε γενικές γραμμές, οι ABCB κατανέμονται μάλλον ομοιόμορφα, παρά πολικά στις πλασματικές μεμβράνες των επάκριων κυττάρων βλαστών και ριζών. Ωστόσο, όταν συγκεκριμένες ABCB πρωτεΐνες συνυπάρχουν με πρωτεΐνες PIN στην ίδια θέση του κυττάρου, η εξειδίκευση στη μεταφορά αυξίνης ενισχύεται: οι PIN πρωτεΐνες λειτουργούν συνεργειακά με τις ABCB, ώστε να διεγείρουν την κατευθυνόμενη μεταφορά της αυξίνης. Επιπλέον, σε κάποια τουλάχιστον κύτταρα, πολικά εντοπισμένοι ABCB μεταφορείς φαίνεται να έχουν μία περισσότερο άμεση συνεισφορά στην κατευθυνόμενη μεταφορά αυξίνης (Taiz & Zeiger, 2012).

1.3.2.5 Φυσιολογική δράση των αυξινών

Οι ορμόνες συνήθως βρίσκονται στα κύτταρα σε περισσότερες από μία μορφές, που προέρχονται από διάφορες ενζυμικές ή όχι αντιδράσεις, αλλά η βιολογικά δραστική μορφή είναι συνήθως μία.

Γενικά, τα κύτταρα χρησιμοποιούν διάφορες στρατηγικές για να διατηρούν την ενδοκυτταρική συγκέντρωση των ορμονών σε άριστο (optimum) επίπεδο. Αυτές είναι:

1. Η ρύθμιση της ταχύτητας βιοσύνθεσης των ορμονών.
2. Η ρύθμιση της ταχύτητας αποδόμησης των ορμονών.
3. Η σύζευξη των ορμονών με διάφορα βιομόρια, π.χ. με πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, φαινόλες και άλλα.

Η φυσιολογική δράση των αυξινών έχει συνδεθεί με πολλές και ποικίλες φάσεις και δραστηριότητες των φυτών.

❖ Δράσεις αυξινών σε επίπεδο κυττάρου

Σε επίπεδο κυττάρου, η δράση των αυξινών συνδέεται με:

1. Την κυτταρική διαίρεση. Η αυξίνη προάγει την κυτταρική διαίρεση σε συνέργεια με τις κυτοκινίνες.
2. Την κυτταρική αύξηση. Οι αυξίνες προάγουν την αύξηση των φυτικών οργάνων, συμμετέχοντας στον μηχανισμό χαλάρωσης των κυτταρικών τοιχωμάτων για την επιμήκυνση των κυττάρων (auxin growth theory).
3. Τη διαφοροποίηση των κυττάρων και των ιστών (π.χ. των αγωγών ιστών).

Έτσι, οι δράσεις των αυξινών σε κυτταρικό επίπεδο επηρεάζουν τη σπαργή, την κυτταρική επιμήκυνση, τη διαίρεση και τη διαφοροποίηση, που είναι οι κυριότερες διαδικασίες για τη μορφογενετική έκφραση.

❖ Δράσεις αυξινών σε επίπεδο οργάνων και φυτικού οργανισμού

Σε επίπεδο φυτού, η δράση των αυξινών συνδέεται με:

1. Τη δημιουργία και τη διατήρηση πολικής αύξησης.
2. Τη ριζογένεση
3. Τον έλεγχο της επάρκειας κυριαρχίας, μέσω της υποκατάστασης του ακραίου οφθαλμού.
4. Τη γήρανση των φύλλων, προκαλώντας αναστολή της.
5. Την ανάπτυξη των ανθέων.
6. Την καρπόδεση και την ανάπτυξη των καρπών.
7. Την ωρίμανση των καρπών. Και

8. Την εμφάνιση τροπισμών, π.χ. γεωτροπισμού, φωτοτροπισμού και τακτοτροπισμού, επειδή οι αυξίνες συσσωρεύονται στη χαμηλότερη πλευρά του βλαστού, στη σκοτεινή πλευρά του βλαστού, ή αντίθετα από το σημείο όπου ο βλαστός ή η ρίζα βρίσκουν στήριγμα, αντίστοιχα (Γαλάτης, 2003).

1.3.2.6 Συνθετικές αυξίνες

Οι συνθετικές αυξίνες χρησιμοποιούνται ευρύτατα στη γεωργική πράξη, όπως π.χ. για τη ριζοβολία μοσχευμάτων, την πρόκληση παρθενοκαρπίας, την αύξηση της ανθοφορίας, κυρίως καλλωπιστικών φυτών, την παρεμπόδιση της βλάστησης των οφθαλμών των κονδύλων και των βολβών κ.ά. (Γαλάτης, 2003). Επίσης, οι συνθετικές αυξίνες, όπως το 2,4-διχλωροφαινοξυ-οξικό οξύ (2,4-D) έχουν χρησιμοποιηθεί σε έκταση για τον έλεγχο των ζιζανίων σε γεωργική γη. (Τσέκου, 2014). Ζιζανιοκτόνα, όπως 2,4-D, το 2,4,5-T και το MCPA εμφανίζουν εκλεκτική φυτοτοξικότητα και είναι περισσότερο αποτελεσματικά στα πλατύφυλλα δικοτυλήδονα φυτικά είδη, ενώ τα αγρωστώδη παρουσιάζουν αντοχή σε αυτά (Γαλάτης, 2003).

1.3.2.7 Αλληλεπιδράσεις με άλλες ορμόνες

Σχεδόν όλες οι γνωστές ενώσεις σηματοδότησης στα φυτά επιδρούν στη μεταφορά της αυξίνης ή/και στην έκφραση των εξαρτώμενων από την αυξίνη γονιδίων. Η ίδια η αυξίνη ρυθμίζει την έκφραση των γονιδίων που κωδικοποιούν τους μεταφορείς της, έτσι ώστε να αυξήσει ή να ελαττώσει τη συγκέντρωσή τους και να ρυθμίσει με τον τρόπο αυτό τη δική της συγκέντρωση. Επιπλέον, η αυξίνη φαίνεται να επηρεάζει μια σειρά πολικών συμβάντων στα κύτταρα και να διοχετεύει (δημιουργώντας διαύλους) τα δικά της πολικά ρεύματα μεταφοράς. Με άλλα λόγια, μικρές κατευθυνόμενες ροές της αυξίνης ενισχύονται και σταθεροποιούνται με την εγκατάσταση πρωτεϊνών μεταφοράς και αγγειακού ιστού σε διατάξεις τέτοιες που να διατηρούν κατευθυνόμενες ροές προς τους αυξανόμενους ιστούς. Η επίδραση αυτή είναι πρωταρχικής σημασίας για την εγκαθίδρυση της πολικής αύξησης και της οργανογένεσης του εμβρύου. Ιδιαίτερα η PIN1 πρωτεΐνη έχει αποδειχθεί ότι προσανατολίζεται ανάλογα με αυτές τις σημαντικές για την ανάπτυξη ροές. Το αιθυλένιο επηρεάζει τα ρεύματα μεταφοράς της αυξίνης μεταβάλλοντας την ενεργότητα και την ποσότητα των μεταφορέων πρόσληψης AUX1 και των μεταφορέων εκροής PIN. Οι επιδράσεις αυτές είναι ιδιαίτερα έκδηλες στην ανάπτυξη των πλαγίων ριζών, αν και το αιθυλένιο φαίνεται να επηρεάζει τη μεταφορά αυξίνης κυρίως μεταβάλλοντας τη βιοσύνθεση της στη ρίζα (Swarup et al. 2007). Τα βρασσινοστεροειδή, οι κυτοκίνινες, το ιασμονικό οξύ, οι γιββερελλίνες, η στριγγολακτόνη και κάποια φλαβονοειδή μπορούν επίσης να ρυθμίσουν τη μεταφορά της αυξίνης, μεταβάλλοντας την έκφραση των γονιδίων μεταφοράς της, την ενεργότητα ρυθμιστικών παραγόντων ή/και τους μηχανισμούς κυτταρικής διακίνησης (Taiz & Zeiger, 2012).

1.3.3 Γιββερελλίνες

Οι γιββερελλίνες (gibberellins, GA) είναι μία μεγάλη ομάδα από συγγενείς χημικές ενώσεις (είναι γνωστές περισσότερες), οι οποίες σε αντίθεση προς τις αυξίνες καθορίζονται από την χημική τους δομή και όχι από τη βιολογική τους δραστηριότητα. Οι γιββερελλίνες είναι πολύ συχνά συζευγμένες με την προαγωγή της αυξήσεως του βλαστού, και ο εφοδιασμός με GA των άθικτων φυτών μπορεί να προκαλέσει επαγωγή μεγάλης αυξήσεως στο ύψος των φυτών. Οι GA παίζουν σημαντικούς ρόλους σε μία ποικιλία φυσιολογικών φαινομένων, αλλά σε αντιδιαστολή με τη βιοσύνθεση της αυξίνης, η βιοσύνθεση των GA είναι κάτω από αυστηρό αναπτυξιακό έλεγχο και έχουν απομονωθεί αρκετά ελλειμματικά στην GA μεταλλάγματα (Τσέκου, 2014).

1.3.3.1 Φυσιολογική δράση γιββερελλινών

Τα περισσότερα φυτά περιέχουν 10 ή περισσότερα GA, που διαφέρουν μεταξύ διαφορετικών φυτικών ειδών. Οι δράσεις των γιββερελλινών αφορούν τόσο τα φυτικά κύτταρα όσο και πλήρη όργανα και, τελικά, ολόκληρο τον φυτικό οργανισμό.

❖ Δράσεις σε επίπεδο κυττάρου

Οι γιββερελλίνες στα φυτικά κύτταρα έχουν συνδεθεί με την:

1. Κυτταρική διαίρεση, ιδιαίτερα στις μεριστωματικές περιοχές (κάμβιο).
2. Κυτταρική αύξηση.
3. Αύξηση του pH.
4. Αύξηση της ενδοκυτταρικής συγκέντρωσης του Ca^{2+} .
5. Αύξηση της καλμοδουλίνης.
6. Αύξηση του κυκλικού GMP.
7. Έκφραση του μεταγραφικού παράγοντα GAMyb.
8. Αύξηση της α-αμυλάσης, της RNάσης και της DNάσης.

❖ Δράσεις σε επίπεδο οργάνων στα φυτά

Σε επίπεδο φυτικών οργάνων και φυτού, οι γιββερελλίνες προκαλούν:

1. Αύξηση φύλλων και βλαστών.
2. Αύξηση της χλωροφύλλης στα φύλλα.
3. Ανάπτυξη πλάγιων οφθαλμών.
4. Εκβλάστηση σπόρων (διακοπή ληθάργου).
5. Επιμήκυνση μεσογονατίων.
6. Ανθογένεση και αύξηση του χρόνου άνθισης.
7. Σχηματισμό αρσενικών ανθέων (ανάπτυξη ανθήρων).
8. Παρθενοκαρπία.
9. Αύξηση ριζών.

10. Αύξηση σπόρων και περικαρπίου.
11. Αναστολή ληθάργου πλάγιων οφθαλμών.
12. Αναστολή γήρανσης φύλλων.
13. Αναστολή δημιουργίας κονδύλων.

1.3.3.2 Πρακτικές εφαρμογές

Στη γεωργική πράξη, οι GA εφαρμόζονται για αύξηση του μεγέθους παρθενοκαρπίας καρπών, δηλαδή καρπών που δεν έχουν σπόρους, όπως είναι οι ράγες άσπερμων ποικιλιών αμπέλου, π.χ. η Σουλτανίνα. Επίσης, χρησιμοποιούνται για την εκβλάστηση σπόρων και την επαγωγή άνθισης σε φυτικά είδη που απαιτούν εφαρμογή χαμηλών θερμοκρασιών για την επαγωγή των παραπάνω αναπτυξιακών φαινομένων (Γαλάτης, 2003).

1.3.4 Κυτοκινίνες

Οι κυτοκινίνες είναι αυξητικές ουσίες, παράγωγα της αδερίνης οι οποίες ανακαλύφθηκαν εξαιτίας του γεγονότος ότι προάγουν την αύξηση της κυτταροδιαίρεσης (κυτοκίνηση=κυτταροδιαίρεση). Η σπουδαιότερη κυτοκινίνη είναι η ζεατίνη. Επιπλέον, είναι ανταγωνιστές των αυξινών κατά τη διακοπή της κυριαρχίας της κορυφής (Βογιατζής, 2009, Τσέκου, 2014).

1.3.4.1 Φυσιολογική δράση των κυτοκινινών

❖ Δράσεις σε επίπεδο κυττάρου

Σε επίπεδο κυττάρου, οι κυτοκινίνες προκαλούν: κυτταρική διαίρεση, σε συνέργεια με τις αυξίνες και κυτταρική αύξηση.

❖ Δράσεις κυτοκινινών σε επίπεδο οργάνου και φυτικού οργανισμού

Σε επίπεδο φυτικών οργάνων και οργανισμών, η δράση των κυτοκινινών έχει συσχετισθεί με την:

1. Αναστολή της διαδικασίας γήρανσης των φύλλων
2. Αύξηση της μεταφοράς μεταβολιτών προς τα σημεία όπου υπάρχουν αυξημένα επίπεδα κυτοκινινών.
3. Υποκατάσταση της δράσης του φωτός διαμέσου του φυτοχρώματος.
4. Επαγωγή της βλαστογένεσης in vitro σε καλλιέργεια ή κάλλους (Γαλάτης, 2003).

1.3.5 Αιθυλένιο

Το αιθυλένιο συντίθεται σε όλα τα φυτικά όργανα. Στους φυτικούς ιστούς, η συγκέντρωση του αιθυλενίου είναι πολύ μικρή. Οι μεριστωματικές περιοχές, οι κόμβοι των βλαστών και οι κλιμακτηριακοί καρποί στη φάση της ωρίμανσης εμφανίζουν εντονότερη βιοσυνθετική δραστηριότητα. Η σύνθεση του αιθυλενίου επάγεται από άλλες φυτοορμόνες, όπως αυξίνες, κυτοκινίνες και ABA, καθώς και από διάφορες καταπονήσεις (stress ethylene). Οι καταπονήσεις μπορεί να είναι αβιοτικές, π.χ. υδατική, θερμοκρασιακή, τραυματισμός, χημικές ουσίες, ή βιοτικές, π.χ. παθογόνα (Γαλάτης, 2003).

1.3.5.1 Φυσιολογική δράση αιθυλενίου

Το αιθυλένιο επηρεάζει έναν μεγάλο αριθμό φυσιολογικών διεργασιών σε διάφορα στάδια της φυτικής αναπτύξεως. Όταν χλωρωτικά αρτίβλαστα (σε απουσία φωτός) εκτίθενται σε διάφορες συγκεντρώσεις αιθυλενίου σε ένα ερμητικά κλειστό περιβάλλον, τότε παρατηρείται αναστολή της επιμηκύνσεως του βλαστού, αυξημένη πλευρική αύξηση (διόγκωση) και οριζόντια αύξηση του επικοτυλίου. Για αυτό το λόγο αυτό το τριπλό-σύνδρομο ονομάστηκε τριπλή απόκριση (triple-response). Επιπλέον, κατά τον φωτισμό αναστέλλεται ο σχηματισμός του αιθυλενίου από τον φωτοϋποδοχέα φυτόχρωμα.

Το αιθυλένιο έχει αναγνωριστεί ως η ορμόνη που επιταχύνει την ωρίμανση των βρώσιμων καρπών. Όλοι οι καρποί που ωριμάζουν σε απόκριση του αιθυλενίου επιδεικνύουν μία χαρακτηριστική άνοδο της αναπνοής, πριν από τη φάση της ωρίμανσης, που καλείται κλιμακτήριος. Τέτοια καρποί δείχνουν επίσης, ένα μέγιστο της παραγωγής του αιθυλενίου αμέσως πριν από την αύξηση της αναπνοής. Μήλα, μπανάνες, αβοκάντο και ντομάτες είναι παραδείγματα κλιμακτκήριων καρπών. Σε αντίθετη, καρποί, όπως εσπεριδοειδών και σταφυλιών, παρόλο που δεν επιδεικνύουν αναπνοή, η παραγωγή του αιθυλενίου ανέρχεται αυτοί ονομάζονται μη-κλιμακτκήριοι καρποί (Τσέκου, 2014).

❖ Δράσεις σε επίπεδο κυττάρου

Σε επίπεδο κυττάρου, το αιθυλένιο συνδέεται με:

1. Την έκφραση γονιδίων που επάγονται από καταπονήσεις (stress response).
2. Την έκφραση γονιδίων που κωδικοποιούν πρωτεΐνες, οι οποίες συνδέονται με παθογόνα (pathogenesis-related proteins' πρωτεΐνες PR).
3. Την έκφραση γονιδίων των οποίων το mRNA αυξάνεται, μετά από εφαρμογή αιθυλενίου.
4. Την έκφραση γονιδίων που καταλύουν τις αντιδράσεις βιοσύνθεσης ανθοκυανινών, όπως είναι η συνθάση της σαλκόνης (chalcone synthase). Σε ορισμένες περιπτώσεις έχει αναφερθεί αναστολή της σύνθεσής τους από τη δράση αιθυλενίου.
5. Την αποδόμηση χλωροφυλλών (αποπρασινισμός).

6. Την αύξηση της αναπνευστικής δραστηριότητας.

❖ Δράσεις αιθυλενίου σε επίπεδο οργάνων και οργανισμούς

Σε επίπεδο οργάνων και οργανισμού, το αιθυλένιο συνδέεται με:

1. Την αναστολή της αύξησης του υποκοτυλίου και της επιμήκυνσης της ρίζα.
2. Την μεγέθυνση της κορυφαίας συστροφής του βλαστού.
3. Την πάχυνση του υποκοτυλίου.
4. Την απώλεια της γεωτροπικής ευαισθησίας.
5. Την επιναστία των φύλλων.
6. Την επαγωγή ριζογένεσης.
7. Την αναστολή ληθάργου σπερμάτων και οφθαλμών.
8. Την έναρξη της άνθισης
9. Την απόπτωση φυτικών οργάνων (ανθέων, φύλλων και καρπών).
10. Την προώθηση της ωρίμανσης των καρπών.
11. Την αύξηση της αναπνευστικής δραστηριότητας σε ωριμάζοντες καρπούς.
12. Την ταχύτητα αύξησης και ανάπτυξης εκχλωιωτικών σπορόφυτων (Γαλάτης, 2003).

1.3.5.2 Πρακτικές εφαρμογές

Η χρήση αιθυλενίου ή ουσιών που απελευθερώνουν αιθυλένιο, όπως είναι το αιθρέλ (ethrel), είναι ευρύτατη. Επειδή η σύνθεσή του παρεμποδίζεται όταν υπάρχει έλλειψη οξυγόνου, ο χρόνος συντήρησης κλιμακτήριων καρπών επιμηκύνεται με τη συντήρησή τους σε συνθήκες χαμηλού οξυγόνου. Επίσης, εφαρμογή αιθυλενίου γίνεται για α) αποπρασινισμό καρπών, κυρίως εσπεριδοειδών, β) ωρίμανση κλιμακτήριων καρπών, όπως είναι η μπανάνα, το αβοκάντο, τα ακτινίδια κ.ά., γ) χρησιμοποιείται στην ώθηση της ανθοφορίας του ανανά, δ) προάγει τον σχηματισμό του θηλυκού άνθους στην αγγουριά, στ) όταν προστίθεται στα σπέρματα των σιτηρών, σπάει το λήθαργο και συντελεί στην έναρξη της φύτευσης και ζ) προκαλεί τη διακοπή του ληθάργου στους κονδύλους της πατάτας και άλλων βολβών (Γαλάτης, 2003, Τσέκου, 2014).

1.3.6 Αμπισισικό οξύ ή αποπτωτικό οξύ

Αμπισισικό οξύ (ABA) ως αναστολέας της αυξήσεως δρα, σαν ένας ρυθμιστής της αυξήσεως και του ανοίγματος των στομάτων, ιδιαίτερος όταν το φυτό βρίσκεται κάτω από περιβαλλοντική καταπόνηση (stress). Μία άλλη σημαντική λειτουργία της ορμόνης είναι στη ρύθμιση της ληθαργικής καταστάσεως των σπερμάτων.

1.3.6.1 Φυσιολογική δράση αμπισισικού οξέος

Το αμπισισικό οξύ απομονώθηκε και μάλιστα σε υψηλές συγκεντρώσεις από πρόωρα πύπτουσες ανώριμες κάψες και προάγει κάτω από ορισμένες συνθήκες την

πτώση των μίσχων στα φύλλα και στους καρπούς (abscission) μετά τον εφοδιασμό, ωστόσο στην περίπτωση αυτή δεν πρόκειται για μία πρωτογενή δράση του ABA. Η πτώση (αποκοπή) οφείλεται κατά κύριο λόγο στην προκαλούμενη απελευθέρωση του αιθυλενίου με την επεξεργασία.

Οι φυσιολογικές δράσεις του ABA μπορούν να υποδιαιρεθούν σε δύο ομάδες και αφορούν από τη μια μεριά α) στην έκλυση σταδίων ηρεμίας (λήθαργος) φυτικών οργάνων και από την άλλη μεριά και β) στην υδατική οικονομία του φυτού (Τσέκου, 2014).

❖ Δράσεις σε επίπεδο κυττάρου

Σε επίπεδο κυττάρου, το ABA σχετίζεται με:

1. Την επαγωγή γονιδίων που συνδέονται με αντοχή σε περιβαλλοντικές καταπονήσεις.
2. Την επαγωγή γονιδίων που σχετίζονται με την ωρίμανση των καρπών, όπως σύνθεση χρωστικών.
3. Την καταστολή γονιδίων, όπως της α-αμυλάσης, στα σπέρματα των σιτηρών.
4. Τον μηχανισμό ανοιγοκλεισίματος των στομάτων στα φύλλα.

❖ Δράσεις αμπισισσικού οξέος σε επίπεδο οργάνων και οργανισμού

Σε επίπεδο φυτικών οργάνων και οργανισμών, η δράση των ABA συνδέεται με: την επαγωγή ληθάργου στους οφθαλμούς και την ωρίμανση και, ιδιαίτερα, την αφυδάτωση των σπερμάτων.

1.3.7 Πολυαμίνες

Η φυσιολογική δράση των πολυαμινών έχει συνδεθεί με τον κυτταρικό κύκλο, τη σωματική εμβρυογένεση, την κυτταρική διαφοροποίηση και, κυρίως, τη ριζογένεση και την άνθιση, την αντίδραση σε συνθήκες καταπόνησης (stress) και τη γήρανση.

1.3.8 Βρασσινοστεροειδή

Η φυσιολογική δράση των βρασσινοστεροειδών έχει συνδεθεί με τη παρεμπόδιση της αύξησης των κυττάρων, την αύξηση της επιμήκυνσης των μεσογονατίων, την αύξηση της επιμήκυνσης του γυρεοσωλήνα, την αύξηση της αντλίας πρωτονίων, την επαναδιάταξη των μικροϊνιδίων κυτταρίνης, την καθυστέρηση της απόπτωσης των φύλλων, την εκδήλωση βαρυοτροπισμού, την αντοχή σε καταπονήσεις και τη διαφοροποίηση των αγγείων του ξύλου.

1.3.9 Ολιγοσακχαρίνες

Οι ολιγοσακχαρίνες είναι σύνθετοι υδατάνθρακες, οι οποίοι σε χαμηλή συγκέντρωση επηρεάζουν την αύξηση των φυτών. Διακρίνονται σε 4 κατηγορίες: οι ολιγοσακχαρίνες πηκτίνης, οι σακχαρίνες ξυλογλυκανών, τα ολιγογαλακτουρινίδια και οι λιποχιτινολιγοσακχαρίνες.

1.3.10 Γιασμονικό οξύ

Το γιασμονικό οξύ έχει συνδέεται με αυξητικές διεργασίες, καθώς και με την άμυνα των φυτών. Η φυσιολογική δράση του γιασμονικού οξέος έχει συνδεθεί με επιδράσεις σε επίπεδο κυττάρου και σε επίπεδο οργάνων. Η συγκέντρωση του σε φυτικά κύτταρα και ιστούς ποικίλλει ανάλογα με το όργανο και την αναπτυξιακή του κατάσταση, και επίσης εξαρτάται από εξωγενείς παράγοντες, όπως μηχανικά ερεθίσματα και παθογόνα. Επιπλέον, παρατηρείται υψηλή συγκέντρωση στα άνθη και στο περικάρπιο.

1.3.11 Πεπτίδια με ορμονική δράση

Μέχρι το 1991 τα πεπτίδια-ορμόνες θεωρούνταν ότι απαντώνται μόνο στα ζώα και στους ζυγομήκητες. Μετά την ανακάλυψη της συστεμίνης στα φυτά, ενός πεπτιδίου 18 αμινοξέων, έχουν ανακαλυφθεί και άλλα πολυπεπτίδια που δρουν ως σήματα, κυρίως στις διαδικασίες άμυνας των φυτών, της γονιμοποίησης και της ανάπτυξης. Έτσι, τα πεπτίδια θεωρούνται σήμερα μια νέα κατηγορία φυτοορμονών (Γαλάτης, 2003).

1.3.12 Σαλικυλικό οξύ

Το σαλικυλικό οξύ είναι γνωστό για τις θεραπευτικές του ιδιότητες στον άνθρωπο. Οι πρώτες ενδείξεις για τη πιθανή δράση του στα φυτά προήλθε από παρατηρήσεις ότι μια ασπιρίνη στο νερό ανθέων επιβραδύνει τη γήρανσή τους. Αργότερα βρέθηκε ότι αυτό συμβαίνει γιατί το ακετυλοσαλικυλικό οξύ της ασπιρίνης μετατρέπεται στο διάλυμα σε σαλικυλικό οξύ και αυτό με τη σειρά του παρεμποδίζει τη σύνθεση αιθυλενίου από το ACC. Επίσης, το σαλικυλικό οξύ επάγει την ανθοφορία σε φυτά μακράς ημέρας, όταν καλλιεργούνται σε συνθήκες βραδείας ημέρας. Οι πρώτες ενδείξεις ότι το σαλικυλικό οξύ παίζει ρυθμιστικό ρόλο και στα φυτά προήλθαν από τη μελέτη της θερμογένεσης σε άνθη του κρίνου (*Sauromatum guttatum*). Σε αυτά τα άνθη, η θερμοκρασία αυξάνεται δύο φορές κατά τη διάρκεια του 24ώρου, κατά περίπου 10°C προκειμένου να εξαερωθούν ειδικές αμίνες και ινόλες, που με τη μυρωδιά τους προσελκύουν τα έντομα για να διευκολύνουν την επικονίαση. Θεωρούνταν ότι μια ουσία, «θερμιδογόνα» υδατοδιαλυτή, είναι

υπεύθυνη για τη θερμογένεση. Το 1987, αυτή η ουσία ταυτοποιήθηκε ως σαλικυλικό οξύ.

Ακόμη, το σαλικυλικό οξύ έχει συνδεθεί με την ανοχή σε ασθένειες, και ιδιαίτερα με την αντίδραση υπερευαισθησίας (hypersensitive response). Η αύξηση του σαλικυλικού οξέος προηγείται της αύξησης των ειδικών πρωτεϊνών, των PR (pathogenesis related), υποδεικνύοντας ότι το σαλικυλικό οξύ συμμετέχει στο μονοπάτι μεταφοράς σήματος για την έκφραση της διασυστηματικής ανοχής (acquired resistance response). Οι γνώσεις για την οδό βιοσύνθεσης βρίσκονται ακόμη σε αρχικό στάδιο. Το 1993 προτάθηκε ότι το σαλικυλικό οξύ βιοσυντίθεται από την οδό των φαινυλοπροπανοειδών (phenylpropanoid pathway). Το trans-κινναμικό οξύ μετατρέπεται σε βενζοϊκό οξύ και, μετά από 2-υδροξθλίωση, συντίθεται το σαλικυλικό οξύ. Τελευταία δεδομένα υποστηρίζουν την ύπαρξη και άλλης εναλλακτικής οδού για τη σύνθεση του σαλικυλικού οξέος (Γαλάτης, 2003).

Επιπλέον, το σαλικυλικό οξύ, θεωρείται ένας ενδογενής ρυθμιστής της ανάπτυξης, ο οποίος συμμετέχει στη ρύθμιση των φυσιολογικών διεργασιών των φυτών όπως, η ανάπτυξη, η φωτοσύνθεση, ο μεταβολισμός των νιτρικών, η παραγωγή αιθυλενίου, η παραγωγή θερμότητας και η ανθοφορία (Hayat et al., 2010), ενώ προστατεύει από βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες καταπόνησης, όπως η αλατότητα (Kaya et al., 2002). Το σαλικυλικό οξύ, επάγει γονίδια που σχετίζονται με παθογόνα (PR), αναστέλλοντας τη λειτουργία κάποιων από αυτά. Οι Afzal et al. (2006) & Hussein et al. (2007), μελέτησαν το ρόλο του SA ως μηχανισμό άμυνας ενάντια στα συμπτώματα λόγω αλατότητας, ενώ σε πολλές μελέτες αναφέρεται η βελτιωτική δράση του σε καλλιέργειες, όπως, τα φασόλια, (Azooz, 2009), η τομάτα (Tari et al., 2005), το καλαμπόκι (Gunes et al., 2007) και το σιτάρι (Shakirova et al., 2003) (Ζάγαρη, 2013).

1.3.13 Εφαρμογή πυριτίου

Ένα βασικό στοιχείο που εφαρμόζεται κυρίως στο ριζικό σύστημα των φυτών για τον περιορισμό των αβιοτικών καταπονήσεων όπως η αλατότητα, είναι το πυρίτιο (Si). Επιπλέον, το Si συγκεντρώνεται σε όργανα αυξημένης διαπνοής όπως τα ώριμα φύλλα και η απορρόφηση του ευνοείται από παράγοντες που χαμηλώνουν το pH του εδάφους (π.χ. NH_4SO_4) (Σίμογλου, 2015).

Τα θετικά αποτελέσματα του Si στο πρόβλημα της αλατότητας, παρουσιάζονται από τους Liang et al. (2007) για πολλές καλλιέργειες, όπως το αγγούρι και η τομάτα. Συγκεκριμένα, ο Epstein (1994), μελέτησε τη θετική επίδραση του Si στην ανάπτυξη των φυτών, τη σταθερότητα της μεμβράνης, την περιεκτικότητα των φύλλων σε χλωροφύλλη και σχετική υγρασία (RWC) και στην εξομάλυνση των φαινομένων της αλατότητας. Αν και ο μηχανισμός με τον οποίο το Si επεμβαίνει στη βελτίωση της κατάστασης των φυτών υπό συνθήκες αλατότητας δεν είναι πλήρως κατανοητός, από μελέτες που έγιναν, φαίνεται πως η βελτίωση αυτή οφείλεται στον περιορισμό της

πρόσληψης και / ή της μεταφοράς του Na και του Cl στα νεαρά φύλλα των φυτών (Liang, 1999; Savvas et al., 2007, 2009; Ashraf et al., 2009). Τέλος, η προσθήκη Si, προκαλεί αλλαγές στις ενδογενείς ορμόνες των φυτών, οι οποίες δρουν ως μηχανισμός άμυνας στα αυξημένα επίπεδα αλατότητας. Οι Lee et al. (2010), διαπίστωσαν ότι η έκθεση καλλιέργειας σόγιας στην αλατότητα, μείωσε το επίπεδο των γιββερελλινών, οι οποίες συνδέονται με την ανάπτυξη των φυτών, ενώ τα επίπεδα του αμπισσικού οξέος (ABA) και της προλίνης αυξήθηκαν σημαντικά στους ιστούς των φυτών (Ζάγαρη, 2013).

Τα φυτά που είναι ελλειμματικά σε πυρίτιο είναι πιο επιδεκτικά στο πλάγιασμα (πέσιμο στο πλάι) και στην προσβολή από μύκητες. Το πυρίτιο αποτίθεται κατά κύριο λόγο στο ενδοπλασμικό δίκτυο, στα κυτταρικά τοιχώματα και στους μεσοκυττάριους χώρους ως ενυδατωμένο, άμορφο πυρίτιο ($\text{SiO}_2 \cdot n \text{H}_2\text{O}$). Επίσης, σχηματίζει σύμπλοκα με πολυφαινόλες και επομένως εξυπηρετεί ως εναλλακτικό της λιγνίνης στην ενίσχυση των κυτταρικών τοιχωμάτων. Επιπροσθέτως, το πυρίτιο μπορεί να μετριάσει την τοξικότητα πολλών μετάλλων, στα οποία συμπεριλαμβάνονται το αργίλιο και το μαγγάνιο (Taiz & Zeiger, 2012).

1.4 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη της επίδρασης συγκεκριμένων φυτορμονών, της αυξίνης (IAA), του σαλικυλικού οξέος (SAL), και ο συνδυασμός αυξίνης και πυριτίου (IAA+Si) στην αύξηση και ανάπτυξη δύο ποικιλιών πιπεριάς Kartur (Φλωρίνης) και Ruby Star (γεμιστής κόκκινης), σε σχέση με το περιβάλλον καλλιέργειας (θερμοκήπιο) τους. Συγκεκριμένα, μέσω μετρήσεων που αφορούσαν τη χλωροφύλλη, τον προσδιορισμό των παραμέτρων L^* , a^* και b^* , το φθορισμό, επιχειρήθηκε η ανάλυση και συσχέτιση των δεδομένων, ώστε να εκτιμηθεί η επίδραση των φυτορρυθμιστικών ουσιών κατά περίπτωση, σε σχέση με την ποικιλία της πιπεριάς. Για την ανάλυση των δειγμάτων φύλλων και καρπών πιπεριάς εφαρμόστηκαν διεξοδικοί μέθοδοι που επικυρώθηκαν στο εργαστήριο βοτανικής υπό την επίβλεψη της επιβλέπων καθηγήτριας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 ΥΛΙΚΑ

2.1.1 Εγκατάσταση πειραματικού αγρού

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στις εγκαταστάσεις του αγροκτήματος του τμήματος Γεωπονίας, της σχολής Γεωτεχνικών Επιστημών, του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος (ΔΙ.ΠΑ.Ε.) και συγκεκριμένα στο θερμοκήπιο, από τον Απρίλιο μέχρι το Σεπτέμβριο του 2019. Οι εγκαταστάσεις του πανεπιστημίου βρίσκονται στην Εθνική οδό Θεσσαλονίκης-Αθήνας προς τη βιομηχανική περιοχή της Σίνδου. Το αγρόκτημα του τμήματος καλύπτει την έκταση 1.200 περίπου στρεμμάτων με κατάλληλες υποδομές φυτικής και ζωικής παραγωγής. Η θέση του τμήματος εκτός του πολεοδομικού συγκροτήματος της Θεσσαλονίκης, σε μια μεγάλη εδαφική έκταση, δίνει τη δυνατότητα για την εφαρμογή πολλών πειραματικών σχεδιασμών της φυτικής και της ζωικής παραγωγής, παρέχοντας διασύνδεση της εφαρμοσμένης γεωπονικής έρευνας με τη γεωργική πρακτική. Το έδαφος του αγροκτήματος χαρακτηρίζεται ως αλατούχο και με pH ουδέτερο προς αλκαλικό. Η περιβαλλοντική καταπόνηση μπορεί να δικαιολογηθεί, από την αλατότητα του εδάφους και την έλλειψη άρδευσης, της κατάλληλης ποσότητας νερού, κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Παρακάτω παραθέτουμε ορισμένες φωτογραφίες από την εγκατάσταση των σπορόφυτων πιπεριάς στο θερμοκήπιο του ΔΠΑΕ:



Εικόνα 2.1: Φύτευση τεμαχίων πιπεριάς σε γλάστρες.



Εικόνα 2.2: Φύτευση τεμαχίων πιπεριάς.



Εικόνα 2.3: Φύτευση τεμαχίων πιπεριάς.



Εικόνα 2.4: Φυτό πιπεριάς Ruby Star μετά την φύτευση του.



Εικόνα 2.5: Εικόνα από τα εγκατεστημένα φυτά πιπεριάς.



Εικόνα 2.6: Πότισμα των τεμαχίων πιπεριάς μετά την εγκατάστασή τους.



Εικόνα 2.7: Αυτόματο πότισμα στο θερμοκήπιο του ΔΠΠΑΕ.



Εικόνα 2.8: Φυτά πιπεριάς μετά την ολοκλήρωση των εργασιών φύτευσης.

2.1.2 Φυτικό υλικό

Το φυτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν 2 ποικιλίες πιπεριάς με προέλευση το φυτώριο "Γεωπονικό Κέντρο" Θεσσαλονίκης και συγκεκριμένα:

Γεμιστή κόκκινη (Ruby Star)

Ποικιλία τύπου φλάσκας, με καρπούς αρχικά πράσινου χρώματος και στο κόκκινου χρώματος στο στάδιο της πλήρους ωρίμανσης. Οι καρποί είναι τετράγωνοι, τετράλοβοι και σχετικά μεγάλου μεγέθους (Εικόνα 2.9 και 2.10).



Εικόνα 2.9: Άνθος και καρποί ποικιλίας Ruby Star στο στάδιο του πράσινου χρώματος.



Εικόνα 2.10: Καρποί ποικιλίας Ruby Star σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης (αλλαγής του χρώματος από πράσινο σε κόκκινο και κόκκινου χρώματος).

Φλωρίνης (Kaptur)

Ποικιλία Φλωρίνης (Kaptur) με καρπούς επιμήκεις. Το φυτό που παράγεται είναι αναρριχώμενο και πολύ δυνατό. Οι καρποί έχουν αρχικό χρώμα σκούρο πράσινο και στο στάδιο της πλήρους ωρίμανσης σκούρο κόκκινο. Το σχήμα του είναι κυλινδρικό και τις περισσότερες φορές δίλοβο. Το μήκος των καρπών είναι 17-19 εκατοστά, πλάτος 6-8 εκατοστά και το βάρος τους 180-190 γραμμάρια (Εικόνα 2.11 και 2.12).



Εικόνα 2.11: Άνθος και καρποί ποικιλίας Kaptur σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης (πράσινου χρώματος και αλλαγής χρώματος από πράσινο σε κόκκινο).



Εικόνα 2.12: Καρποί ποικιλίας Kaptur στο στάδιο της ωρίμανσης (κόκκινου χρώματος).

2.1.3 Πειραματικό Σχέδιο

Στο πειραματικό σχέδιο, χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 40 φυτά πιπεριάς, συγκεκριμένα 20 Φλωρίνης (Kaptur) και 20 Γεμιστές κόκκινες (Ruby Star), εκ των οποίων δημιουργήθηκαν 4 ομάδες. Κάθε ομάδα αποτελείται από 10 φυτά συνολικά, έτσι ώστε να περιλαμβάνει 5 φυτά της κάθε ποικιλίας. Παράγοντας αποτέλεσαν οι φυτοορμόνες [αυξίνη (IAA), σαλικυλικό οξύ (SAL), συνδυασμός αυξίνης (IAA) και πυριτίου (Si)] και ο μάρτυρας. Στην πρώτη ομάδα πραγματοποιήθηκε εφαρμογή με αυξίνη, στην δεύτερη με σαλικυλικό οξύ, στην τρίτη συνδυασμός αυξίνης και

πυριτίου και τέλος, στην τέταρτη δεν έγινε καμία επέμβαση, καθώς τα φυτά χρησιμοποιήθηκαν ως μάρτυρες.

2.1.4 Ψεκασμοί

Οι ψεκασμοί των φυτοορμονών έγιναν διαφυλλικά 3 φορές κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας και το χρονικό διάστημα που μεσολαβούσε μεταξύ των ψεκασμών ήταν περίπου 15 ημέρες. Ειδικότερα, στις 20/5/19 και στις 29/5/19 πραγματοποιήθηκε ψεκασμός με αυξίνη και σαλικυλικό οξύ. Στις 14/6/19, εκτός από την εφαρμογή αυξίνης και σαλικυλικού οξέος, πραγματοποιήθηκε επιπλέον, συνδυασμένη εφαρμογή αυξίνης και πυριτίου. Οι ψεκασμοί έγιναν με ψεκαστικό χειρός και οι ποσότητες των φυτοορμονών που προστέθηκαν σε κάθε ψεκαστικό δοχείο ήταν 1 μμολ αυξίνης, 2,5 μμολ σαλικυλικού οξέος και 3 μμολ αυξίνης και πυριτίου. Στα φυτά του μάρτυρα ο ψεκασμός έγινε με καθαρό νερό.



Εικόνα 2.13: Φυτά πιπεριάς κατά τον πρώτο ψεκασμό.



Εικόνα 2.14: Φυτά πιπεριάς κατά το δεύτερο ψεκάσμο.



Εικόνα 2.15: Φυτά πιπεριάς κατά τον τρίτο ψεκάσμο.

2.1.5 Καλλιεργητική Τεχνική

Στις 18/4/19 έγινε φύτευση των φυτών στο θερμοκήπιο σε ατομικά γλαστράκια από μαύρο πλαστικό με την προσθήκη τύρφης και άμμου σε αναλογία 1:1. Για την στήριξη των φυτών χρησιμοποιήθηκαν καλάμια στήριξης σε οριζόντια θέση. Τα φυτά στο θερμοκήπιο αρδεύονταν με σύστημα στάγδην και η άρδευση γινόταν αρχικά δύο φορές την εβδομάδα και τρεις φορές κατά την περίοδο του καλοκαιριού.

Επιπλέον, κρίθηκε αναγκαία η λίπανση των φυτών, η οποία πραγματοποιήθηκε συνολικά δυο φορές κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας. Συγκεκριμένα, στις 10/5/19 και στις 12/6/19, αντίστοιχα. Η ποσότητα του λιπάσματος που χρησιμοποιήθηκε, μετρήθηκε στο εργαστήριο βοτανικής με ζυγαριά (Εικόνα 2.16).



Εικόνα 2.16: Μέτρηση του λιπάσματος στο εργαστήριο βοτανικής.

Στη συνέχεια, η εφαρμογή του λιπάσματος στα φυτά πιπεριάς πραγματοποιήθηκε με ποτιστήρι 10 λίτρων (Εικόνα 2.17 και εικόνα 2.18).



Εικόνα 2.17: Εφαρμογή του λιπάσματος στο θερμοκήπιο του αγροκτήματος.



Εικόνα 2.18: Τα λιπάσματα που χρησιμοποιήθηκαν.

Παράλληλα, στις 14/5/19 πραγματοποιήθηκε ένας προληπτικός ψεκασμός με Bulldock, ένα μη διασυστηματικό πυρεθρινοειδές εντομοκτόνο επαφής και στομάχου για την καταπολέμηση μυζητικών και μασητικών εντόμων. Επιπλέον, στις 4/7/19 κρίθηκε απαραίτητος ο ψεκασμός με Admiral, ένα εντομοκτόνο, για την αντιμετώπιση του ψευδόκοκκου, που παρατηρήθηκε στα φυτά πιπεριάς. Οι ψεκασμοί έγιναν με ψεκαστικό χειρός (Εικόνα 2.19).



Εικόνα 2.19: Σκευάσματα εντομοκτόνων που χρησιμοποιήθηκαν.

Τέλος, η καταπολέμηση των ζιζανίων επιτεύχθηκε με σκαλίσματα 1-2 φορές την εβδομάδα ανάλογα με τον χρόνο ανάπτυξής τους.

2.1.6 Στατιστική ανάλυση

Οι γραφικές παραστάσεις δημιουργήθηκαν χρησιμοποιώντας το «Microsoft Excel»

2.2 ΜΕΘΟΔΟΙ

2.2.1 Χρωματόμετρο

Η μέτρηση του χρώματος στους καρπούς πιπεριάς έγινε με χρωματόμετρο KONICA MINOLTA, το οποίο μετρά και αναλύει τον ανακλώμενο φως (Εικόνα 2.20).

Προσδιορίστηκαν οι παράμετροι L^* , a^* και b^* από κάθε μεταχείριση που πραγματοποιήθηκε. Η αρχή λειτουργίας του χρωματόμετρου βασίζεται στην μέτρηση τριών συντεταγμένων L^* , a^* και b^* .

Οι τιμές των L^* , a^* και b^* αναλύονται ως εξής:

- Το συντελεστή a , που υποδηλώνει τη μεταβολή του χρώματος από πράσινο σε κόκκινο.
- Το συντελεστή b , που υποδηλώνει τη μεταβολή του χρώματος από μπλε σε κίτρινο.
- Το συντελεστή L , που υποδηλώνει τη μεταβολή της έντασης του χρώματος (φωτεινότητα).

Η συγκεκριμένη μέθοδος αξιολογεί το χρώμα σε μικρές επιφάνειες πάνω στον καρπό, διενεργώντας 3 λήψεις για την εξαγωγή μίας μέτρησης. (Θανόπουλος, 2012).

2.2.1.1 Λειτουργία χρωματόμετρου KONICA MINOLTA

Η λειτουργία των οργάνων αυτών βασίζεται στην τριχρωματική ευαισθησία που παρουσιάζει το ανθρώπινο μάτι να συλλάβει το χρώμα με τρεις φωτοευαίσθητες ουσίες που αντιστοιχούν στα τρία βασικά χρώματα: κόκκινο, πράσινο και μπλε (RGB). Είναι γνωστό ότι από τα τρία αυτά χρώματα είναι δυνατό να παραχθούν κάτω από ορισμένες αναλογίες όλα τα χρώματα. Τα χρωματόμετρα εκπέμπουν ακτινοβολία από μια πηγή (xenon) και το ανακλώμενο φως από την επιφάνεια του δείγματος διέρχεται από τρία φίλτρα, κόκκινο, πράσινο και μπλε. Το διερχόμενο φως αναλύεται με την βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή, συγκρίνεται με ορισμένα standards και το χρώμα δίνεται με τις τιμές X , Y και Z , όπου X αντιστοιχεί στο κίτρινο-πορτοκαλί, Y στο πράσινο και Z στο μπλε. Το χρώμα επίσης δίνεται σε τιμές L^* , a^* και b^* η τιμή L^* χαρακτηρίζει τη φωτεινότητα ή καθαρότητα του χρώματος σε κλίμακα 0-100 όπου το 100 αντιστοιχεί στη μέγιστη φωτεινότητα. Η τιμή a^* μας χαρακτηρίζει τη διαβάθμιση χρώματος από πράσινο ($-a^*$) έως κόκκινο ($+a^*$). Η τιμή b^* χαρακτηρίζει τη διαβάθμιση από κίτρινο ($+b^*$) σε μπλε ($-b^*$) (Γεωργίου, 2007).



Εικόνα 2.20: Χρωματόμετρο (όργανο εργαστηρίου).

2.2.2 Χλωροφυλλόμετρο

Τα επίπεδα της συγκέντρωσης των χλωροφυλλών στα φύλλα σχετίζονται άμεσα με την φωτοσυνθετική ικανότητα, με την συγκέντρωση του αζώτου και την παραγωγικότητα των φυτών. Οι χλωροφύλλες α και β, σε αναλογία 1/2-5, παίζουν σημαντικό ρόλο στη φωτοσύνθεση και αποτελούν το 0,1-1% του νωπού βάρους των φύλλων. Απαντώνται σε ειδικά οργανίδια του κυττάρου, τους χλωροπλάστες. (Βασιλακάκης, 2006). Μια σειρά περιβαλλοντικών παραγόντων, όπως έλλειψη αζώτου ή Fe, έλλειψη νερού, ακραίες συνθήκες θερμοκρασίας και φωτισμού, έλλειψη O₂ στις ρίζες, ασθένειες που οφείλονται σε μύκητες ή βακτήρια κλπ., οδηγούν σε μείωση των επιπέδων των χλωροφυλλών. Έτσι τα επίπεδα τους ιδιαίτερα για τα καλλιεργούμενα φυτά είναι ένας ευαίσθητος δείκτης κυρίως της επάρκειας αζώτου. Μέχρι πρόσφατα ο προσδιορισμός των επιπέδων των χλωροφυλλών γινόταν με τις κλασικές βιοχημικές μεθόδους, δηλαδή τα φύλλα αποκόπτονταν από τα φυτά και μεταφέρονταν στο εργαστήριο, όπου μετά από εκχύλιση σε οργανικό διαλύτη μετρούνταν φασματοφωτομετρικά η απορρόφηση των χλωροφυλλών και υπολογίζονταν η συγκέντρωσή τους από εξισώσεις της βιβλιογραφίας. Οι μέθοδοι αυτές είναι χρονοβόρες και απαιτούν το κόψιμο και την μεταφορά των φύλλων στο εργαστήριο.

Η μέτρηση της χλωροφύλλης πραγματοποιήθηκε με φορητό χλωροφυλλόμετρο SPAD -502 της KONICA MINOLTA, το οποίο παρέχει μια άριστη ευκαιρία για έναν γρήγορο και μη καταστροφικό τρόπο υπολογισμού των επιπέδων των χλωροφυλλών στα φύλλα (Εικόνα 2.21).



Εικόνα 2.21. Χλωροφυλλόμετρο (όργανο εργαστηρίου).

2.2.2.1 Αρχή λειτουργίας του SPAD-502

Η μέτρηση με το χλωροφυλλόμετρο στηρίζεται στη απορρόφηση από τα φύλλο σε δύο μήκη κύματος στα 650 και 940 nm. Οι μετρούμενες τιμές -ενδείξεις του spad-502 είναι ανάλογες με το περιεχόμενο των χλωροφυλλών στα φύλλα. Αυτό που είναι ιδιαίτερα σημαντικό είναι ότι η συγκέντρωση των χλωροφυλλών είναι ανάλογη της συγκέντρωσης του αζώτου στα φύλλα. Έμμεσα λοιπόν και με πολύ μεγάλη ακρίβεια σε συνεχή βάση δίνεται η δυνατότητα ελέγχου των επιπέδων αζώτου (με άμεσο και μη καταστροφικό τρόπο), και η δυνατότητα ρύθμισης της αζωτούχου λίπανσης, ώστε να μεγιστοποιείται η παραγωγή, αποφεύγοντας ταυτόχρονα την άσκοπη σπατάλη νιτρικών λιπασμάτων και την ρύπανση του περιβάλλοντος (Αυδή, 2004).

2.2.3 Μέτρηση φθορισμού της χλωροφύλλης

Ο φθορισμός της χλωροφύλλης αποτελεί μία μη επεμβατική, μη καταστρεπτική, φθηνή και γρήγορη μέθοδο εκτίμησης της φωτοσυνθετικής κατάστασης ενός δείγματος. Για τη μέτρησή του υπάρχουν αρκετά όργανα με διάφορα χαρακτηριστικά που μπορούν όμως να χωριστούν σε 2 μεγάλες κατηγορίες: 1) τα φθορίζόμετρα ρυθμιζόμενου εύρους παλμού (pulse modulated fluorometer) και 2) τα φθορίζόμετρα συνεχούς διέγερσης (constant excitation fluorometer). Με τα φθορίζόμετρα ρυθμιζόμενου εύρους παλμού μελετάμε κατά προτίμηση την κινητική του φθορισμού σε προσαρμοσμένα στο φως δείγματα, αφού φτάσουν σε μία σταθερή κατάσταση φθορισμού (Baker, 2008). Η χρονική ανάλυση του σήματος του φθορισμού σε αυτά τα όργανα είναι σχετικά χαμηλή (το διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ των μετρήσεων είναι σχετικά μεγάλο). Με τα φθορίζόμετρα συνεχούς διέγερσης μελετάμε την

κινητική του φθορισμού προσκοτεινιασμένων δειγμάτων κατά τη φάση της κινητικής ταχείας ανόδου φθορισμού. Τα όργανα αυτά έχουν υψηλή χρονική ανάλυση (η χρονική απόσταση μεταξύ των μετρήσεων είναι μικρή) (Χονδρογιάννης, 2013).

2.2.3.1 Φθοριζόμετρα συνεχούς διέγερσης (Handy PEA)

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήσαμε φθορισμόμετρο συνεχούς διέγερσης (Εικόνα 2.22). Το όργανο έχει τη δυνατότητα λήψης πληροφοριών σχετικά με τον αρχικό φθορισμό (Fo), το μέγιστο (Fm), τη μέγιστη φωτοχημική απόδοση (Fv/Fm), το δείκτη φυλλικής επιφάνειας (Area) και τη φωτοσυνθετική ικανότητα (P, Index). Το Handy PEA είναι ένα όργανο ελαφρύ, με μεγάλη αυτονομία (διάρκεια μπαταρίας 8-9 ώρες) και μεγάλη αποθηκευτική ικανότητα (1000 μετρήσεις), χαρακτηριστικά που το καθιστούν ιδανικό για μετρήσεις πεδίου. Αποτελείται από μία κονσόλα και μία κεφαλή. Στην κεφαλή βρίσκονται τρεις λαμπτήρες τύπου LED, που μπορούν να εκπέμπουν ακτινικό φως με ένταση 0-3000 μmol φωτόνια $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$, με μέγιστο εκπομπής στα 650nm (Χονδρογιάννης, 2013). Επίσης, χρησιμοποιούνται ειδικά «μανταλάκια» (leaf clips), τα οποία προσαρμόζονται στην περιοχή της κεφαλής και διαθέτουν ειδικό κλείστρο που επιτρέπει ή όχι την διέλευση του φωτός. (Μαλέα, 2018).



Εικόνα 2.22: Φθοριζόμετρο τύπου Handy PEA (όργανο εργαστηρίου).

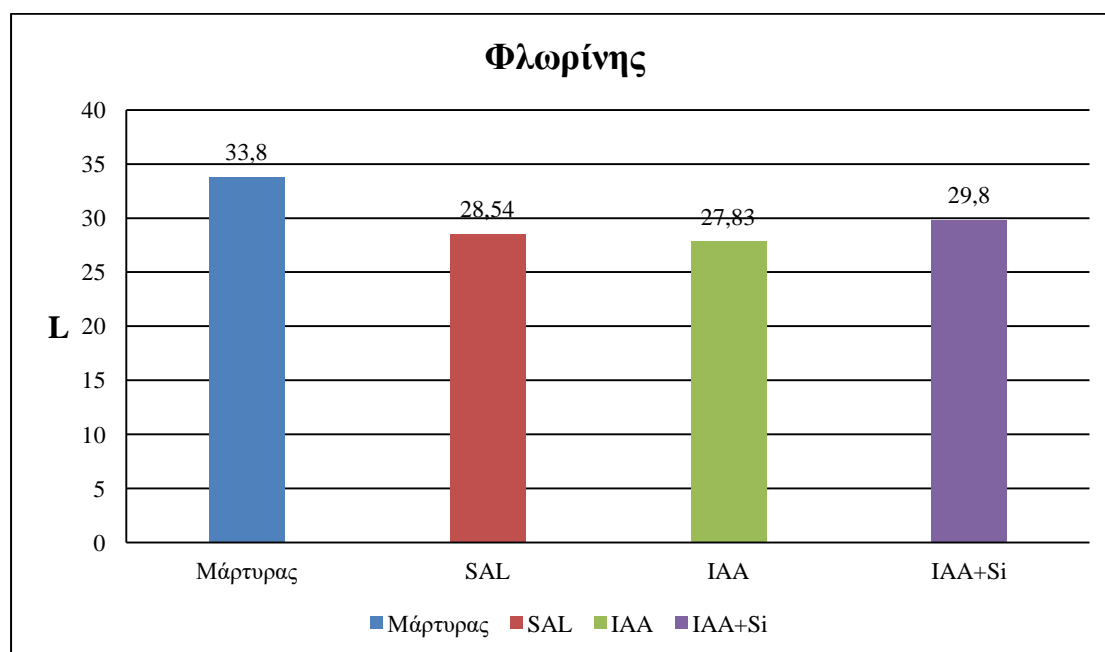
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 ΠΡΩΤΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

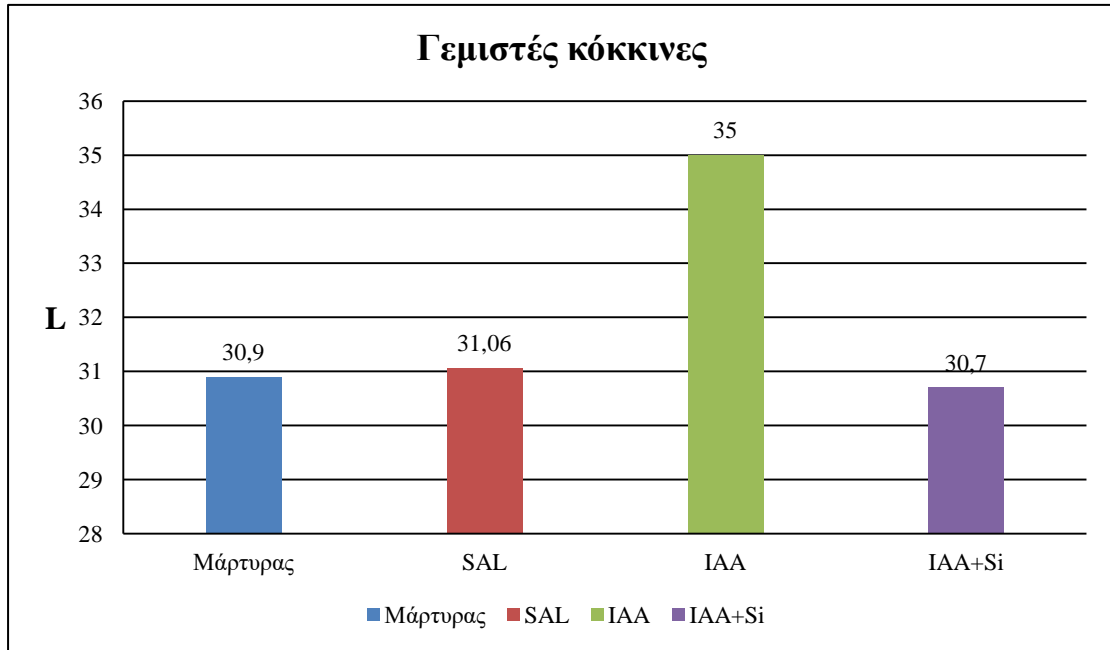
3.1.1 Επίδραση φυτοορμονών στις τρεις συντεταγμένες L*, a* και b*

Τα αποτελέσματα από την επίδραση των φυτοορμονών από τη μέτρηση των τριών συντεταγμένων L*, a* και b* παρουσιάζονται στα παρακάτω γραφήματα για τις δύο ποικιλίες φυτών.



Διάγραμμα 3.1: Επίδραση των φυτικών ορμονών στην ένταση του χρώματος (L) των καρπών της ποικιλίας Kartur (Φλωρίνης).

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα, παρατηρούμε μείωση της έντασης του χρώματος (L) σε όλους τους ψεκασμούς, σε σχέση με το μάρτυρα. Συγκεκριμένα, στον ψεκασμό με σαλικυλικό οξύ έχουμε μείωση 15,57% της έντασης του χρώματος. Επιπρόσθετα, στον ψεκασμό αυξίνης καθώς και στην συνδυασμένη εφαρμογή αυξίνης και πυριτίου η μείωση 17,67% και 11,9%, αντίστοιχα για τους δύο ψεκασμούς.

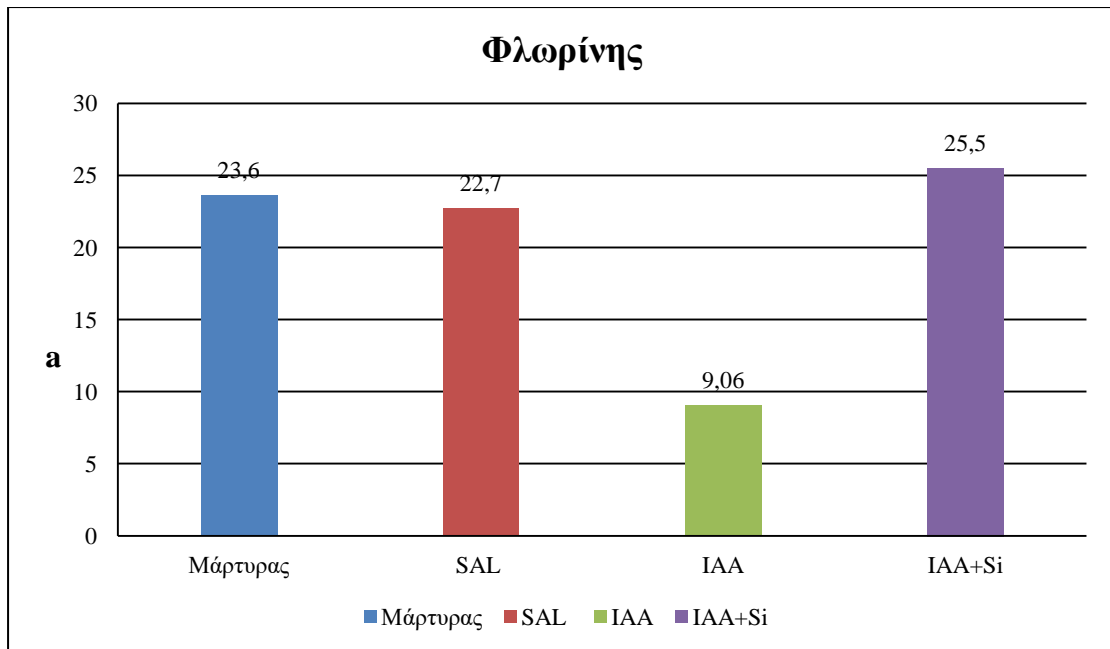


Διάγραμμα 3.2: Επίδραση των φυτικών ορμονών στην ένταση του χρώματος (L) των καρπών της ποικιλίας Ruby star (Γεμιστή κόκκινη).

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα, παρατηρούμε αύξηση της έντασης του χρώματος (L) μόνο στα φυτά που ψεκάστηκαν με αυξίνη, ενώ στα φυτά που πραγματοποιήθηκε ψεκάσμος με σαλικυλικό οξύ και με συνδυασμένη εφαρμογή αυξίνης και πυριτίου διαπιστώθηκε ελάχιστη διαφοροποίηση της έντασης του χρώματος. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε αύξηση της αυξίνης, κατά 13,26% και μείωση 0,52% του σαλικυλικού οξέος και 0,65% της αυξίνης και πυριτίου.

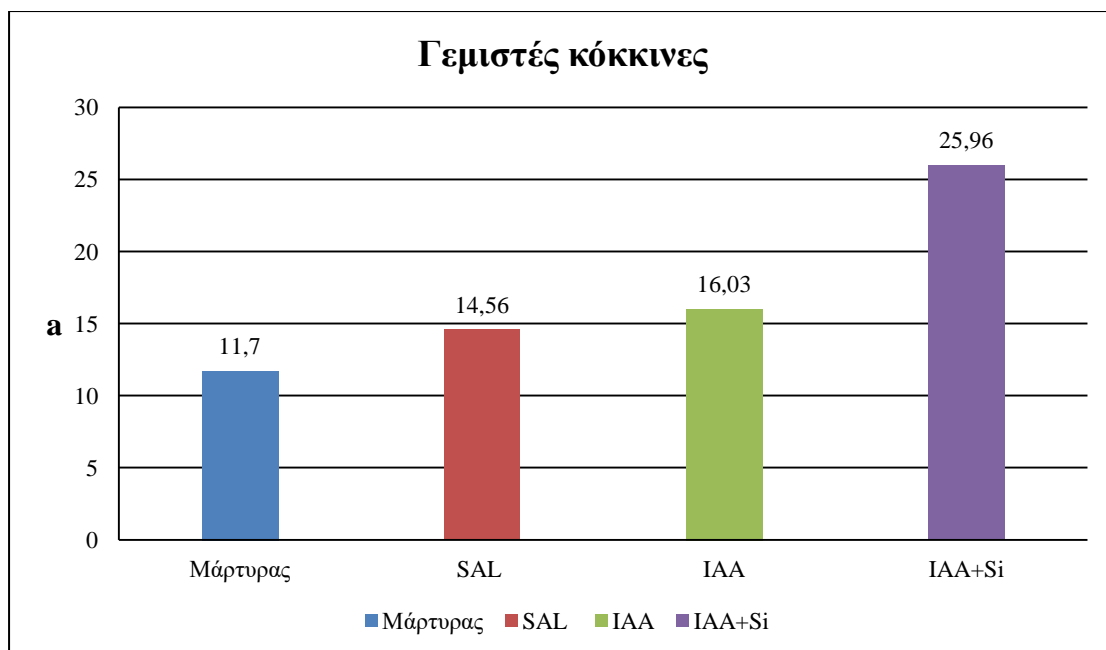
	L			
	Φλωρίνης		Γεμιστές	
Μάρτυρας	33,8	100%	30,9	100%
SAL	28,54	84,43%	31,06	99,48%
IAA	27,83	82,33%	35	113,26%
IAA+Si	29,8	88,1%	30,7	99,35%

Πίνακας 3.1: Εκατοστιαία έκφραση των αποτελεσμάτων από την πρώτη μέτρηση της έντασης του χρώματος (L).



Διάγραμμα 3.3: Επίδραση φυτικών ορμονών στη μεταβολή του χρώματος από πράσινο σε κόκκινο (a) στην ποικιλία Kartur (Φλωρίνης).

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα εύκολα μπορούμε να παρατηρήσουμε τη μεγάλη μείωση της μεταβολής του χρώματος από πράσινο σε κόκκινο (a) στα φυτά που πραγματοποιήθηκε ψεκασμός αυξίνης, κατά 61,62%. Αντίθετα, αύξηση παρατηρήθηκε στα φυτά όπου έγινε εφαρμογή διαλύματος αυξίνης και πυριτίου, κατά 8,05%. Τέλος ελάχιστη μείωση παρατηρήθηκε στην εφαρμογή με σαλικυλικό οξύ, συγκεκριμένα, κατά 3,82%.

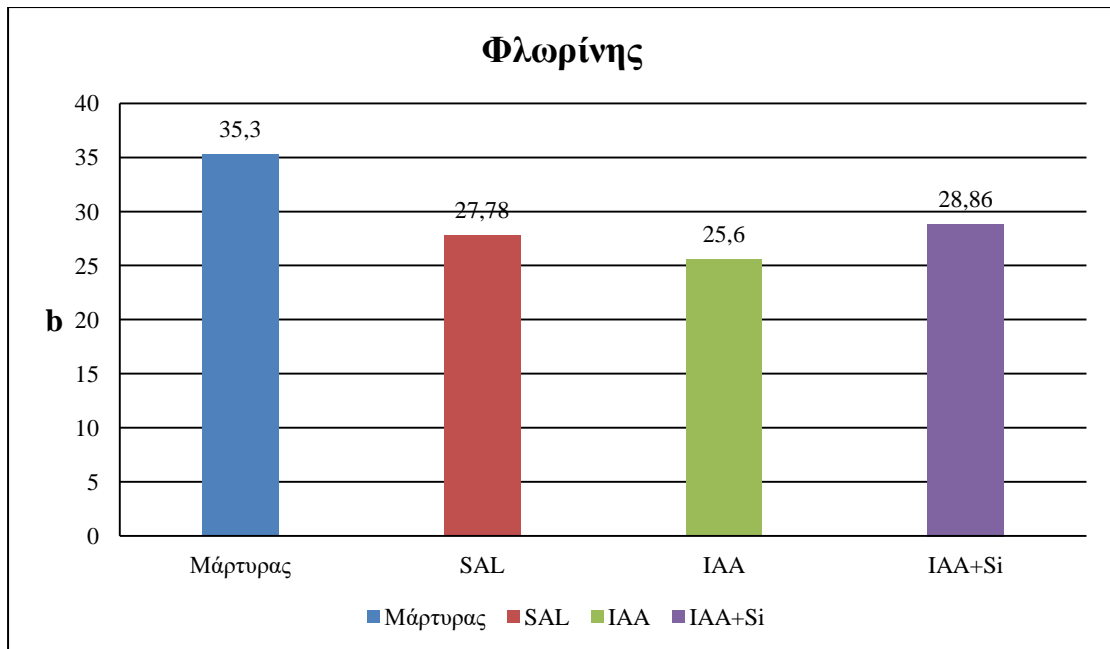


Διάγραμμα 3.4: Επίδραση φυτικών ορμονών στη μεταβολή του χρώματος από πράσινο σε κόκκινο (a) στην ποικιλία Ruby star (Γεμιστή κόκκινη).

Παρατηρώντας τα παραπάνω αποτελέσματα μπορούμε να διακρίνουμε αύξηση στη μεταβολή του χρώματος από πράσινο σε κόκκινο (a) και στους τρεις ψεκασμούς. Συγκεκριμένα, διαπιστώνουμε αύξηση, κατά 24,44% στην εφαρμογή σαλικυλικού οξέος, κατά 37% στην εφαρμογή με αυξίνη και την μεγαλύτερη αύξηση, κατά 121,88%, στη συνδυασμένη εφαρμογή αυξίνης και πυριτίου.

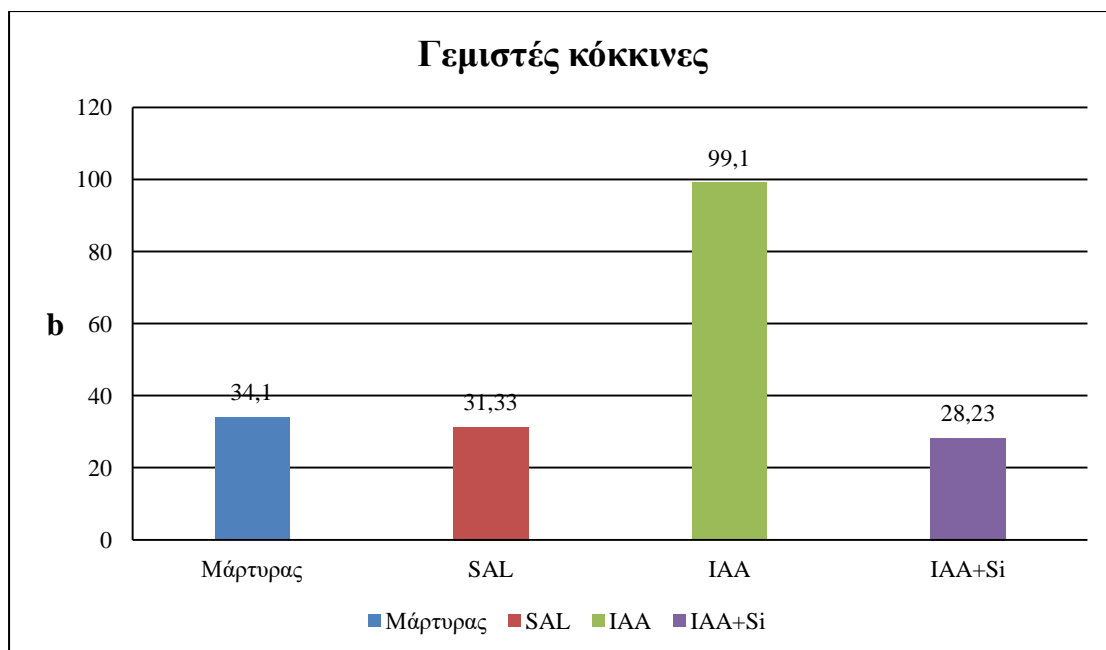
a				
	Φλωρίνης		Γεμιστές	
Μάρτυρας	23,6	100%	11,7	100%
SAL	22,7	96,18%	14,56	124,44%
IAA	9,06	38,38%	16,03	137%
IAA+Si	25,5	108,5%	25,96	221,88%

Πίνακας 3.2: Εκατοστιαία έκφραση των αποτελεσμάτων από την πρώτη μέτρηση της μεταβολής του χρώματος από πράσινο σε κόκκινο (a).



Διάγραμμα 3.5: Επίδραση φυτικών ορμονών στη μεταβολή του χρώματος από μπλε σε κίτρινο (b) σε καρπούς πιπεριάς της ποικιλίας Kartur (Φλωρίνης).

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα μπορούμε να διακρίνουμε ελάχιστη μείωση στη μεταβολή του χρώματος από μπλε σε κίτρινο (b) και στους τρεις ψεκασμούς. Ειδικότερα, μείωση, κατά 21,31% παρατηρείται στον ψεκασμό με σαλικυλικό οξύ, ενώ μείωση, κατά 27,48% παρατηρείται στον ψεκασμό με αυξίνη. Τέλος, η μικρότερη μείωση παρατηρείται στον ψεκασμό με συνδυασμένη δράση αυξίνης και πυριτίου, κατά 18,25%.



Διάγραμμα 3.6: Επίδραση φυτικών ορμονών στη μεταβολή του χρώματος από μπλε σε κίτρινο (b) σε καρπούς πιπεριάς της ποικιλίας Ruby Star (Γεμιστή κόκκινη).

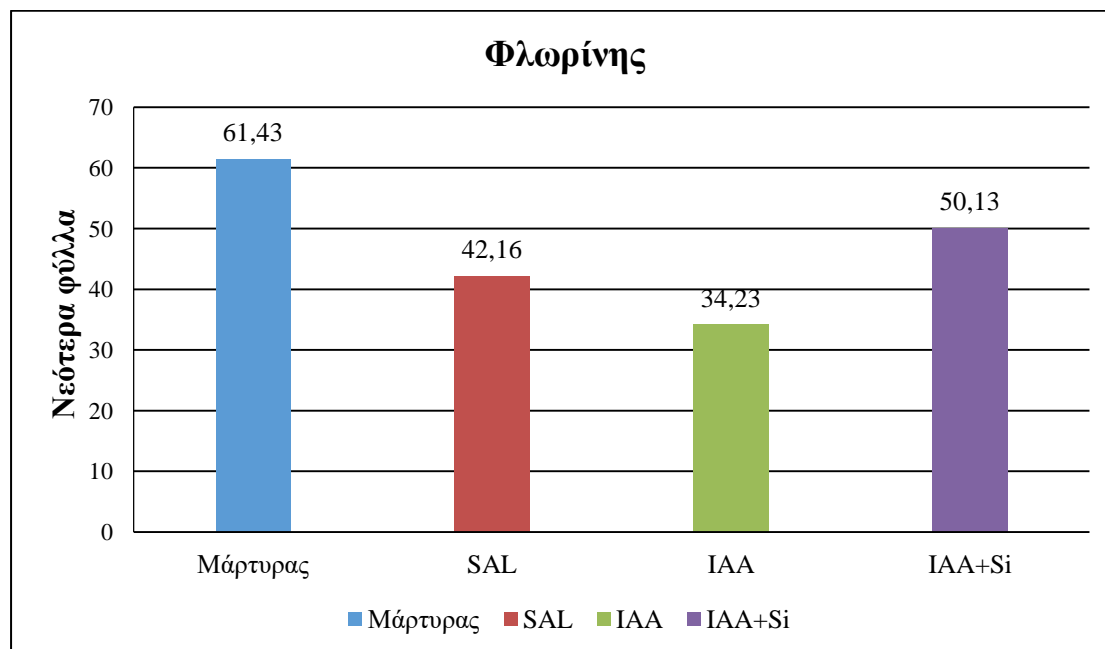
Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα παρατηρούμε μεγάλη αύξηση στη μεταβολή του χρώματος από μπλε σε κίτρινο (b) μόνο στον ψεκασμό με αυξίνη. Ειδικότερα, η αύξηση στον συγκεκριμένο ψεκασμό είναι της τάξεως 190,61%, ενώ οι μειώσεις στους ψεκασμούς με σαλικυλικό οξύ και διάλυμα αυξίνης και πυριτίου είναι 8,13% και 17,3% αντίστοιχα.

b				
	Φλωρίνης		Γεμιστές	
Μάρτυρας	35,3	100%	34,1	100%
SAL	27,78	78,69%	31,33	91,87%
IAA	25,6	72,52%	99,1	290,61%
IAA+Si	28,86	81,75%	28,23	82,7%

Πίνακας 3.3: Εκατοστιαία έκφραση των αποτελεσμάτων από την πρώτη μέτρηση της μεταβολής του χρώματος από μπλε σε κίτρινο (b).

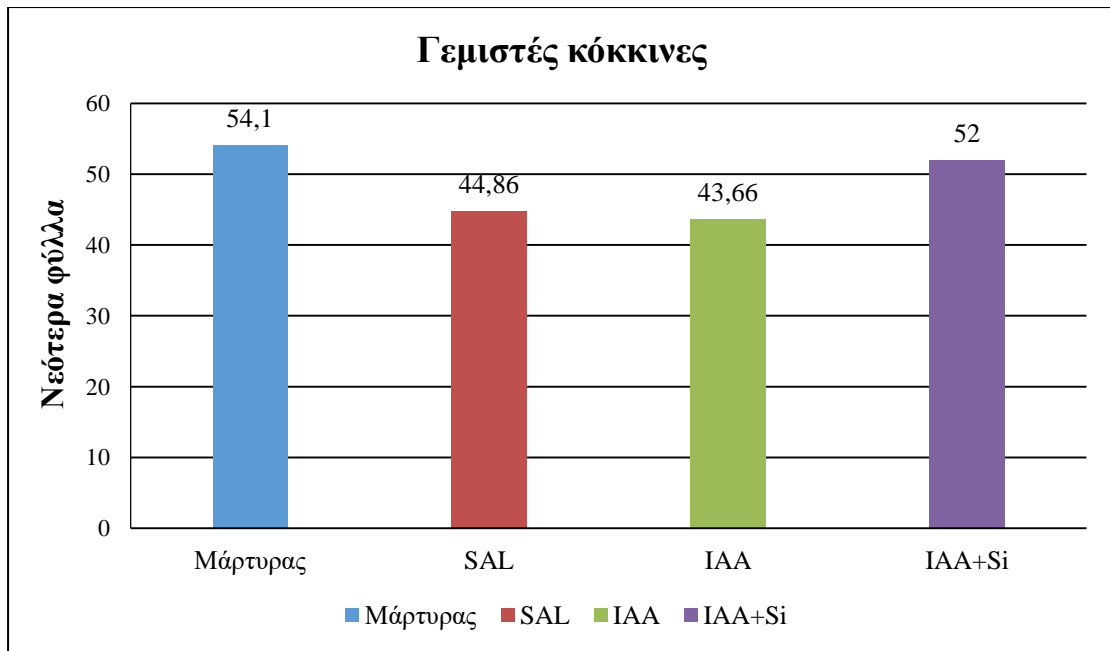
3.1.2 Επίδραση φυτοορμονών στη συγκέντρωση χλωροφύλλης στα φύλλα

Τα αποτελέσματα από την επίδραση των φυτοορμονών στα επίπεδα συγκέντρωσης χλωροφύλλης στα φύλλα παρουσιάζονται στα παρακάτω γραφήματα για τις δύο ποικιλίες φυτών.



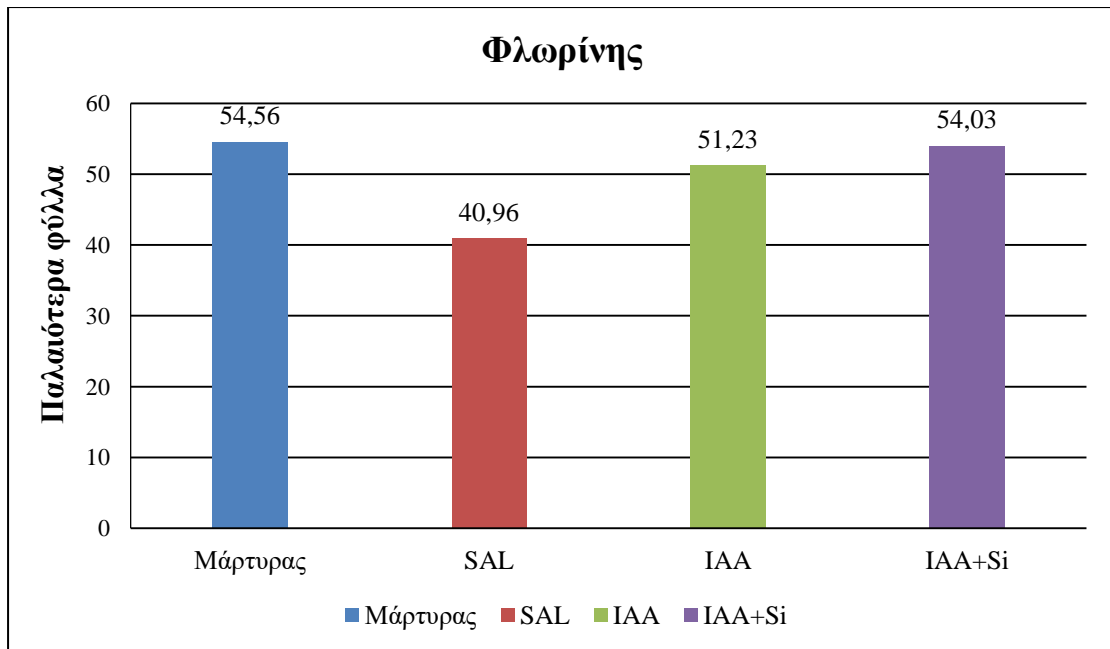
Διάγραμμα 3.7: Επίδραση φυτικών ορμονών στην συγκέντρωση χλωροφύλλης στα νεότερα φύλλα των φυτών της ποικιλίας *Kartur* (Φλωρίνης).

Με βάση την ανάλυση των παραπάνω αποτελεσμάτων, διαπιστώθηκε σημαντική μείωση στα επίπεδα συγκέντρωσης χλωροφύλλης στα νεότερα φύλλα, σε σχέση με το μάρτυρα. Ειδικότερα, παρατηρήθηκε μεγαλύτερη μείωση της χλωροφύλλης στα ψεκαζόμενα με αυξίνη φυτά, κατά 44,28%. Μικρότερη μείωση παρατηρήθηκε μετά από την εφαρμογή σαλικυλικού οξέος και διαλύματος αυξίνης και πυριτίου, κατά 31,37% και 18,4% ,αντίστοιχα.



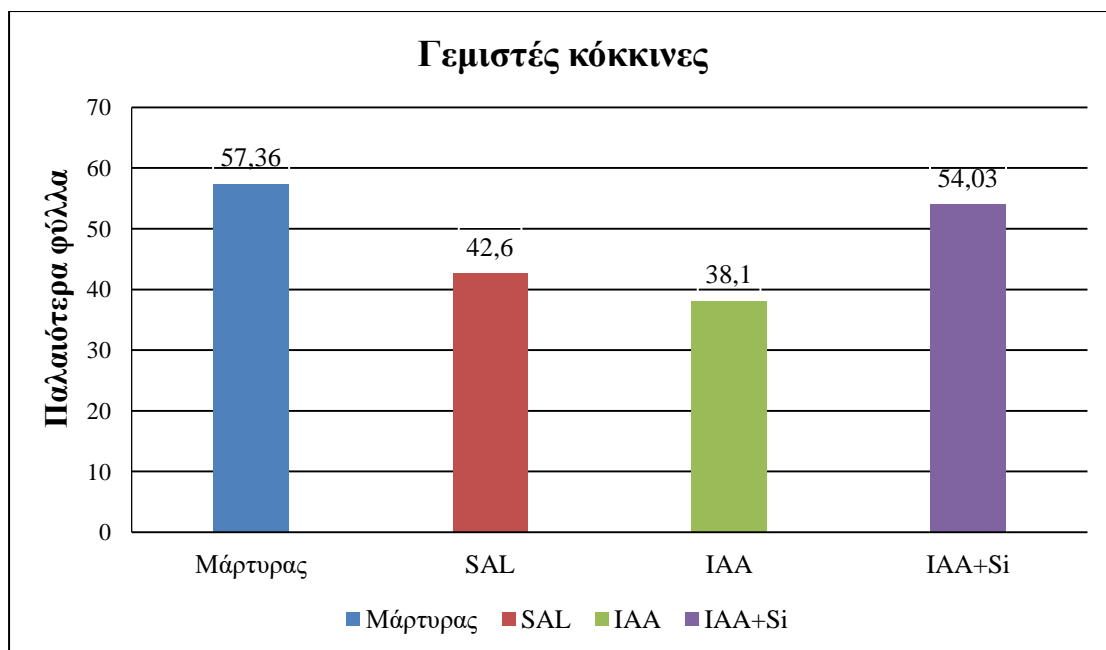
Διάγραμμα 3.8: Επίδραση φυτικών ορμονών στην συγκέντρωση χλωροφύλλης στα νεότερα φύλλα των φυτών της ποικιλίας Ruby Star (Γεμιστή κόκκινη).

Βάση των μετρήσεων των παραπάνω αποτελεσμάτων, διαπιστώθηκε μείωση στα επίπεδα συγκέντρωσης χλωροφύλλης στα νεότερα φύλλα, σε σχέση με το μάρτυρα. Αναλυτικότερα, η μείωση που παρατηρήθηκε από την εφαρμογή αυξίνης και σαλικυλικού οξέος, φαίνεται να είναι παρόμοια στις δυο επεμβάσεις και είναι της τάξεως του 19,3% και 17,08%, αντίστοιχα. Επίσης, ο συνδυασμός αυξίνης και πυριτίου προκαλεί μικρότερη μείωση, κατά 3,89%.



Διάγραμμα 3.9.: Επίδραση φυτικών ορμονών στην συγκέντρωση χλωροφύλλης στα παλαιότερα φύλλα των φυτών της ποικιλίας *Kartur* (Φλωρίνης).

Από τα αποτελέσματα των παραπάνω μετρήσεων προκύπτει, μείωση της συγκέντρωσης χλωροφύλλης στα παλαιότερα φύλλα, σε σχέση με το μάρτυρα. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε μεγαλύτερη μείωση της χλωροφύλλης, έπειτα από ψεκασμό με σαλικυλικό οξύ, κατά 24,93%. Όσον αφορά, την επίδραση της αυξίνης και του συνδυασμού αυξίνης και πυριτίου, παρατηρήθηκε μείωση, κατά 6,11% και 0,98%, αντίστοιχα.



Διάγραμμα 3.10: Επίδραση φυτικών ορμονών στην συγκέντρωση χλωροφύλλης στα παλαιότερα φύλλα των φυτών της ποικιλίας Ruby Star (Γεμιστή κόκκινη).

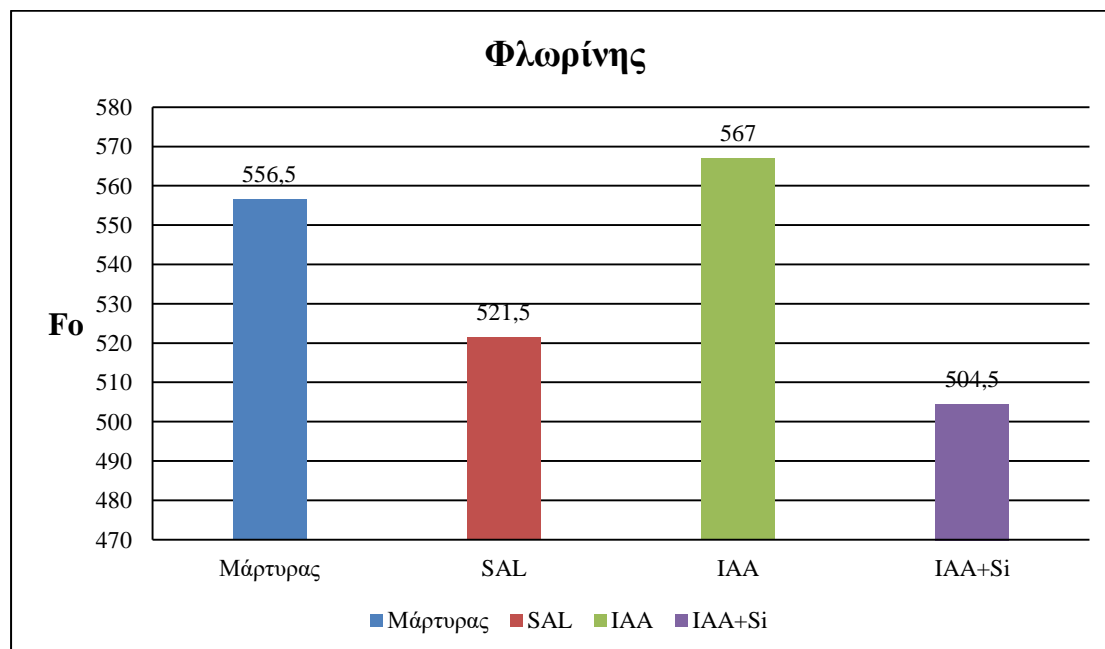
Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα, διακρίνεται αισθητή μείωση της συγκέντρωσης χλωροφύλλης στα παλαιότερα φύλλα, σε σχέση με το μάρτυρα. Πιο συγκεκριμένα, η μεγαλύτερη μείωση παρουσιάζεται, μετά από την εφαρμογή αυξίνης και σαλικυλικού οξέος, κατά 33,58% και 25,74%, αντίστοιχα. Όσον αφορά, τον συνδυασμό αυξίνης και πυριτίου η μείωση που προκύπτει είναι μικρότερη, κατά 5,81%.

	Νεότερα φύλλα				Παλαιότερα φύλλα			
	Φλωρίνης		Γεμιστές		Φλωρίνης		Γεμιστές	
Μάρτυρας	61,43	100%	54,1	100%	54,56	100%	57,36	100%
SAL	42,16	68,63%	44,86	82,92%	40,96	75,07%	42,6	74,26%
IAA	34,23	55,72%	43,66	80,7%	51,23	93,89%	38,1	66,42
IAA+Si	50,13	81,60%	52	96,11%	54,03	99,02%	54,03	94,19%

Πίνακας 3.4: Εκατοστιαία έκφραση της συγκέντρωσης χλωροφύλλης από τα αποτελέσματα της πρώτης ανάλυσης που πραγματοποιήθηκαν σε νεότερα και παλαιότερα φύλλα.

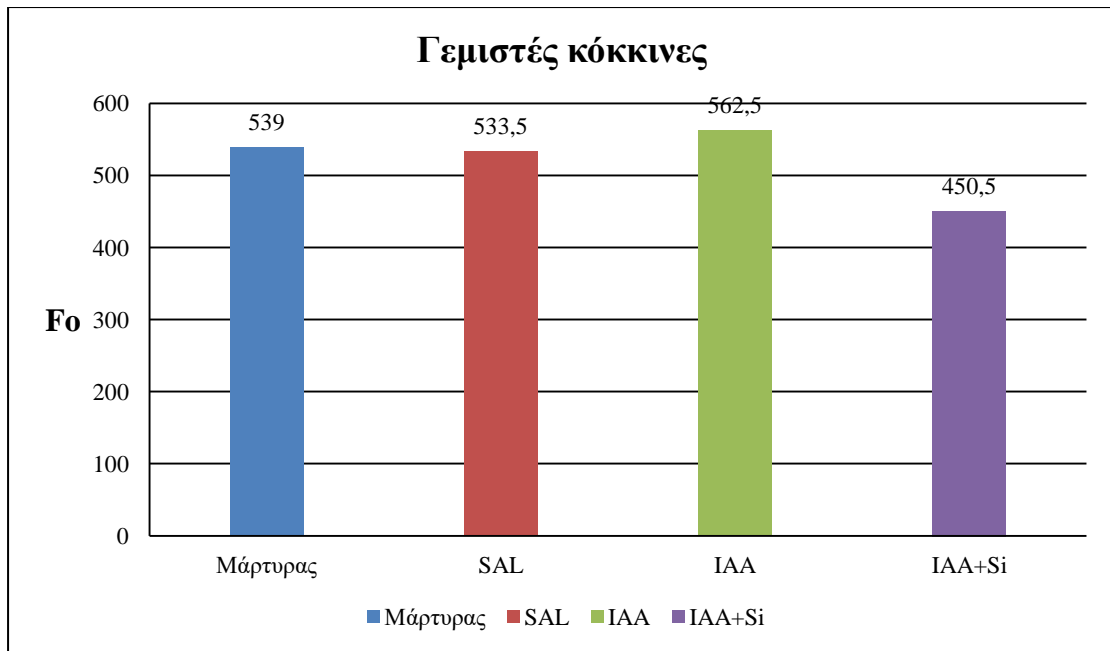
3.1.3 Επίδραση φυτοορμονών στο φθορισμό της χλωροφύλλης

Τα αποτελέσματα από την επίδραση των φυτοορμονών στη μέθοδο εκτίμησης της φωτοσυνθετικής κατάστασης των φυτών παρουσιάζονται στα παρακάτω γραφήματα για τις δύο ποικιλίες φυτών.



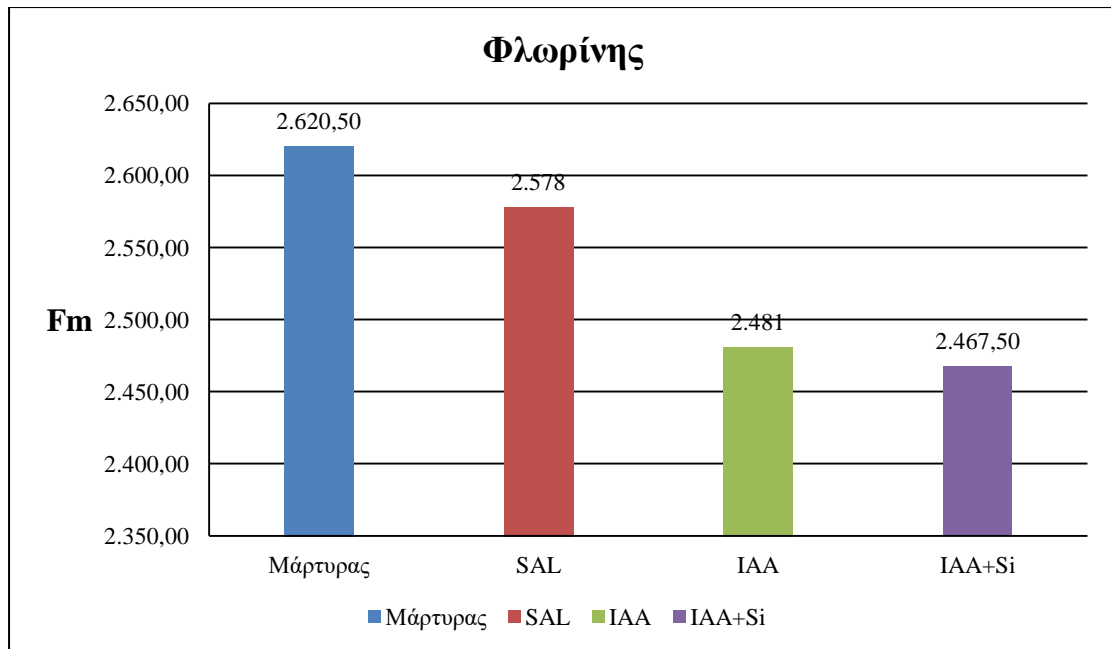
Διάγραμμα 3.11: Επίδραση των φυτικών ορμονών στον αρχικό φθορισμό (Fo) στα φυτά ποικιλίας *Kartur* (Φλωρίνης).

Στο παραπάνω διάγραμμα μπορούμε να διακρίνουμε αύξηση στον αρχικό φθορισμό (Fo) στην περίπτωση ψεκασμού με αυξίνη, ενώ μείωση στις περιπτώσεις ψεκασμού με σαλικυλικό οξύ και διάλυμα αυξίνης και πυριτίου. Το ποσοστό αύξησης 1,88% αντιστοιχεί στο ψεκασμό αυξίνης και τα ποσοστά μείωσης 6,21% και 9,35% στους ψεκασμούς σαλικυλικού οξέος και διαλύματος αυξίνης και πυριτίου, αντίστοιχα.



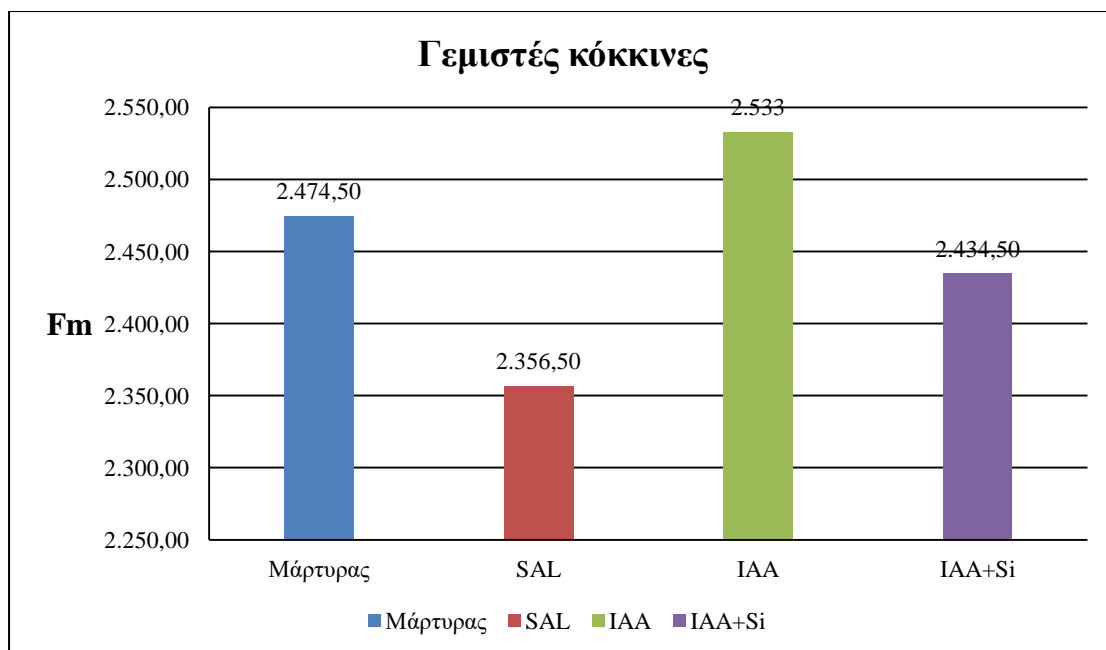
Διάγραμμα 3.12: Επίδραση των φυτικών ορμονών στον αρχικό φθορισμό (Fo) στα φυτά ποικιλίας Ruby Star (Γεμιστή κόκκινη).

Με βάση το παραπάνω διάγραμμα διακρίνουμε μικρές μεταβολές στον αρχικό φθορισμό (Fo) σε όλες τις επεμβάσεις με φυτοορμόνες. Ειδικότερα, μικρή αύξηση, κατά 4,35% παρατηρείται στον ψεκασμό με αυξίνη, ενώ μείωση παρατηρείται στις περιπτώσεις ψεκασμού με σαλικυλικό και διάλυμα αυξίνη και πυριτίου κατά 1,03% και 17%, αντίστοιχα.



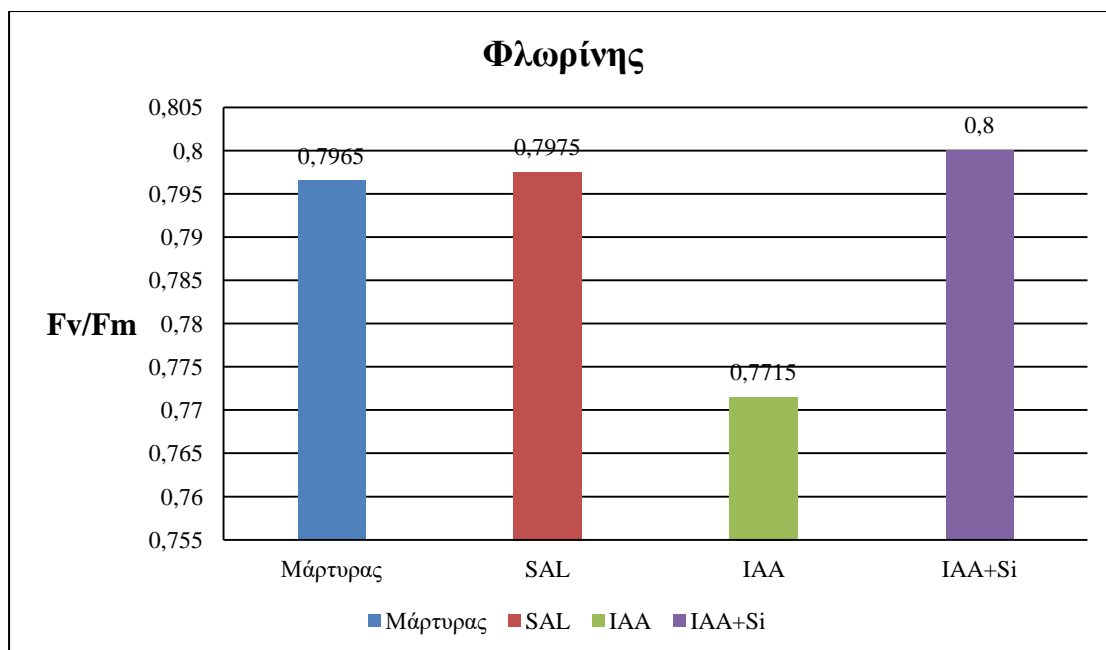
Διάγραμμα 3.13: Επίδραση των φυτικών ορμονών στον μέγιστο φθορισμό (Fm) στα φυτά ποικιλίας *Karitur* (Φλωρίνης).

Στο παραπάνω διάγραμμα είναι διακριτές οι μικρές μειώσεις στον μέγιστο φθορισμό (Fm), σε όλες τις επεμβάσεις με φυτικές ορμόνες. Συγκεκριμένα, παρατηρούνται μειώσεις κατά 1,53% στον ψεκασμό σαλικυλικού οξέος, κατά 5,33% στον ψεκασμό με αυξίνη και κατά 6,07% στον ψεκασμό με συνδυασμένη δράση αυξίνης και πυριτίου.



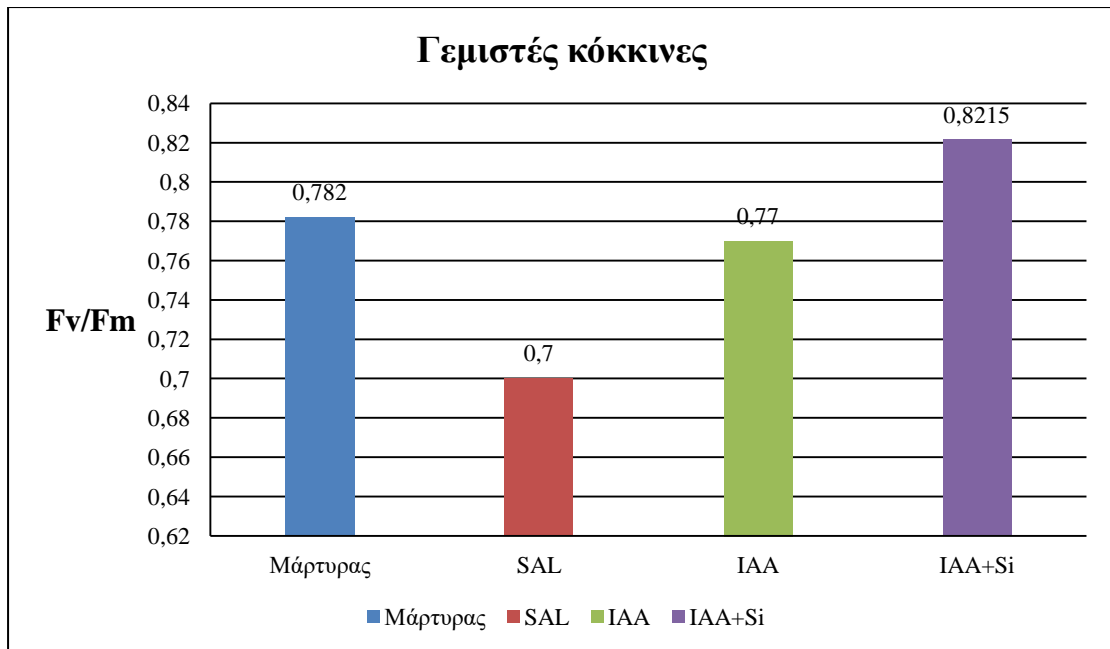
Διάγραμμα 3.14: Επίδραση των φυτικών ορμονών στον μέγιστο φθορισμό (Fm) στα φυτά ποικιλίας Ruby Star (Γεμιστή κόκκινη).

Στο συγκεκριμένο διάγραμμα είναι εμφανής, η αύξηση του μέγιστου φθορισμού (Fm), κατά 2,36% μετά την επίδραση της αυξίνης. Επιπρόσθετα, μετά την εφαρμογή σαλικυλικού οξέος και διαλύματος αυξίνης και πυριτίου, υπάρχει μικρή μείωση στο μέγιστο φθορισμό, κατά 4,79% και 1,62% αντίστοιχα για τις δυο επεμβάσεις.



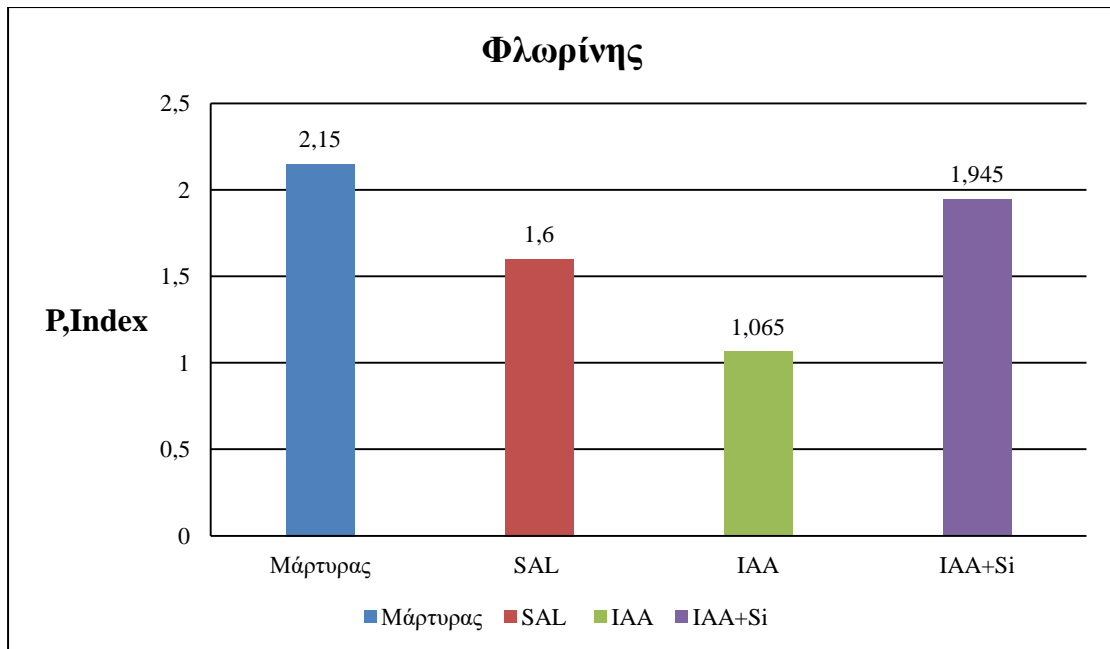
Διάγραμμα 3.15: Επίδραση των φυτικών ορμονών στη μέγιστη φωτοχημική απόδοση (Fv/Fm) στα φυτά ποικιλίας Kartur (Φλωρίνης).

Από την ανάλυση των παραπάνω αποτελεσμάτων, γίνεται εμφανές, ότι η μέγιστη φωτοχημική απόδοση (Fv/Fm) δεν επηρεάστηκε από τη χρήση αυξίνης, καθώς δεν προκύπτει κάποια στατιστικώς σημαντική διαφορά, συγκεκριμένα η μείωση είναι της τάξεως του 3,14%. Τέλος, η εφαρμογή σαλικυλικού οξέος και ο συνδυασμός αυξίνης και πυριτίου προκαλεί μια μικρή αύξηση, κατά 0,12% και 0,43%, αντίστοιχα.



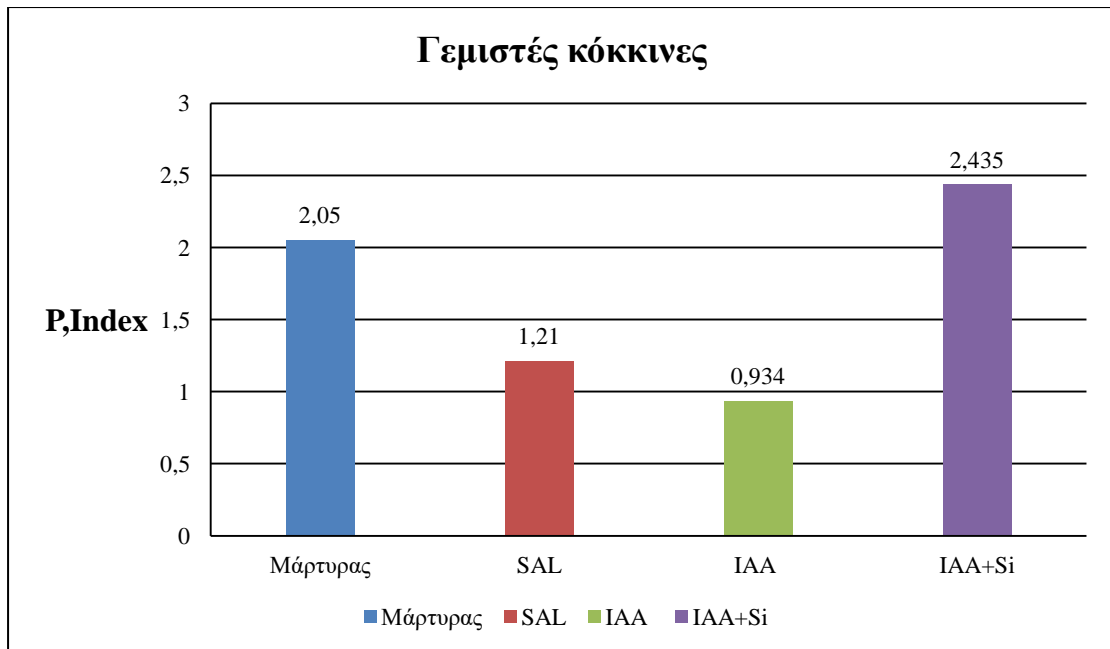
Διάγραμμα 3.16: Επίδραση των φυτικών ορμονών στη μέγιστη φωτοχημική απόδοση (Fv/Fm) στα φυτά ποικιλίας Ruby Star (Γεμιστή κόκκινη).

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα, προκύπτει αισθητή μείωση της μέγιστης φωτοχημικής απόδοσης (Fv/Fm) από την εφαρμογή σαλικυλικού οξέος, κατά 10,49%. Η εφαρμογή αυξίνης δεν προκάλεσε κάποια στατιστικώς σημαντική διαφορά, καθώς η μείωση είναι της τάξεως του 1,54%. Από την άλλη πλευρά, διαπιστώθηκε ότι ο συνδυασμός αυξίνης και πυριτίου δημιουργεί μια μικρή αύξηση, κατά 5,05%.



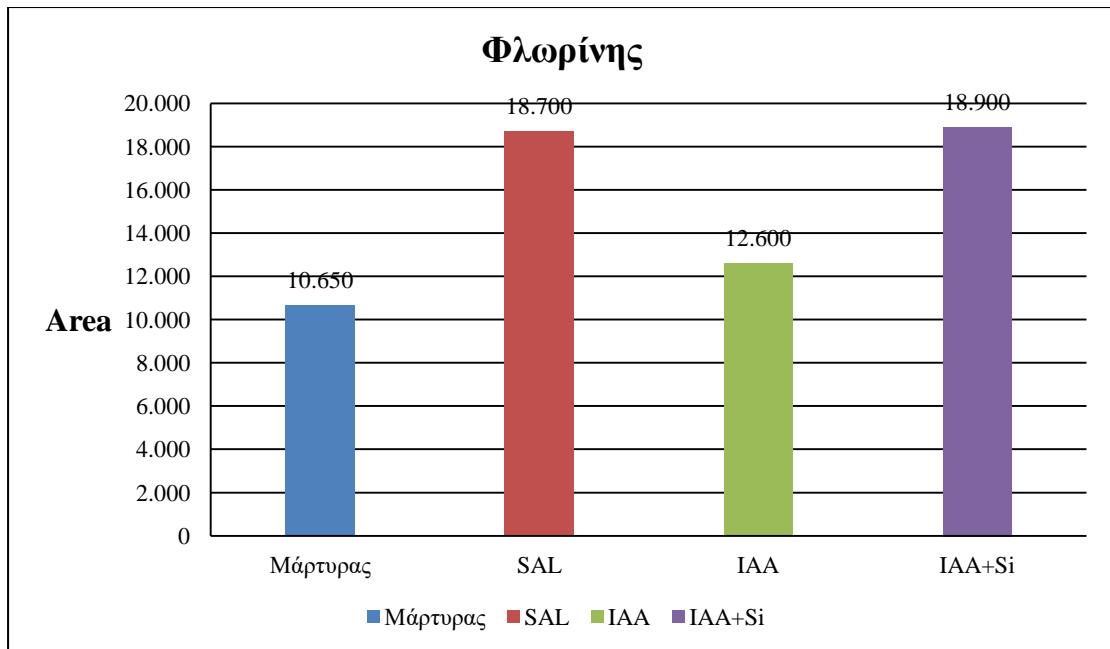
Διάγραμμα 3.17: Επίδραση των φυτικών ορμονών στη φωτοσυνθετική ικανότητα (P, Index) στα φυτά ποικιλίας Kartur (Φλωρίνης).

Με βάση την ανάλυση του παραπάνω διαγράμματος, προκύπτει ότι η δράση των φυτοορμονών στη φωτοσυνθετική ικανότητα (P, Index) ήταν γενικά αρνητική αφού τα φυτά που δεν είχαν ψεκαστεί με καμία ορμόνη ανέπτυξαν καλύτερη φωτοσυνθετική ικανότητα. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε μεγαλύτερη μείωση μετά από την επίδραση αυξίνης και σαλικυλικού οξέος, κατά 50,47% και 25,59%, αντίστοιχα. Μικρότερη μείωση παρατηρήθηκε μετά από την εφαρμογή αυξίνης και πυριτίου, κατά 9,54%.



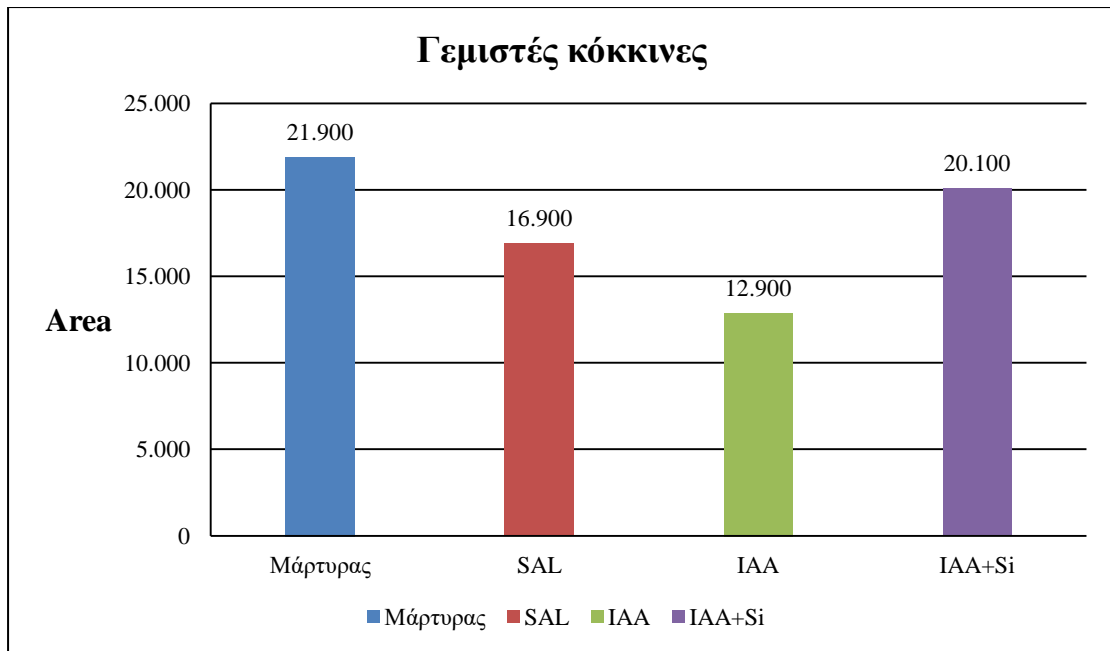
Διάγραμμα 3.18: Επίδραση των φυτικών ορμονών στη φωτοσυνθετική ικανότητα (P,Index) στα φυτά ποικιλίας Ruby Star (Γεμιστή κόκκινη).

Βάση των παραπάνω αποτελεσμάτων, διαπιστώθηκε αισθητή μείωση της φωτοσυνθετικής ικανότητας (P,Index) από τη χρήση αυξίνης και σαλικυλικού οξέος, κατά 54,44% και 40,98%, αντίστοιχα. Σε αντίθεση, ο συνδυασμός αυξίνης και πυριτίου προκάλεσε σημαντική αύξηση της φωτοσυνθετικής ικανότητας, κατά 18,78%.



Διάγραμμα 3.19: Επίδραση των φυτικών ορμονών στο δείκτη φυλλικής επιφάνειας (Area) στα φυτά ποικιλίας Kartur (Φλωρίνης).

Από τα παραπάνω αποτελέσματα, συμπεραίνουμε ότι η δράση των φυτοορμονών στο δείκτη της φυλλικής επιφάνειας (Area) ήταν θετική, σε σύγκριση με το μάρτυρα. Ειδικότερα, μεγαλύτερη αύξηση παρατηρήθηκε μετά από την εφαρμογή σαλικυλικού οξέος και του συνδυασμού αυξίνης και πυριτίου, κατά 75,58% και 77,46%, αντίστοιχα. Όσον αφορά, την επίδραση αυξίνης διακρίνουμε μια αύξηση που είναι μικρότερη, κατά 18,3%.



Διάγραμμα 3.20: Επίδραση των φυτικών ορμονών στο δείκτη φυλλικής επιφάνειας (Area) στα φυτά ποικιλίας Ruby Star (Γεμιστή κόκκινη).

Τα αποτελέσματα των παραπάνω μετρήσεων, δείχνουν ότι ο δείκτης της φυλλικής επιφάνειας (Area) μειώθηκε και στις τρεις μεταχειρίσεις, σε σχέση με το μάρτυρα. Πιο συγκεκριμένα, η χρήση αυξίνης και σαλικυλικού οξέος οδήγησε σε μεγαλύτερη μείωση της τάξεως του 41,1% και 22,84%, αντίστοιχα. Τέλος, μικρότερη μείωση διαπιστώνουμε από το συνδυασμό αυξίνης και πυριτίου, κατά 8,3%.

	Fo				Fm				Fv/Fm			
	Φ*		Γ*		Φ*		Γ*		Φ*		Γ*	
Μάρτυρας	556,5	100%	539	100%	2.620,50	100%	2.474,50	100%	0,7965	100%	0,782	100%
SAL	521,5	93,79%	533,5	98,97%	2.578	98,37%	2.356,50	95,21%	0,7975	100,12%	0,7	89,51%
IAA	567	101,88%	562,5	104,35%	2.481	94,67%	2.533	102,36%	0,7715	96,86%	0,77	98,46%
IAA+Si	504,5	90,65%	450,5	83%	2.467,50	93,93%	2.434,50	98,38%	0,8	100,43%	0,8215	105,05%

Πίνακας 3.5.1: Εκατοστιαία έκφραση των αποτελεσμάτων από την επίδραση των φυτοορμονών στη πρώτη μέτρηση της φωτοσυνθετικής κατάστασης των φυτών. *Φ: Φλωρίνης, *Γ: Γεμιστές

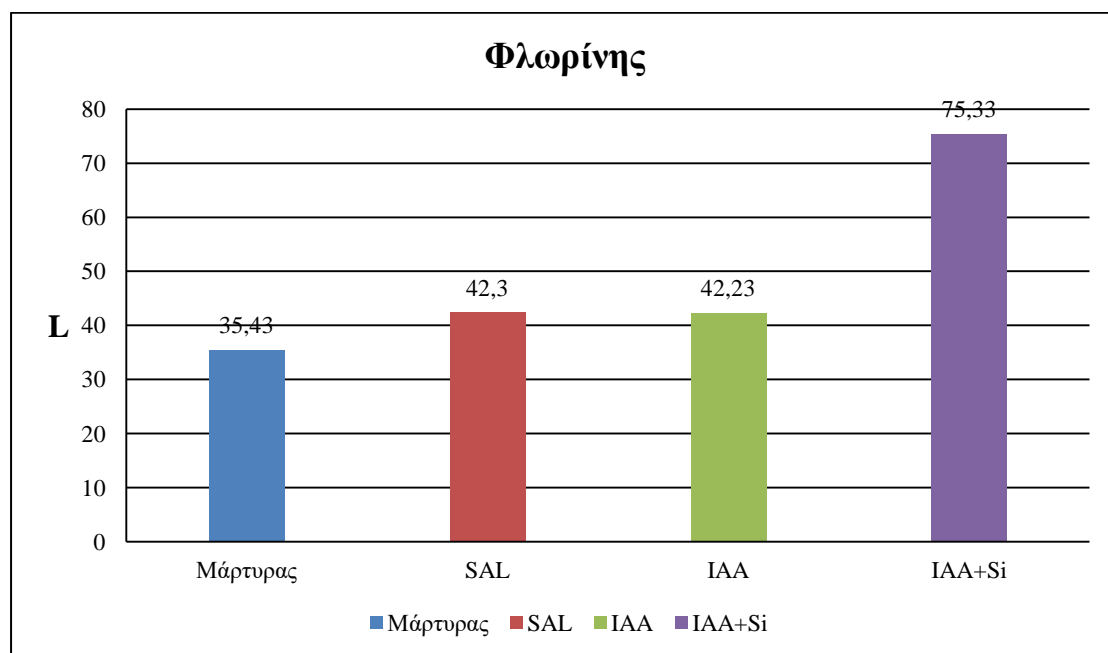
	P,Index				Area			
	Φ*		Γ*		Φ*		Γ*	
Μάρτυρας	2,15	100%	2,05	100%	10.650	100%	21.900	100%
SAL	1,6	74,41%	1,21	59,02%	18.700	175,58%	16.900	77,16%
IAA	1,065	49,53%	0,934	45,56%	12.600	118,30%	12.900	58,90%
IAA+Si	1,945	90,46%	2,435	118,78%	18.900	177,46%	20.100	91,7%

Πίνακας 3.5.2: Εκατοστιαία έκφραση των αποτελεσμάτων από την επίδραση των φυτοορμονών στη πρώτη μέτρηση της φωτοσυνθετικής κατάστασης των φυτών. *Φ: Φλωρίνης, *Γ: Γεμιστές

3.2 ΔΕΥΤΕΡΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

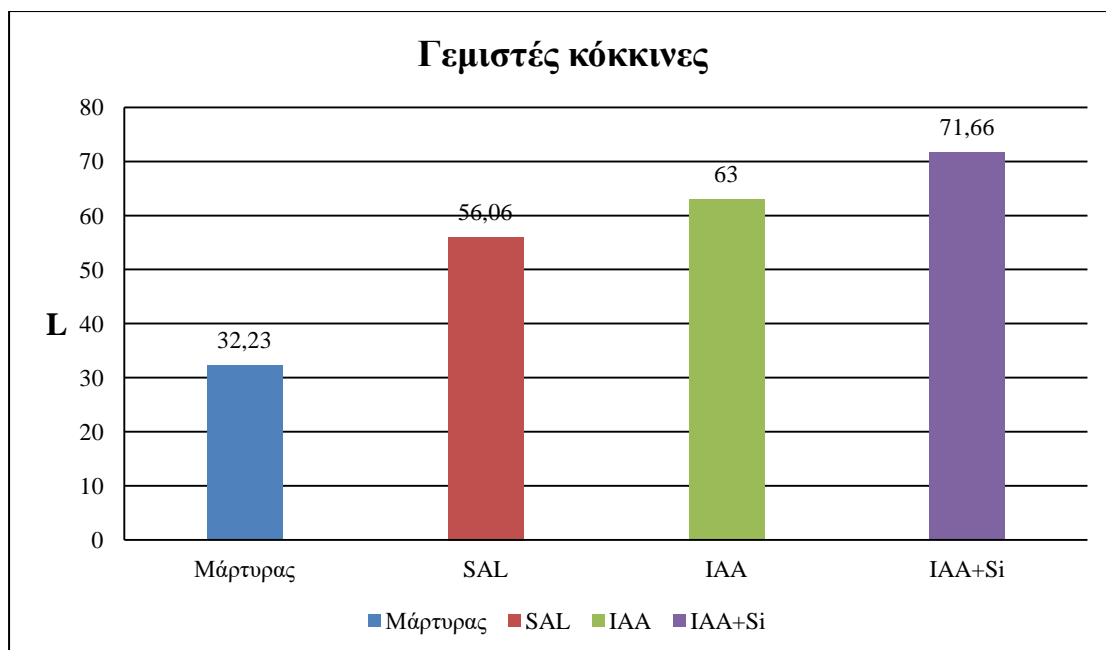
3.2.1 Επίδραση φυτοορμονών στις τρεις συντεταγμένες L*, a* και b*

Τα αποτελέσματα από την επίδραση των φυτοορμονών από τη μέτρηση των τριών συντεταγμένων L*, a* και b* παρουσιάζονται στα παρακάτω γραφήματα για τις δύο ποικιλίες φυτών.



Διάγραμμα 3.21: Επίδραση των φυτικών ορμονών στην ένταση (L) του χρώματος των καρπών της ποικιλίας Kaptur (Φλωρίνης).

Από τα παραπάνω αποτελέσματα, προκύπτει ότι η ένταση του χρώματος (L) επηρεάστηκε θετικά και στις τρεις μεταχειρίσεις, σε σχέση με το μάρτυρα. Ειδικότερα, παρατηρούμε ότι τόσο από την εφαρμογή του σαλικυλικού οξέος όσο και από αυτή της αυξίνης, η αύξηση ήταν παρόμοια, κατά 19,3% και 19,1%, αντίστοιχα. Ωστόσο, γίνεται αντιληπτό ότι η συνδυασμένη εφαρμογή αυξίνης και πυριτίου προκάλεσε πολύ πιο σημαντική αύξηση, κατά 112,6%.

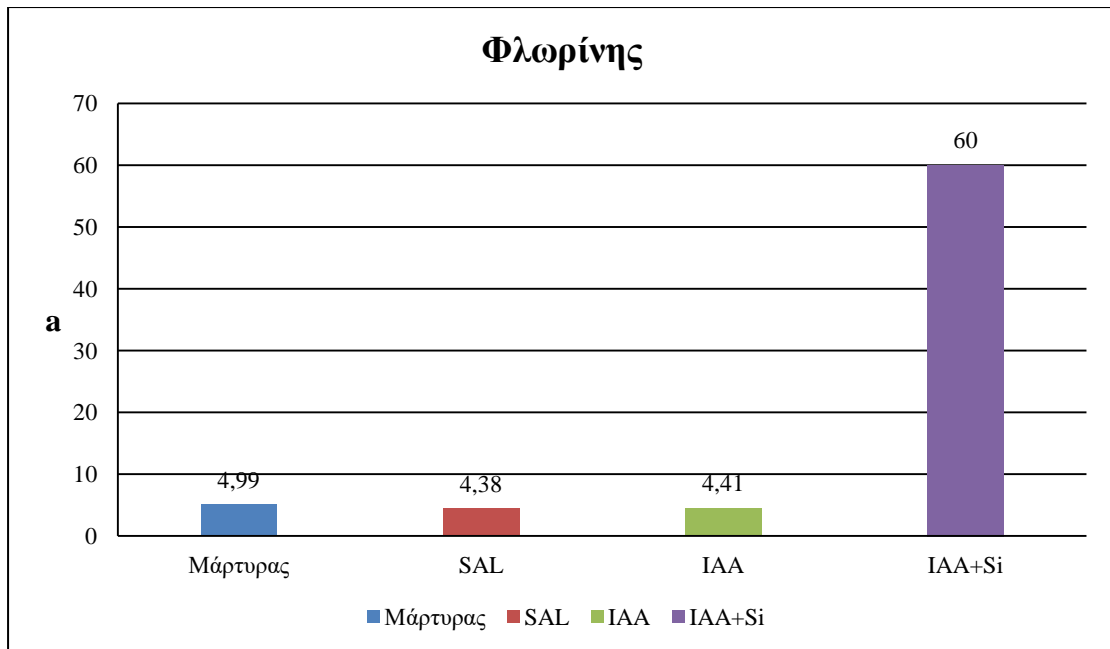


Διάγραμμα 3.22: Επίδραση των φυτικών ορμονών στην ένταση του χρώματος (L) των καρπών της ποικιλίας Ruby Star (Γεμιστή κόκκινη).

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα, διαπιστώνουμε σημαντική βελτίωση της έντασης του χρώματος (L) και στις τρεις μεταχειρίσεις, σε σχέση με το μάρτυρα. Συγκεκριμένα, παρατηρούμε ότι η αύξηση είναι ανοδική, ξεκινώντας από το σαλικυλικό οξύ, κατά 73,9%. Στη συνέχεια, η εφαρμογή της αυξίνης προκαλεί αύξηση της έντασης του χρώματος κατά 95,4%, ενώ, ο συνδυασμός αυξίνης και πυριτίου προκαλεί ακόμη μεγαλύτερη αύξηση, κατά 122,3%.

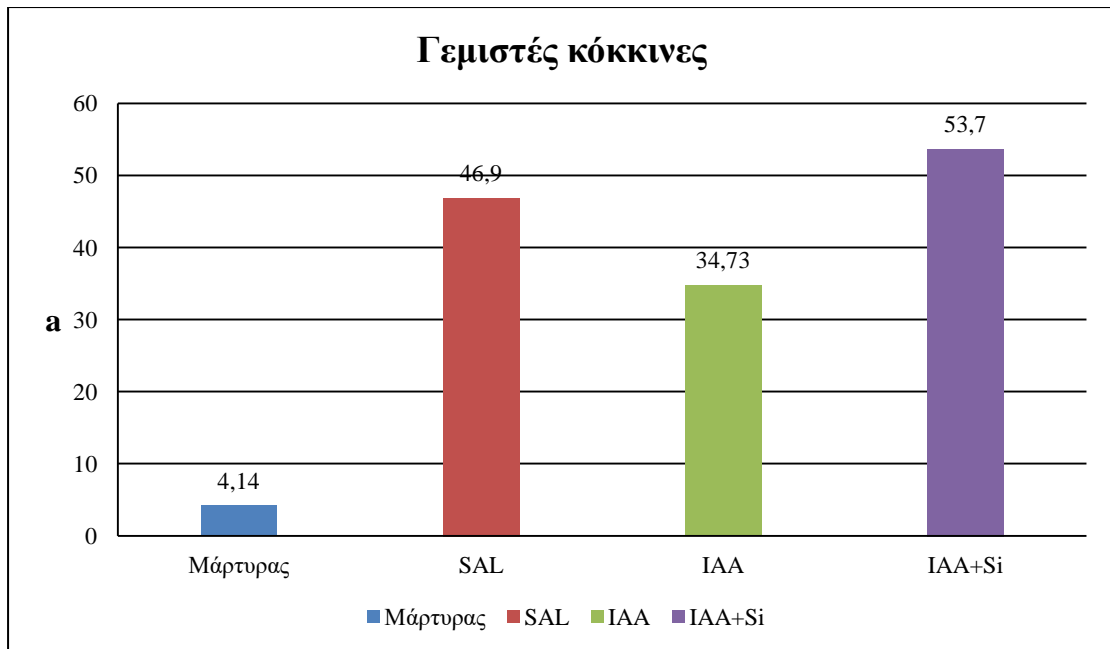
	L			
	Φλωρίνης		Γεμιστές	
Μάρτυρας	35,43	100%	32,23	100%
SAL	42,3	119,3%	56,06	173,9%
IAA	42,23	119,1%	63	195,4%
IAA+Si	75,33	212,6%	71,66	222,3%

Πίνακας 3.6: Εκατοστιαία έκφραση των αποτελεσμάτων από την δεύτερη μέτρηση της έντασης του χρώματος (L).



Διάγραμμα 3.23: Επίδραση φυτικών ορμονών στη μεταβολή του χρώματος από πράσινο σε κόκκινο (a) στην ποικιλία *Kartur* (Φλωρίνης).

Από τα παραπάνω αποτελέσματα, διακρίνουμε πολύ μεγάλη αύξηση στη μεταβολή του χρώματος από πράσινο σε κόκκινο (a) από την συνδυασμένη εφαρμογή αυξίνης και πυριτίου, σε σχέση με το μάρτυρα. Πιο συγκεκριμένα, η αύξηση αυτή είναι της τάξεως του 1.102,4%, ένα ποσοστό εξαιρετικά μεγάλο, συγκριτικά με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Η επίδραση του σαλικυλικού οξέος καθώς και της αυξίνης προκάλεσε ελάχιστη μείωση, κατά 12,3% και 11,7%, αντίστοιχα.

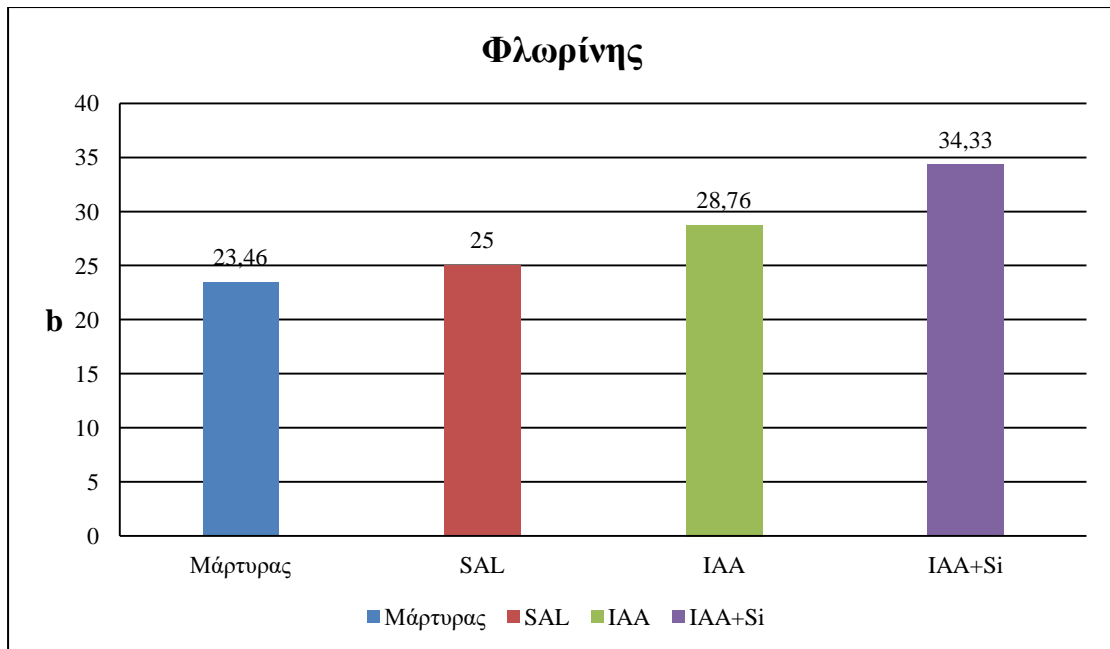


Διάγραμμα 3.24: Επίδραση φυτικών ορμονών στη μεταβολή του χρώματος από πράσινο σε κόκκινο (a) στην ποικιλία Ruby Star (Γεμιστή κόκκινη).

Βάση των παραπάνω μετρήσεων, προκύπτει ότι και στις τρεις μεταχειρίσεις η μεταβολή του χρώματος από πράσινο σε κόκκινο (a) αυξήθηκε εντυπωσιακά, σε σχέση με το μάρτυρα. Ειδικότερα, μεγαλύτερη αύξηση παρατηρήθηκε μετά από συνδυασμένη εφαρμογή αυξίνης και πυριτίου, κατά 1.197,1% και από την επίδραση σαλικυλικού οξέος, κατά 1.032,8%. Όσον αφορά, την εφαρμογή αυξίνης, προκύπτει εξίσου σημαντική αύξηση, κατά 738,8%.

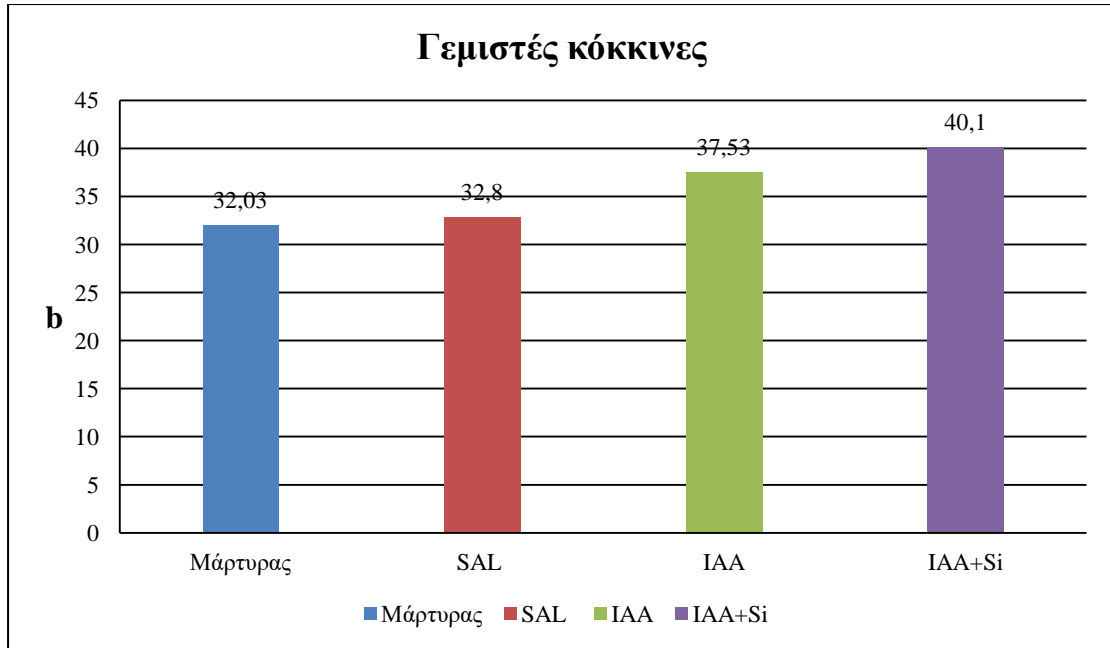
a				
	Φλωρίνης		Γεμιστές	
Μάρτυρας	4,99	100%	4,14	100%
SAL	4,38	87,7%	46,9	1.132,8%
IAA	4,41	88,3%	34,73	838,8%
IAA+Si	60	1.202,4%	53,7	1.297,1%

Πίνακας 3.7: Εκατοστιαία έκφραση των αποτελεσμάτων από την δεύτερη μέτρηση της μεταβολής του χρώματος από πράσινο σε κόκκινο (a).



Διάγραμμα 3.25: Επίδραση φυτικών ορμονών στη μεταβολή του χρώματος από μπλε σε κίτρινο (b) σε καρπούς πιπεριάς της ποικιλίας Kartur (Φλωρίνης).

Από τα παραπάνω αποτελέσματα, διακρίνουμε θετική επίδραση σε όλες τις μεταχειρίσεις στη μεταβολή του χρώματος από μπλε σε κίτρινο (b), σε σχέση με το μάρτυρα. Αναλυτικότερα, παρατηρήθηκε μεγαλύτερη αύξηση από την συνδυαστική εφαρμογή αυξίνης και πυριτίου, καθώς και από τη χρήση αυξίνης, κατά 46,3% και 22,5%, αντίστοιχα. Επιπλέον, διαπιστώνουμε ότι η χρήση σαλικυλικού οξέος προκάλεσε ελάχιστη αύξηση, κατά 6,5%.



Διάγραμμα 3.26: Επίδραση φυτικών ορμονών στη μεταβολή του χρώματος από μπλε σε κίτρινο (b) σε καρπούς πιπεριάς της ποικιλίας Ruby Star (Γεμιστή κόκκινη).

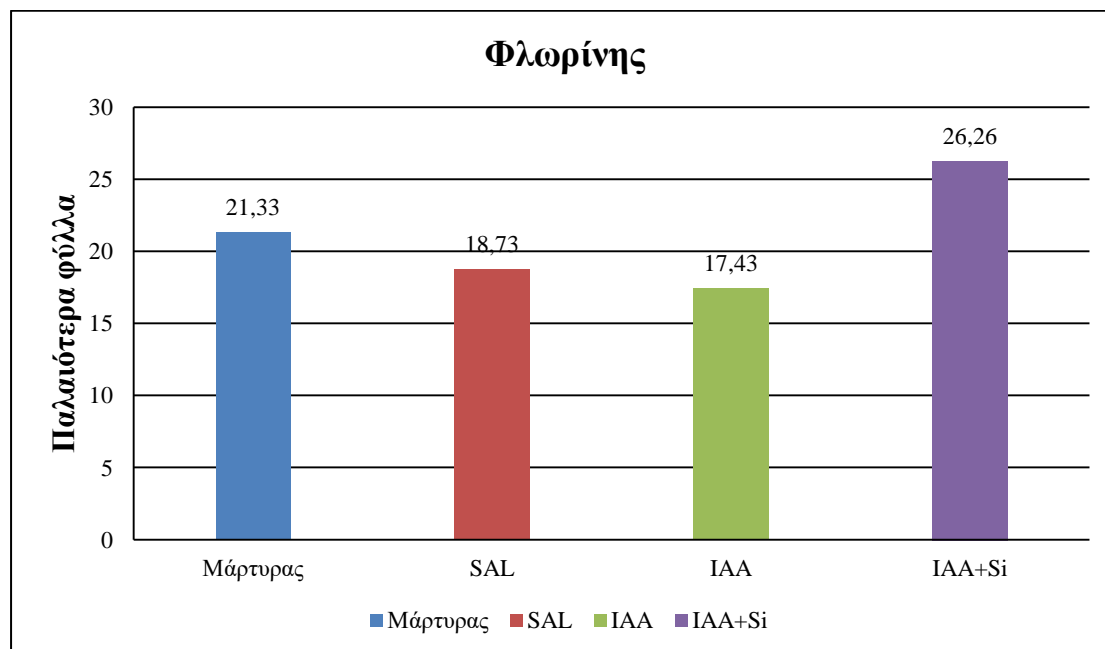
Από το παραπάνω διάγραμμα, γίνεται αντιληπτό ότι η μεταβολή του χρώματος από μπλε σε κίτρινο (b) επηρεάστηκε θετικά και στις τρεις μεταχειρίσεις, σε σχέση με το μάρτυρα. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε μεγαλύτερη αύξηση έπειτα από την συνδυασμένη εφαρμογή αυξίνης και πυριτίου, κατά 25,1%. Παρόμοια επίδραση προέκυψε από την εφαρμογή αυξίνης και σαλικυλικού οξέος, όπου η αύξηση είναι της τάξεως του 17,17% και 2,4%, αντίστοιχα.

b				
	Φλωρίνης		Γεμιστές	
Μάρτυρας	23,46	100%	32,03	100%
SAL	25	106,5%	32,8	102,4%
IAA	28,76	122,5%	37,53	117,17%
IAA+Si	34,33	146,3%	40,1	125,1%

Πίνακας 3.8: Εκατοστιαία έκφραση των αποτελεσμάτων από την δεύτερη μέτρηση της μεταβολής του χρώματος από μπλε σε κίτρινο (b).

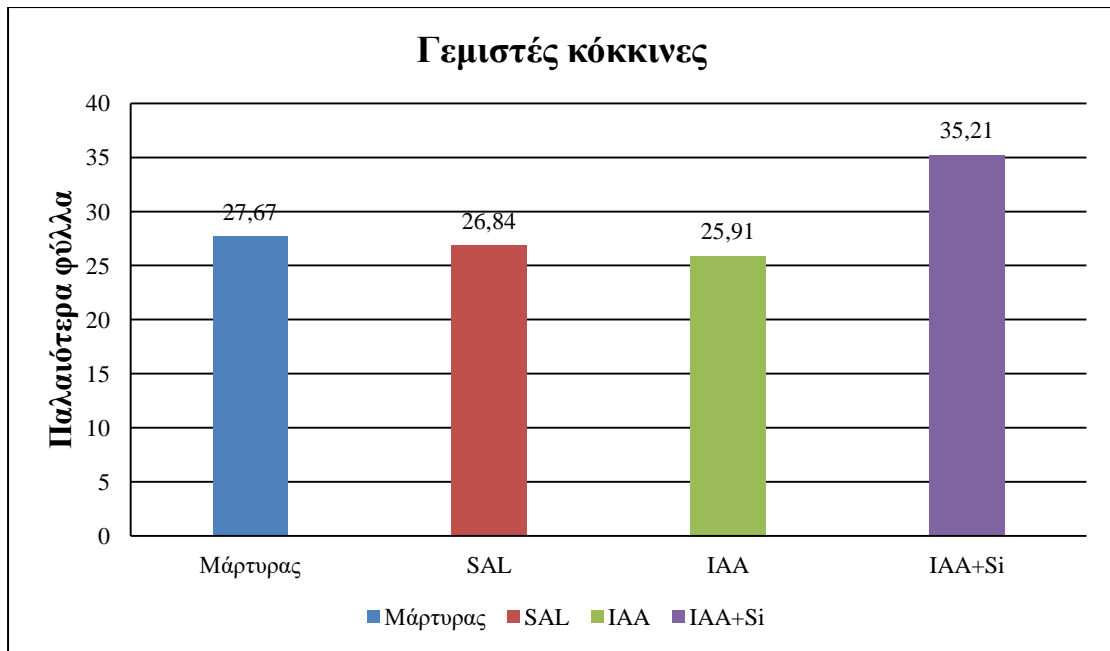
3.2.2 Επίδραση φυτοορμονών στη συγκέντρωση χλωροφύλλης στα φύλλα

Τα αποτελέσματα από την επίδραση των φυτοορμονών στα επίπεδα συγκέντρωσης χλωροφύλλης στα φύλλα παρουσιάζονται στα παρακάτω γραφήματα για τις δύο ποικιλίες φυτών.



Διάγραμμα 3.27: Επίδραση φυτικών ορμονών στην συγκέντρωση χλωροφύλλης στα παλαιότερα φύλλα των φυτών της ποικιλίας *Kartur* (Φλωρίνης).

Με βάση την ανάλυση των παραπάνω μετρήσεων, προκύπτει ότι ο συνδυασμός αυξίνης και πυριτίου αύξησε σημαντικά τα επίπεδα συγκέντρωσης χλωροφύλλης στα παλαιότερα φύλλα, σε σχέση με το μάρτυρα. Συγκεκριμένα, η αύξηση αυτή είναι της τάξεως του 23,1%. Από την άλλη πλευρά, παρατηρήθηκε αισθητή μείωση έπειτα από την εφαρμογή σαλικυλικού οξέος καθώς και αυξίνης, κατά 12,2% και 18,29%, αντίστοιχα.



Διάγραμμα 3.28: Επίδραση φυτικών ορμονών στην συγκέντρωση χλωροφύλλης στα παλαιότερα φύλλα των φυτών της ποικιλίας Ruby Star (Γεμιστή κόκκινη).

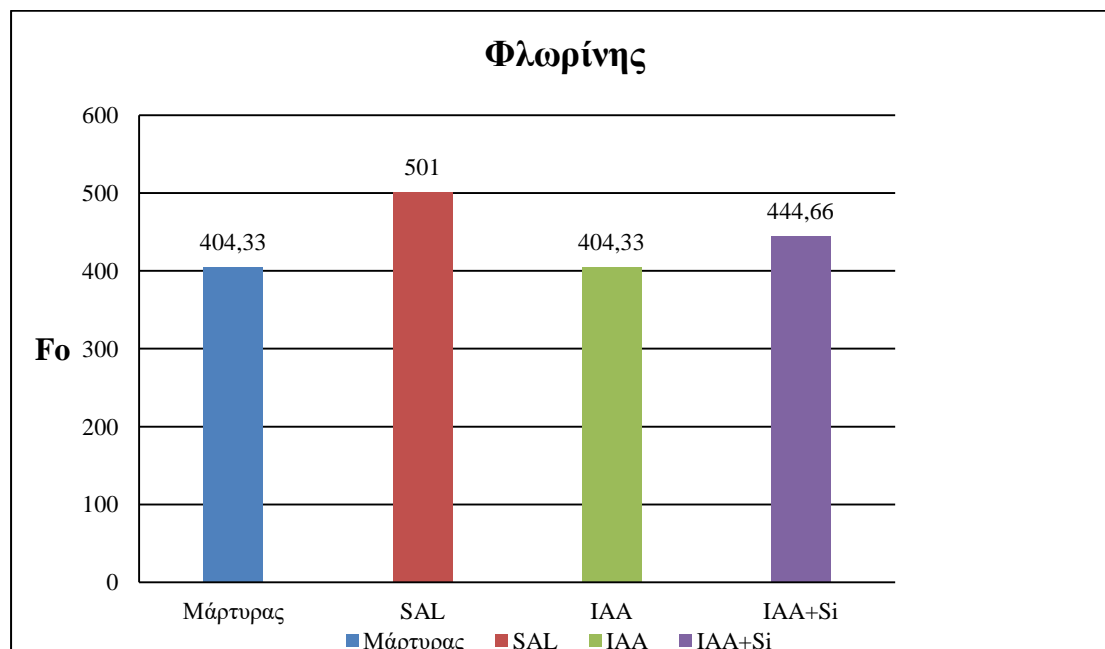
Από τις παραπάνω μετρήσεις, διαπιστώνουμε σημαντική αύξηση στα επίπεδα συγκέντρωσης χλωροφύλλης στα παλαιότερα φύλλα από την συνδυασμένη εφαρμογή αυξίνης και πυριτίου, σε σχέση με το μάρτυρα. Αναλυτικότερα, προκύπτει ότι η αύξηση αυτή είναι της τάξεως του 27,2%. Ωστόσο, διακρίνουμε μια μικρή μείωση από τη επίδραση σαλικυλικού οξέος και αυξίνης, κατά 3% και 6,37%, αντίστοιχα.

	Παλαιότερα φύλλα			
	Φλωρίνης		Γεμιστές	
Μάρτυρας	21,33	100%	27,67	100%
SAL	18,73	87,8%	26,84	97%
IAA	17,43	81,71%	25,91	93,63%
IAA+Si	26,26	123,1%	35,21	127,2%

Πίνακας 3.9: Εκατοστιαία έκφραση της συγκέντρωσης χλωροφύλλης από τα αποτελέσματα της δεύτερης ανάλυσης που πραγματοποιήθηκαν σε παλαιότερα φύλλα.

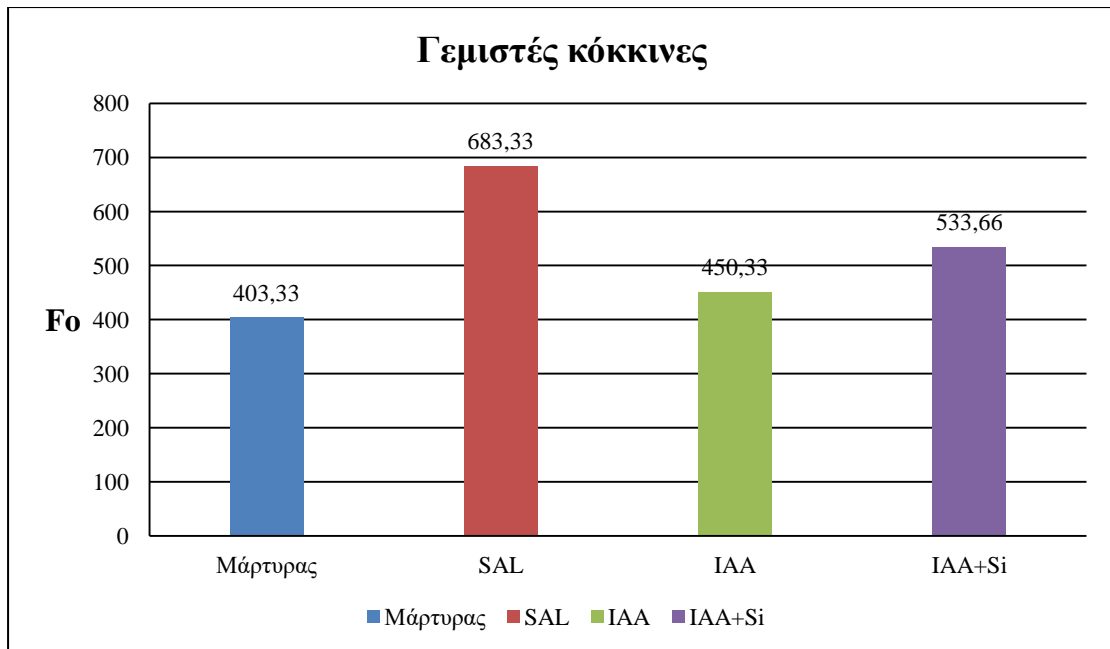
3.2.3 Επίδραση φυτοορμονών στο φθορισμό της χλωροφύλλης

Τα αποτελέσματα από την επίδραση των φυτοορμονών στη μέθοδο εκτίμησης της φωτοσυνθετικής κατάστασης των φυτών παρουσιάζονται στα παρακάτω γραφήματα για τις δύο ποικιλίες φυτών.



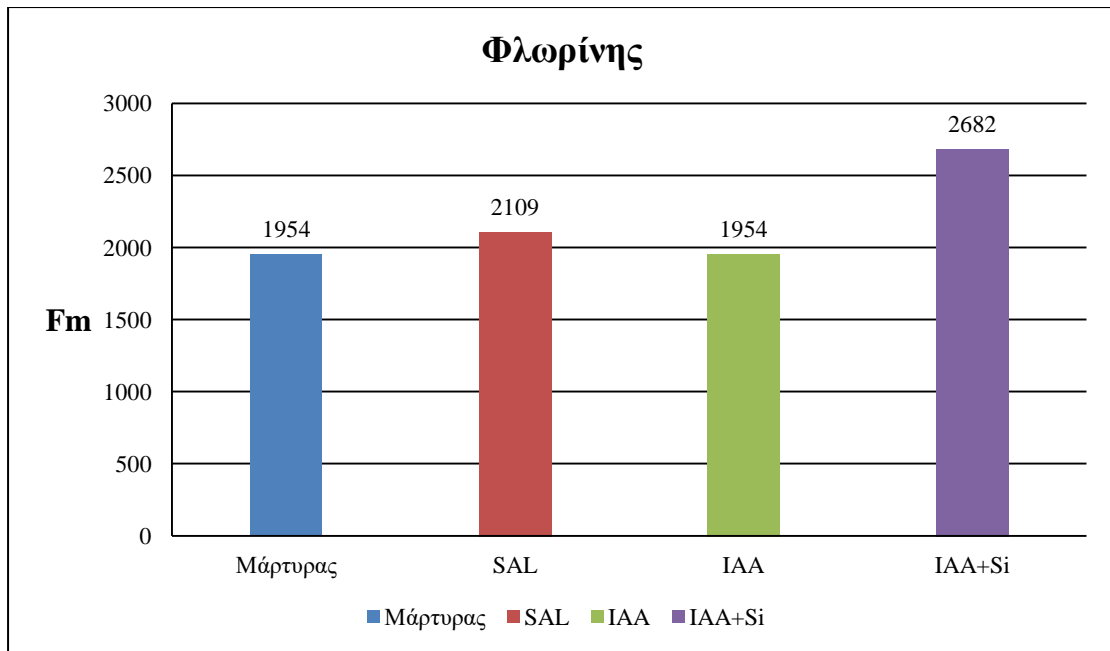
Διάγραμμα 3.29: Επίδραση των φυτικών ορμονών στον αρχικό φθορισμό (Fo) στα φυτά ποικιλίας *Kartur* (Φλωρίνης).

Βάση των παραπάνω αποτελεσμάτων, γίνεται αντιληπτή η θετική επίδραση του σαλικυλικού οξέος και του διαλύματος αυξίνης και πυριτίου στον αρχικό φθορισμό (Fo), καθώς η αύξηση αγγίζει το 23,9% και 9,9% αντίστοιχα. Αντίθετα, στην περίπτωση της αυξίνης, μπορούμε να διακρίνουμε ότι η επίδραση της είναι μηδενική καθώς δεν υπάρχει μεταβολή στο μέγεθος του αρχικού φθορισμού.



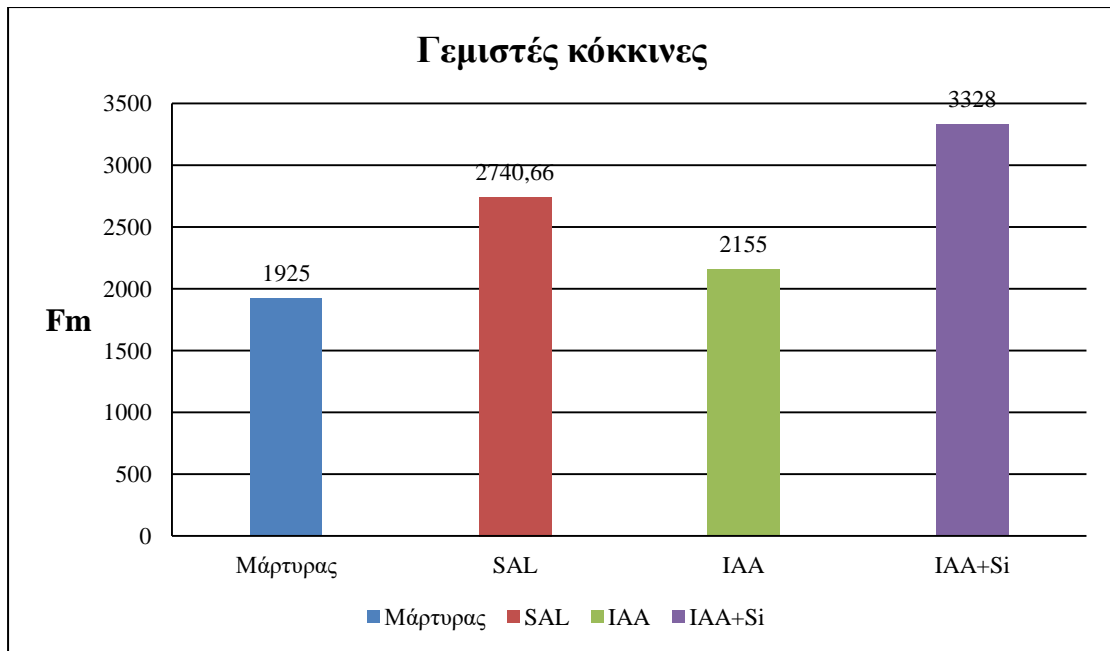
Διάγραμμα 3.30: Επίδραση των φυτικών ορμονών στον αρχικό φθορισμό (Fo) στα φυτά ποικιλίας Ruby Star (Γεμιστή κόκκινη).

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα, μπορούμε να αξιολογήσουμε ότι η επίδραση και των τριών φυτοορμονών έχει επιφέρει θετικά αποτελέσματα στον αρχικό φθορισμό (Fo). Συγκεκριμένα, τα ποσοστά αύξησης για το σαλικυλικό οξύ, την αυξίνη και την συνδυασμένη δράση αυξίνης και πυριτίου είναι 69,4%, 11,6% και 32,3%, αντίστοιχα.



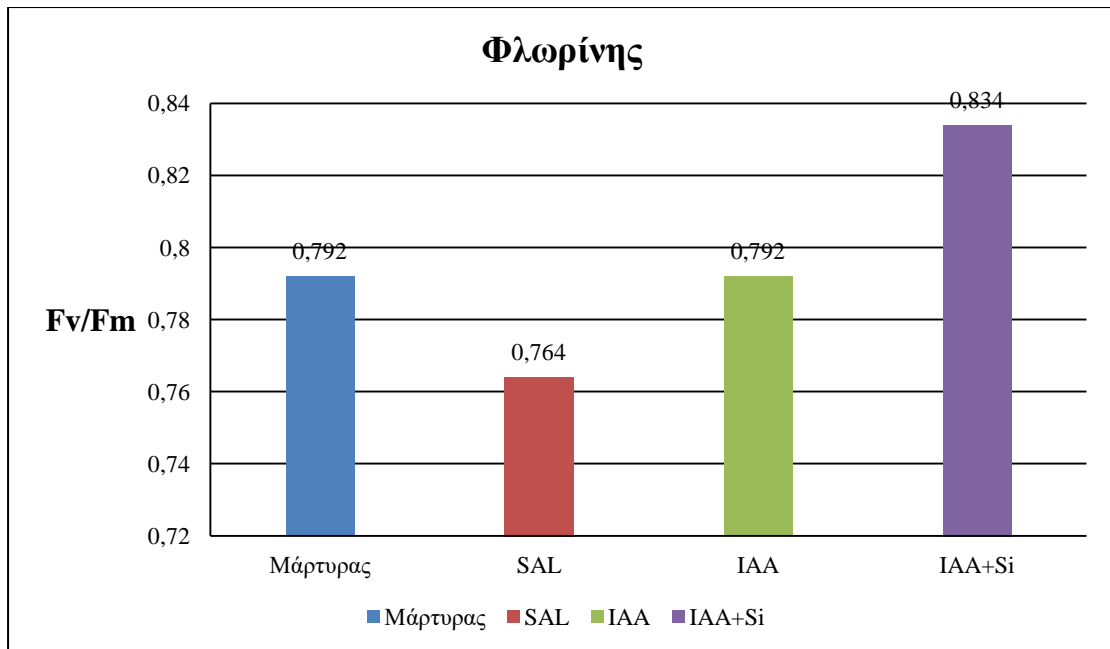
Διάγραμμα 3.31: Επίδραση των φυτικών ορμονών στον μέγιστο φθορισμό (Fm) στα φυτά ποικιλίας *Karitur* (Φλωρίνης).

Στο παραπάνω διάγραμμα μπορούμε να διακρίνουμε την θετική επίδραση του σαλικυλικού οξέος και της συνδυασμένης δράσης αυξίνης και πυριτίου στον μέγιστο αριθμό φθορισμού (Fm). Συγκεκριμένα, τα ποσοστά αύξησης αγγίζουν το 7,9% και 37,2% για κάθε περίπτωση αντίστοιχα. Τέλος, στην περίπτωση της αυξίνης γίνεται ευδιάκριτο ότι υπάρχει μηδενική επίδραση στον μέγιστο φθορισμό, καθώς δεν υπάρχει καμία μεταβολή.



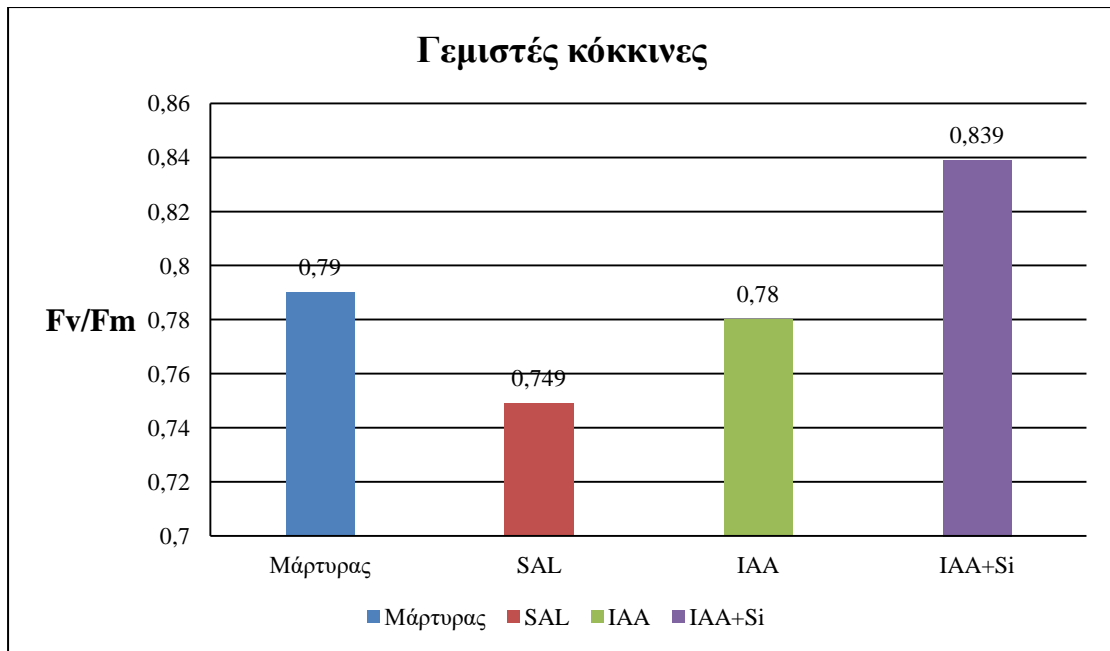
Διάγραμμα 3.32: Επίδραση των φυτικών ορμονών στον μέγιστο φθορισμό (Fm) στα φυτό ποικιλίας Ruby Star (Γεμιστή κόκκινη).

Ο μέγιστος αριθμός φθορισμού (Fm), με βάση το παραπάνω διάγραμμα, φαίνεται να επηρεάζεται θετικά και από τις τρεις επεμβάσεις φυτοορμονών. Συγκεκριμένα, το ποσοστό αύξησης στην περίπτωση του σαλικυλικού οξέος αγγίζει το 42,3%, στην περίπτωση της αυξίνης το 11,9% και στην περίπτωση της συνδυασμένης δράσης αυξίνης και πυριτίου αγγίζει το 72,8%.



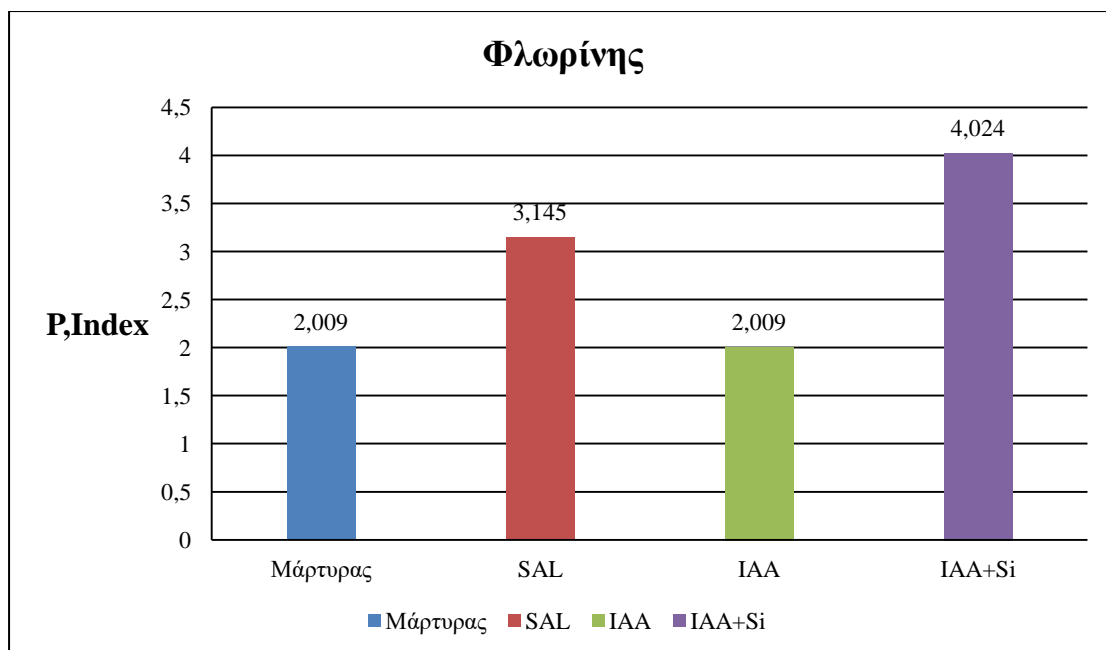
Διάγραμμα 3.33: Επίδραση των φυτικών ορμονών στη μέγιστη φωτοχημική απόδοση (Fv/Fm) στα φυτά ποικιλίας Kartur (Φλωρίνης).

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα, μπορούμε να διακρίνουμε ότι υπάρχει μείωση στη μέγιστη φωτοχημική απόδοση (Fv/Fm) στην περίπτωση του σαλικυλικού οξέος κατά 3,54%. Επιπλέον, υπάρχει αύξηση στην περίπτωση της συστηματικής δράσης αυξίνης και πυριτίου, κατά 5,3%. Τέλος, καμία αντίδραση δεν παρατηρείται στην περίπτωση της αυξίνης.



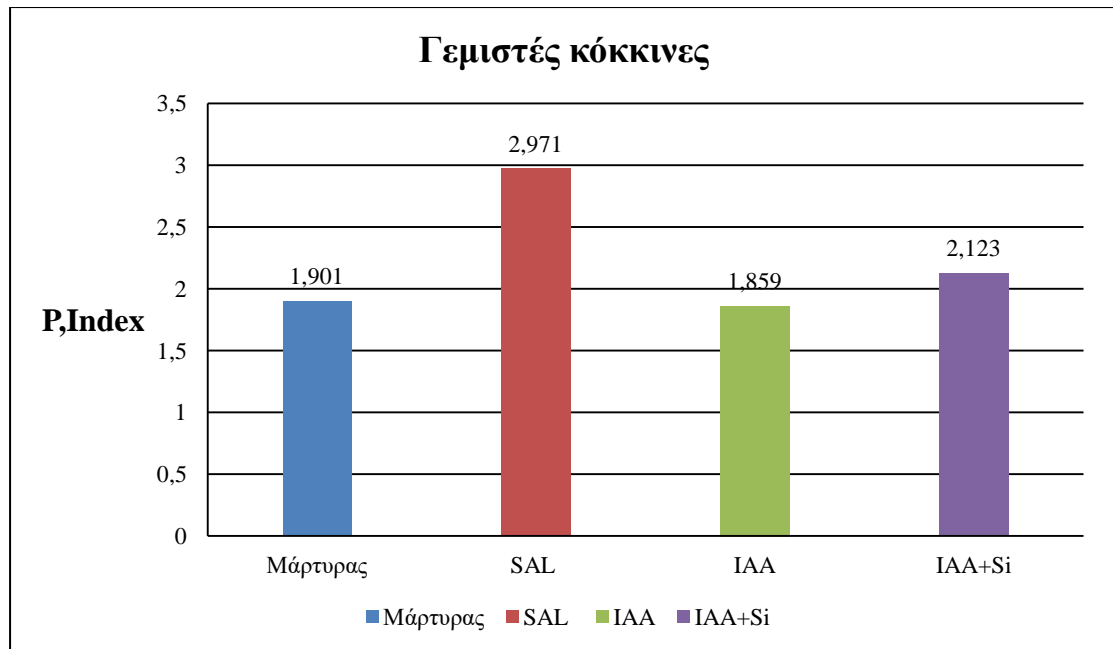
Διάγραμμα 3.34: Επίδραση των φυτικών ορμονών στη μέγιστη φωτοχημική απόδοση (F_v/F_m) στα φυτά ποικιλίας Ruby Star (Γεμιστή κόκκινη).

Βάση των παραπάνω αποτελεσμάτων, γίνεται αντιληπτό ότι στην περίπτωση της συνδυασμένης δράσης αυξίνης και πυριτίου υπάρχει αύξηση κατά 6,20% της μέγιστης φωτοχημικής απόδοσης (F_v/F_m). Αντίθετα, μείωση κατά 5,2% και 1,27% παρατηρείται στις περιπτώσεις επέμβασης με σαλικυλικό οξύ και αυξίνη, αντίστοιχα.



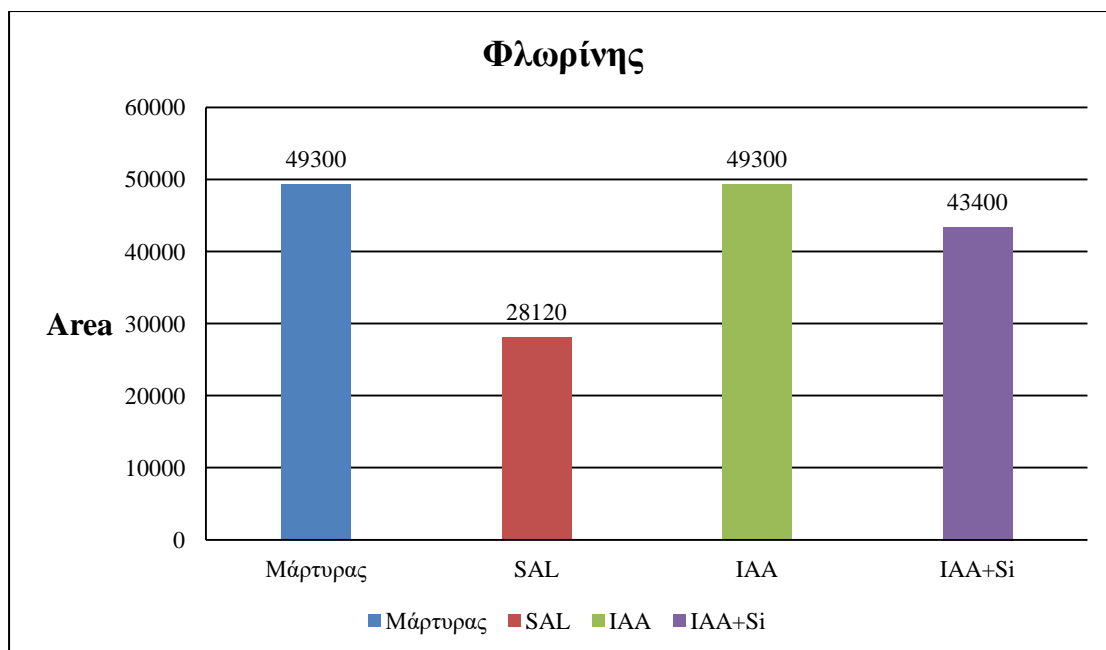
Διάγραμμα 3.35: Επίδραση των φυτικών ορμονών στη φωτοσυνθετική ικανότητα (P, Index) στα φυτά ποικιλίας Kartur (Φλωρίνης).

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα μπορούμε να διακρίνουμε την θετική επίδραση του σαλικυλικού οξέος και της συνδυασμένης δράσης αυξίνης και πυριτίου στη φωτοσυνθετική ικανότητα (P, Index) των φυτών πιπεριάς φλωρίνης. Συγκεκριμένα, η φωτοσυνθετική ικανότητα αυξήθηκε κατά 56,5% και 100,2% στις περιπτώσεις ψεκασμού με σαλικυλικό οξύ και διάλυμα αυξίνης και πυριτίου, ενώ στην περίπτωση επέμβασης με αυξίνη δεν παρατηρήθηκε καμία μεταβολή στη φωτοσυνθετική ικανότητα.



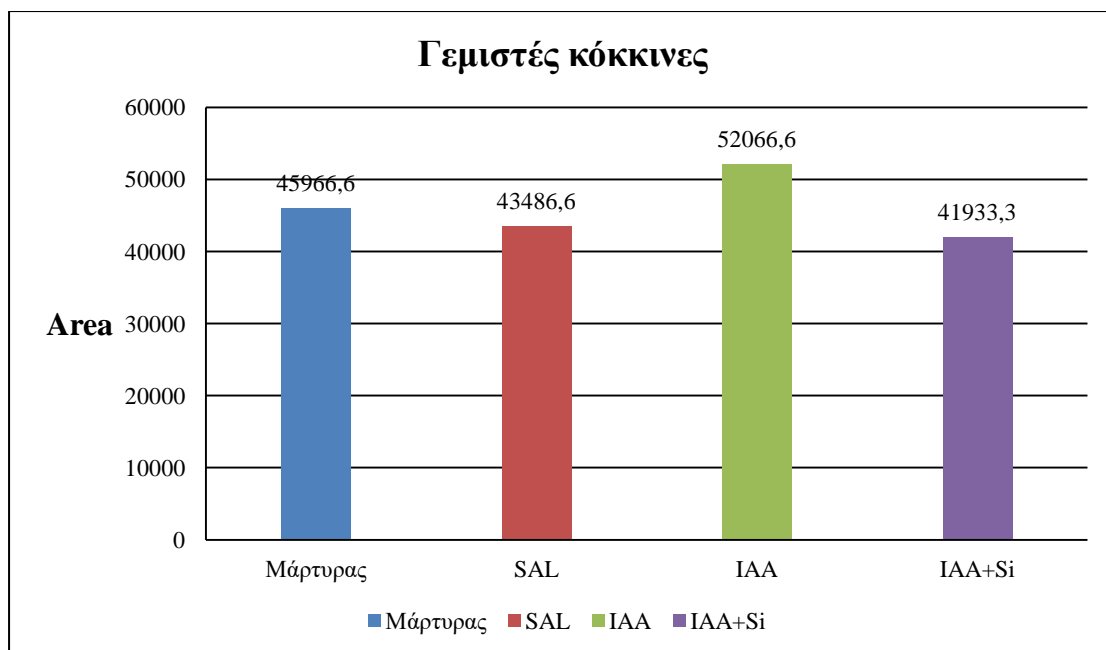
Διάγραμμα 3.36: Επίδραση των φυτικών ορμονών στη φωτοσυνθετική ικανότητα (P,Index) στα φυτά ποικιλίας Ruby Star (Γεμιστή κόκκινη).

Στο παραπάνω διάγραμμα, μπορούμε να διακρίνουμε την μικρή μείωση στην φωτοσυνθετική ικανότητα (P,Index) στα φυτά όπου έγινε επέμβαση με αυξίνη και η μείωση αυτή αγγίζει το 2,3%. Αντίθετα, στις περιπτώσεις ψεκασμού με σαλικυλικό οξύ και διάλυμα αυξίνης και πυριτίου, έχουμε αύξηση της φωτοσυνθετικής ικανότητας (P,Index) κατά 56,2% και 11,6%, αντίστοιχα.



Διάγραμμα 3.37: Επίδραση των φυτικών ορμονών στο δείκτη φυλλικής επιφάνειας (Area) στα φυτά ποικιλίας *Kartur* (Φλωρίνης).

Με βάση το παραπάνω διάγραμμα, μπορούμε να διακρίνουμε ότι η αυξίνη δεν επιφέρει καμία μεταβολή στον δείκτη φυλλικής επιφάνειας (Area). Αντίθετα, η δράση του σαλικυλικού οξέος, καθώς και της συνδυασμένης δράσης αυξίνης και πυριτίου μειώνει τον δείκτη φυλλικής επιφάνειας κατά 43% και 12%, αντίστοιχα.



Διάγραμμα 3.38: Επίδραση των φυτικών ορμονών στο δείκτη φυλλικής επιφάνειας (Area) στα φυτά ποικιλίας Ruby Star (Γεμιστή κόκκινη).

Βάση των παραπάνω αποτελεσμάτων μπορούμε να διακρίνουμε ότι μικρή μείωση κατά 5,4% και 8,8% στο δείκτη φυλλικής επιφάνειας (Area) υπάρχει στην περίπτωση δράσης σαλικυλικού οξέος και συνδυασμένης δράσης αυξίνης και πυριτίου, αντίστοιχα. Αντιθέτως, αύξηση στο δείκτη φυλλικής επιφάνειας υπάρχει στην περίπτωση επέμβασης με αυξίνη, κατά 113,27%.

	F _o				F _m				F _v /F _m			
	Φ*		Γ*		Φ*		Γ*		Φ*		Γ*	
Μάρτυρας	556,5	100%	539	100%	2.620,50	100%	2.474,50	100%	0,7965	100%	0,782	100%
SAL	521,5	93,79%	533,5	98,97%	2.578	98,37%	2.356,50	95,21%	0,7975	100,12%	0,7	89,51%
IAA	567	101,88%	562,5	104,35%	2.481	94,67%	2.533	102,36%	0,7715	96,86%	0,77	98,46%
IAA+Si	504,5	90,65%	450,5	83%	2.467,50	93,93%	2.434,50	98,38%	0,8	100,43%	0,8215	105,05%

Πίνακας 3.10.1: Εκατοστιαία έκφραση των αποτελεσμάτων από την επίδραση των φυτοορμονών στη πρώτη μέτρηση της φωτοσυνθετικής κατάστασης των φυτών. *Φ: Φλωρίνης, *Γ: Γεμιστές

	P,Index				Area			
	Φ*		Γ*		Φ*		Γ*	
Μάρτυρας	2,15	100%	2,05	100%	10.650	100%	21.900	100%
SAL	1,6	74,41%	1,21	59,02%	18.700	175,58%	16.900	77,16%
IAA	1,065	49,53%	0,934	45,56%	12.600	118,30%	12.900	58,90%
IAA+Si	1,945	90,46%	2,435	118,78%	18.900	177,46%	20.100	91,7%

Πίνακας 3.10.2: Εκατοστιαία έκφραση των αποτελεσμάτων από την επίδραση των φυτοορμονών στη πρώτη μέτρηση της φωτοσυνθετικής κατάστασης των φυτών. *Φ: Φλωρίνης, *Γ: Γεμιστές

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

4.1 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην εργασία αυτή μελετήθηκε η επίδραση δύο φυτοορμονών, καθώς και η συνδυασμένη δράση μιας φυτικής ορμόνης και ενός ιχνοστοιχείου, σε θερμοκηπιακή καλλιέργεια δυο ποικιλιών πιπεριάς. Συγκεκριμένα, για την διεξαγωγή του πειράματος, χρησιμοποιήθηκαν οι εξής φυτοορμόνες στις συγκεκριμένες συγκεντρώσεις: α) αυξίνης (2,5 μ mol), β) σαλικυλικό οξύ (1 μ mol) και γ) ο συνδυασμός αυξίνης και πυριτίου (3 μ mol). Επιπρόσθετα, οι ποικιλίες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι πιπεριές τύπου Φλωρίνης (Kaptur) και τύπου Γεμιστής κόκκινης (Ruby Star), καθώς μελετήθηκε η επίδραση των συγκεκριμένων ορμονών σε διάφορα φυσιολογικά χαρακτηριστικά των φυτών (μέτρηση χλωροφύλλης σε νεότερα και παλαιότερα φύλλα, προσδιορισμός των παραμέτρων L^* , a^* και b^* και μέτρηση φθορισμού).

Η ένταση του χρώματος (L), των καρπών πιπεριάς, φαίνεται να επηρεάστηκε θετικά, μετά τον ψεκασμό με IAA, ιδιαίτερα στην ποικιλία Ruby Star, καθώς έδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα. Αξίζει να σημειωθεί πως το Si στη συνδυασμένη του μορφή (IAA+Si), βελτίωσε τη δράση της IAA και έδωσε καλύτερα αποτελέσματα και στις δυο ποικιλίες (Kaptur, Ruby Star).

Στη μεταβολή του χρώματος από πράσινο σε κόκκινο (a), μπορούμε να διακρίνουμε στην ποικιλία Kaptur, στην πρώτη ανάλυση, σημαντική μείωση στην επέμβαση με IAA. Αντίθετα, με την συνδυασμένη δράση IAA+Si παρατηρείται αύξηση της μεταβολής a των δύο ποικιλιών και στις δυο αναλύσεις, καθώς με την χρήση Si βελτιώθηκε η δράση της αυξίνης.

Στη μεταβολή του χρώματος από μπλε σε κίτρινο (b) κατά την πρώτη ανάλυση, παρατηρείται σημαντική θετική επίδραση της IAA, στην ποικιλία Ruby Star. Επιπλέον, στη δεύτερη ανάλυση, παρατηρήθηκαν παρόμοια αποτελέσματα και στις δυο ποικιλίες, με την IAA να επιδρά θετικά στο b και το Si να βελτιώνει τη δράση της IAA (IAA+Si).

Σύμφωνα με τη μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε φυτά αγγουριάς (Giannakoula, et al., 2019), προκύπτει ότι η εφαρμογή GA₄+GA₇ επηρέασε θετικά την ένταση του χρώματος (L), αντίστοιχα με τη δράση της IAA στη δική μας μελέτη. Επιπλέον, από την ίδια βιβλιογραφική αναφορά, διαπιστώνουμε τη θετική επίδραση των παραμέτρων a^* (μεταβολή του χρώματος από πράσινο σε κόκκινο) και b^* (μεταβολή του χρώματος από μπλε σε κίτρινο) από την εφαρμογή GA₄+GA₇, συνεπώς υπάρχει συμφωνία με τη δράση της IAA στο δείκτη b^* .

Η συγκέντρωση χλωροφύλλης στα νεότερα φύλλα, και στις δυο ποικιλίες επηρεάστηκε αρνητικά από την εφαρμογή IAA, καθώς μας έδωσε μειωμένα αποτελέσματα σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Μειωμένα αποτελέσματα είχαμε και στην περίπτωση ψεκασμού με SAL, όμως οι τιμές φάνηκαν να είναι υψηλότερες από εκείνες της IAA. Σημαντικό ρόλο φαίνεται να έχει ο συνδυασμός IAA+Si, καθώς με τη χρήση Si η δράση της IAA ανακάμπτει και μας δίνει καλύτερα αποτελέσματα.

Στα παλαιότερα φύλλα η συγκέντρωση χλωροφύλλης έδειξε αντίδραση στις φυτοορμόνες, όμοια με εκείνη στα νεότερα φύλλα. Και σε αυτή την περίπτωση η δράση του Si ήταν εξίσου σημαντική, βελτιώνοντας τα αποτελέσματα της IAA.

Στις παρακάτω μελέτες τα αποτελέσματα ποικίλουν, όσον αφορά τη δράση του SAL στη συγκέντρωση χλωροφύλλης. Συγκεκριμένα, με την αύξηση της συγκέντρωσης του εφαρμοζόμενου σαλικυλικού οξέος (SAL), η περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη μειώθηκε σημαντικά, τόσο στα σπορόφυτα σίτου, όσο και στα moong (ποικιλία φασολιού) (Moharekar et al., 2003). Αντίθετα, στα εσπεριδοειδή η εφαρμογή SAL, προκάλεσε αύξηση της περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη, σε συνθήκες αλατότητας (D. Khoshbakht and M. R. Asgharei, 2015). Επιπλέον, η παραπάνω μελέτη και αυτή που αφορά φυτά αγγουριάς (Yildirim et al., 2008), δείχνουν ότι οι δυσμενείς επιδράσεις της αλατότητας μπορούν να μετριασθούν με εφαρμογή SAL. Όσον αφορά την επίδραση του Si μελέτη έδειξε ότι η εφαρμογή Si, σε καλλιέργεια σίτου βελτίωσε τις παραμέτρους ανάπτυξης των φυτών και τη συγκέντρωση χρωστικής χλωροφύλλης κάτω από το έλλειμμα νερού (Maghsoudi et al., 2015).

Για να εκτιμήσουμε τη φωτοσυνθετική κατάσταση των δυο ποικιλιών μετά την επίδραση των φυτοορμονών, μετρήσαμε Fo (αρχικό φθορισμό), Fm (μέγιστο φθορισμό), Fv/Fm (μέγιστη φωτοχημική απόδοση), Area (δείκτης φυλλικής επιφάνειας) και P,Index (φωτοσυνθετική ικανότητα).

Κατά τη μέτρηση του Fo, όπου η αύξηση του συνεπάγεται στρες ή πιθανότητα βλάβης στο φωτοσύστημα II, παρατηρούμε αύξηση των τιμών της αυξίνης στην πρώτη μέτρηση και αύξηση του SAL στη δεύτερη. Επαναφορά των τιμών στα φυσιολογικά επίπεδα παρατηρείται στην περίπτωση συνδυασμένης δράσης IAA+Si επιβεβαιώνοντας τη παραδοχή ότι η δράση του Si αυξάνει την αντοχή του φυτού σε αβιοτικές καταπονήσεις, όπως ξηρασία και αλατότητα.

Οι μελέτες έδειξαν, ότι η εξωγενής εφαρμογή SAL και Si σε φύλλα μείωσε τον αρχικό φθορισμό (Fo) σε φυτά φασολιάς, σε συνθήκες αλατότητας (K. Ghassemi-Golezani and R. Lotfi, 2015), ενώ μόνο η χρήση SAL είχε μικρή επίδραση στον αρχικό φθορισμό σε φυτά αγγουριάς (Sun et al., 2006), όμοια με τη δική μας μελέτη. Επιπλέον κοινά σημεία παρατηρούμε σε άλλη βιβλιογραφική αναφορά, όπου ο αρχικός φθορισμός αυξήθηκε από την εφαρμογή SAL σε φυτά αγγουριάς (Xu et al., 2010). Τέλος, σύμφωνα με άλλη μελέτη, και αντίθετα με τη δική μας, η εφαρμογή Si σε φύλλα, σε συνθήκες έλλειψης νερού αύξησαν τον αρχικό φθορισμό σε καλλιέργεια σίτου (Maghsoudi et al., 2015).

Κατά την μέτρηση του μέγιστου φθορισμού Fm, στη πρώτη ανάλυση, διαπιστώσαμε πτωτική τάση σε όλες τις μεταχειρίσεις με εξαίρεση να αποτελεί η περίπτωση της IAA στην ποικιλία Ruby Star, που επηρέασε θετικά τον Fm. Κατά τη δεύτερη μέτρηση θετική επίδραση παρουσιάζει η επέμβαση με SAL μόνο στη περίπτωση ψεκασμού της σε φυτά της ποικιλίας Ruby Star. Και στις δυο ποικιλίες παρατηρήθηκε ότι η συνδυασμένη δράση IAA+Si βελτίωσε τα αποτελέσματα αισθητά.

Στις βιβλιογραφικές αναφορές, η εφαρμογή SAL βελτίωσε το μέγιστο φθορισμό (Fm) σε φυτά φασολιάς, σε συνθήκες αλατότητας (K. Ghassemi-Golezani and R.

Lotfi, 2015), επομένως παρατηρείται συμφωνία στα αποτελέσματα μόνο στην περίπτωση της δεύτερης μέτρησης. Τα αποτελέσματα άλλης μελέτης έδειξαν ότι η χρήση SAL μείωσε το μέγιστο φθορισμό σε φυτά αγγουριάς (Sun et al., 2006), όπως συμβαίνει στην πρώτη μέτρηση της μελέτης μας. Αντίστοιχα, η εφαρμογή Si, κάτω από έλλειψη νερού, προκάλεσε αύξηση στο μέγιστο φθορισμό, στο σιτάρι (Maghsoudi et al., 2015), παρόμοια με τη δική μας περίπτωση.

Στη διαδικασία μέτρησης της φωτοχημικής απόδοσης Fv/Fm, διαπιστώνουμε ότι και στις δυο μετρήσεις η συνδυασμένη εφαρμογή IAA+Si προκάλεσε τα υψηλότερα αποτελέσματα, επομένως το Si επέδρασε θετικά στη δράση της IAA. Σε όλες τις περιπτώσεις παρατηρούνται μειωμένα αποτελέσματα (κοντά στον μάρτυρα) από την επίδραση SAL και IAA. Εξαιρέση αποτελεί η ποικιλία Kaptur κατά την πρώτη ανάλυση, καθώς προκύπτει μικρή αύξηση στην περίπτωση επέμβασης με SAL.

Οι μελέτες που αφορούν τη μέτρηση της φωτοχημικής απόδοσης (Fv/Fm) δίνουν ποικίλα αποτελέσματα. Ενώ, από την εφαρμογή SAL βρέθηκε ότι βελτιώνεται η φωτοχημική απόδοση σε φυτά φασολιάς (K. Ghassemi-Golezani and R. Lotfi, 2015) και σε φυτά αγγουριάς (D. Khoshbakht M. R. Asgharei, 2015) σε συνθήκες αλατότητας. Άλλη μελέτη έδειξε ότι η εξωγενής χρήση IBA δεν επηρέασε την φωτοχημική απόδοση στο Κινέζικο δέντρο *Camptotheca acuminata* (Stephen J. Trueman and Donna M. Richardson, 2011). Σε άλλες βιβλιογραφικές αναφορές, προκύπτει μείωση της φωτοχημικής απόδοσης από τη χρήση SAL σε φυτά αγγουριάς (Sun et al., 2006) και (Xu et al., 2010), όπως επιβεβαιώνεται και στη δική μας μελέτη. Ακόμη, η εφαρμογή Si, κάτω από έλλειψη νερού, αύξησε τη φωτοχημική απόδοση, σε καλλιέργεια σιταριού (Maghsoudi et al., 2015), όπως διαπιστώνουμε στις ποικιλίες Kaptur και Ruby Star.

Κατά τη πρώτη μέτρηση της φωτοσυνθετικής ικανότητας P,Index, διαπιστώσαμε μειωμένα αποτελέσματα στην περίπτωση SAL και IAA, ενώ με τη χρήση Si στη συνδυασμένη δράση IAA+Si, η IAA φαίνεται να ανακάμπτει και τα αποτελέσματα αυξάνονται. Αντίθετα, στη δεύτερη ανάλυση προκύπτει θετική επίδραση από την εφαρμογή SAL και στις δύο ποικιλίες, ενώ μόνο στην ποικιλία Kaptur το Si φαίνεται να επιδρά θετικά στη δράση της IAA.

Επιπλέον, στη μέτρηση του δείκτη φυλλικής επιφάνειας (Area), στην πρώτη μέτρηση και στην ποικιλία Kaptur προκύπτει σημαντική αύξηση στην επέμβαση με SAL. Από την άλλη μεριά, στη ποικιλία Ruby Star, αρνητική φαίνεται να είναι η επίδραση και του SAL και της IAA. Και στις δύο περιπτώσεις το Si στη συνδυασμένη του εφαρμογή (IAA+Si) βοήθησε την IAA να ανακάμψει και να ξεπεράσει την τιμή του SAL. Κατά τη δεύτερη μέτρηση παρατηρούμε μειωμένα αποτελέσματα σε όλες τις επεμβάσεις και ιδιαίτερα στη περίπτωση του SAL στην ποικιλία Kaptur, η μείωση αγγίζει το 50% της φυλλικής επιφάνειας. Αντίθετα, στην ποικιλία Ruby Star αύξηση φαίνεται να υπάρχει κατά την επίδραση της IAA.

Με βάση τη μελέτη (K. Ghassemi-Golezani and R. Lotfi, 2015), όπου πραγματοποιήθηκε σε φυτά φασολιάς μπορούμε να διακρίνουμε θετική επιρροή του Si στον δείκτη φυλλικής επιφάνειας, όπως παρατηρείται και στην πρώτη ανάλυση του πειράματος μας.

4.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Για τη διεξαγωγή του συγκεκριμένου πειράματος, χρησιμοποιήθηκαν δυο ποικιλίες πιπεριάς, η ποικιλία τύπου Φλωρίνης (Kaptur) και η ποικιλία Γεμιστή κόκκινη (Ruby Star). Κατά τη διάρκεια της παραμονής τους στο θερμοκήπιο δέχθηκαν τρεις ψεκασμούς με IAA, SAL και IAA+Si, καθώς αξίζει να τονίσουμε την έκθεση τους σε αβιοτικές καταπονήσεις (ξηρασία, αλατότητα).

Με βάση την μέτρηση που πραγματοποιήθηκε στο χρωματόμετρο στον δείκτη L, που δείχνει την ένταση του χρώματος σε καρπούς πιπεριάς, φαίνεται να επηρεάστηκε θετικά, μετά τον ψεκασμό με IAA, καθώς έδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα. Αξίζει να σημειωθεί πως το Si στη συνδυασμένη του μορφή (IAA+Si), βελτίωσε τη δράση της IAA και έδωσε καλύτερα αποτελέσματα και στις δυο ποικιλίες (Kaptur, Ruby Star).

Κατά τη μέτρηση των επιπέδων χλωροφύλλης σε νεότερα και σε παλαιότερα φύλλα διαπιστώθηκε πως η δράση του SAL και της IAA δεν επηρέασε θετικά τα φυτά πιπεριάς. Σημαντική ήταν η δράση του Si στη συνδυασμένη του μορφή (IAA+Si), καθώς βοήθησε την IAA να ανακάμψει.

Στη μέτρηση φθορισμού χλωροφύλλης ο δείκτης που μας απασχόλησε περισσότερο ήταν ο λόγος Fv/Fm (φωτοχημική απόδοση). Συγκεκριμένα, διαπιστώνουμε ότι και στις δυο μετρήσεις η συνδυασμένη εφαρμογή IAA+Si προκάλεσε τα υψηλότερα αποτελέσματα, επομένως το Si επέδρασε θετικά στη δράση της IAA. Σε όλες τις περιπτώσεις παρατηρούνται μειωμένα αποτελέσματα (κοντά στον μάρτυρα) από την επίδραση SAL και IAA.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

Αυδή Μ. 2004. Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στη συγκέντρωση νιτρικών ιόντων στα φυτά της αγγουριάς. Πτυχιακή εργασία, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Μεσολογίου.

Βασιλακάκης Μ. Δ. 2006. Μετασυλλεκτική φυσιολογία-Μεταχείριση οπωροκηπευτικών και Τεχνολογία. Εκδόσεις Άγιος-Σάββας Δ. Γαρταγάνης, Θεσσαλονίκη.

Βογιατζής Δ., Κουκουρίκου-Πετρίδου Μ. 2009. Βιολογία οπωροκηπευτικών φυτών Ι. Εκδόσεις Άγιος-Σάββας Δ. Γαρταγάνης, Θεσσαλονίκη.

Βοσκάκη Α.Ε. 2013. Η θερμοκηπιακή καλλιέργεια πιπεριάς. Πτυχιακή εργασία, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης.

Γαλάτης Β., Γανωτάκης Δ., Γκάνη-Σπυροπούλου Κ., Καραμπουρνιώτης Γ., Κοτζαμπάσης Κ., Κωνσταντινίδου Ε.-Ι., Μανέτας Ι., Ρουμπελάκη-Αγγελάκη Κ. Α. 2003. Φυσιολογία φυτών από το μόριο στο περιβάλλον. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο.

Γεωργίου Μ. Χρ. 2007. Επίδραση του χρόνου τηγανίσματος και του πάχους δισκίων πατάτας (C.V. HERMES) στην αφυδάτωση και καραμελοποίηση του μεταποιημένου προϊόντος. Πτυχιακή εργασία, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης.

Δημητράκης Κ. Γ. 1998. Λαχανοκομία. Εκδόσεις Αγρότυπος, Αθήνα.

Δημητρακόπουλος Δ. 2013. Επίδραση των διαφορετικών φυτορρυθμιστικών ανάπτυξης σε σχέση με τους γενοτύπους, την απόδοση και την ποιότητα των σπόρων της πιπεριάς. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Ζάγαρη Ε.-Μ. 2013. Βελτιστοποίηση ελέγχου περιβάλλοντος υδροπονικών καλλιεργειών για διαχείριση της αλατότητας του θρεπτικού διαλύματος. Μεταπτυχιακή μελέτη, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Θανόπουλος Χ. Κ. 2012. Παράγοντες που επηρεάζουν τα μορφολογικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά του καρπού πιπεριάς κατά την ανάπτυξη, ωρίμανση και αποθήκευση. Διδακτορική διατριβή, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Lincoln Taiz & Eduardo Zeiger. 2012. Φυσιολογία φυτών. Πέμπτη αμερικάνικη και πρώτη ελληνική έκδοση. Εκδόσεις Utopia, Αθήνα.

Μαλέα Λ. 2018. Η αύξηση και οι παράμετροι φθορισμού της χλωροφύλλης ως δείκτες καταπόνησης του υφδατικού αγγειόσπερμου *Stuckenia pectinata* από την ακτινοβολία και την αλατότητα. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Μπλέτσος Φ. Α. 2012. Πρακτική λαχανοκομία & παραδοσιακές ποικιλίες. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

Ολυμπίου Χ. Μ. 2001. Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, Αθήνα.

Παναγόπουλος Χ. Γ. 1995. Ασθένειες κηπευτικών καλλιεργειών. Β' έκδοση. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, Αθήνα – Πειραιάς.

Παπαδάκη Α., Νικολαΐδη Α. 2009. Προσδιορισμός βιταμίνης C (ασκορβικό οξύ) σε διάφορα είδη και ποικιλίες πιπεριάς. Πτυχιακή εργασία, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης.

Παπαδοπούλου Σ. 2017. Ειδική εντομολογία διδακτικές σημειώσεις για τους φοιτητές του Τμήματος Τεχνολόγων Γεωπόνων της Σ.Τ.Ε.Γ.-ΤΡ.-Δ., Θεσσαλονίκη.

Παρασκευόπουλος Κ. 2000. Σύγχρονη λαχανοκομία. Εκδόσεις Ψυχάλου, Αθήνα.

Σίμογλου Κ. Β. 2015. Φυσιολογικές λειτουργίες θρεπτικών στοιχείων και ευπάθεια φυτών σε ασθένειες. Research gate.

Τσέκου Ι. Β., Ηλία Φ. Η. 2014. Εισαγωγή στη φυσιολογία φυτών. Β' έκδοση. Εκδόσεις Δέσποινα Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη.

Χονδρογιάννης Χ. 2013. Διερεύνηση της δυνατότητας εκτίμησης της φωτοσυνθετικής ταχύτητας ορισμένων μεσογειακών ειδών μέσω μετρήσεων του φθορισμού της χλωροφύλλης. Διατριβή μεταπτυχιακού διπλώματος ειδίκευσης, Πανεπιστήμιο Πατρών.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

Anastasia Giannakoula, Wifaq Al-Qaisi, Pias Pias 2019. Effect of growth regulators on photosynthesis, sex expression, growth color, hydrogen peroxide and lipid peroxidation of cucumber (*CUCUMIS SATIVUS L.*) Plants grown under greenhouse, Journal of Environmental Protection and Ecology under Review.

D. Khoshbakh, M. R. Asgharei. 2015. Influence of foliar-applied salicylic acid on growth, gas-exchange characteristics, and chlorophyll fluorescence in citrus under saline conditions, 53(3): 410-418.

Ertan Yildirim, Metin Turan & Ismail Guvenc. 2008. Effect of Foliar Salicylic Acid Applications on Growth, Chlorophyll, and Mineral Content of Cucumber Grown Under Salt Stress, 31(3), 593-612.

Gaxiola, R. (2005) The H⁺- PPase AVP1 is required for organ development in Arabidopsis. Science 310: 121-125.

Heiser, C. B. 1976. Peppers (Capsicum). In: Evolution of Crop Plants. Ed., N.W. Simmonds, Longman, London and New York, pp 265-268.

Joshi,S. and T. Berke. 2004. Perspectives of bell pepper breeding. In: Hybrid vegetable development. Singh, P.K., Dasguata,S.K. and S. K. Tripathi.(Eds) Food Product Press, An Imprint of the Haworth Press, Inc, New York, USA. pp 51-74.

K. GhassemiGolezani and R. Lotfi. 2015. The Impact of Salicylic Acid and Silicon on Chlorophyll a Fluorescence in Mung Bean Under Salt Stress, 62(5), 611–616.

Kobra MAGHSOUDI, Yahya EMAM, Muhammad ASHRAF. 2015. Influence of foliar application of silicon on chlorophyll fluorescence, photosynthetic pigments, and growth in water-stressed wheat cultivars differing in drought tolerance, 39: 625-634.

Kramer, E. M., and Bennet, M. (2006) Auxin transport: A field in flux. Trends plant Sci. 11:382-386.

Li, J., Yang, H., Richter, G., Blakeslee, J.J., Bandyopadhyay, A., Peer, W.A., Titapiwantakun, B., Richards, E., Undurraga, S., Murphy, A. S., Gilroy, S., and Ljung, K., Bhalerao, R.P., and Sandberg, G. (2001) Sites and homeostatic control of auxin biosynthesis in Arabidopsis during vegetative growth. Plant J. 28: 465-474.

Ljung, K., Hull, A. K., Celenza, J., Yamanda, M., Estelle, M., Normanly, J., and Sandberg, G. (2005) Sites and regulation of auxin biosynthesis in Arabidopsis roots. Plant Cell 17: 1090-1104.

Swarup, R., Perry, P., Hagenbeek, D., Van Der Straeten, D., Beemster, G.T., Sandberg, G., Bhalerao, R., Ljung, K., and Bennett, M.J. (2007) Ethylene upregulates auxin biosynthesis in Arabidopsis seedlings to enhance inhibition of root cell elongation. Plant Cell 19: 2186-2196.

Stephen J. Trueman and Donna M. Richardson. 2011. Propagation and chlorophyll fluorescence of *Camptotheca acuminata* cuttings, 5(1), 1-6.

S.T. MoharekarS.D. Lokhande (Moharekar)T. HaraR. TanakaA. TanakaP.D. Chavan. 2003. Effect of Salicylic Acid on Chlorophyll and Carotenoid Contents of Wheat and Moong Seedlings, 41:315.

Sun Y., Xu W., Fan A. 2006. Effects of salicylic acid on chlorophyll fluorescence and xanthophyll cycle in cucumber leaves under high temperature and strong light, 17(3): 399-402.

Xu Yaozhao , Zeng Xiucun , Yu Jihua , Xie Jianming , Zhang Guobin. 2010. The variation of chlorophyll fluorescence parameters of cucumber seedlings leaves with salicylic acid treatment under high temperature stress, Research article.

