



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Επίδραση φυτορρυθμιστικών ουσιών της καλλιέργειας φράουλας
στην υγεία του ανθρώπου



Σπουδάστρια: Πρασίνου Δέσποινα

Επιβλέπων Καθηγητής: Σωτήριος Σ. Βαμβακάς

ΚΑΛΑΜΑΤΑ

-2018-

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Επίδραση φυτορυθμιστικών ουσιών της καλλιέργειας φράουλας
στην υγεία του ανθρώπου

Σπουδάστρια: Πρασίνου Δέσποινα

Επιβλέπων Καθηγητής: Σωτήριος Σ. Βαμβακάς

Εξεταστική Επιτροπή: Καπόλος Ιωάννης

Σπηλιόπουλος Ιωακείμ

Βαμβακάς Σωτήριος

ΚΑΛΑΜΑΤΑ

-2018-

Ευχαριστίες

Για να διεξαχθεί αυτή η πτυχιακή εργασία υπήρξαν πολλοί παράγοντες που την επηρέασαν. Χωρίς όμως την στήριξη της οικογένειάς μου τίποτα δεν θα ήταν εύκολο. Γι' αυτό τους οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ. Στην συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή Σωτήριο Βαμβακά για την πολύτιμη βοήθεια και τις συμβουλές που μου πρόσφερε. Όπως και τον φίλο μου Βασίλη Παναγιωτίδη που με τα βιβλία του γεωπονικού τμήματος με βοήθησε να προσεγγίσω καλύτερα το θέμα.

Περίληψη

Στην παρούσα μελέτη που διεξήχθη με θέμα « η χρήση φυτορρυθμιστικών ουσιών στην καλλιέργεια της φράουλας και η επίδραση αυτών στην ανθρώπινη υγεία» περιλαμβάνει το σύνολο των καλλιεργητικών τεχνικών που λαμβάνονται υπόψη για να επιτευχθεί η σωστή καλλιέργεια της φράουλας όπως το κλίμα, το έδαφος, την ύδρευση, την λίπανση, την τοποθεσία κ.τ.λ. Ταυτόχρονα εξετάστηκαν οι φυτορρυθμιστικές ουσίες (αυξίνες, γιββερελλίνες, κυτοκινίνες, αιθυλένιο, αμπισικό οξύ) που επηρεάζουν την ποιότητα της φράουλας όπως το μέγεθος, το σχήμα καθώς και την διάρκεια ζωής της. Παράλληλα παρουσιάζονται και οι επιδράσεις αυτών των ουσιών στον άνθρωπο και γενικά στο οικοσύστημα. Επιπροσθέτως, παρατίθεται κομμάτι με την διατροφική αξία της φράουλας.

Σκοπός της εργασίας είναι να συμπεράνουμε μέσα από την μελέτη της καλλιέργειας της φράουλας αν η χρήση φυτορρυθμιστικών ουσιών είναι επιβλαβής για την υγεία του ανθρώπου και αν ναι σε πόσο βαθμό αυτά την θέτουν σε κίνδυνο.

Λέξεις-κλειδιά: φυτορρυθμιστικές ουσίες, καλλιέργεια φράουλας, τεχνικές καλλιέργειας, επίδραση στην υγεία

Abstract

In present study which has been carried out, named “use of plant growth regulators in cultivation of strawberry and the effect of them in human health”, includes all of techniques that affect the efficiency of farming strawberry such as climate, ground, water, fertilizing and location. In the meanwhile, plant growth regulators have been examined (auxins, gibberellins, cytokinines, ethylene, ABA). These ones have influence in shape, size and lifetime. In the same time, it has been presented all the consequences that are related with humans and ecosystem. Also, it has been given information about nutritional aspect of strawberry.

The aim of this project is to conclude whether or not utilization of plant growth regulators in the cultivation of strawberry is harmful for human and in what rate this occurs.

Key Words: plant growth regulators, strawberry cultivation, cultivation techniques, affects in human life

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	3
Abstract.....	4
Πίνακας εικόνων	7
Πίνακες.....	7
Πρόλογος.....	8
Εισαγωγή	9
Κεφάλαιο 1 : Οφέλη της φράουλας στην υγεία.....	9
Κεφάλαιο 2: Προϋποθέσεις για την καλλιέργεια της φράουλας	12
2.1 Χρόνος φύτευσης	12
2.2 Κλιματικές συνθήκες	12
2.3 Παγετός	13
2.4 Φωτοπερίοδος	15
2.5 Τοποθεσία καλλιέργειας.....	15
2.6 Υγρασία - Άρδευση	16
2.7 Λίπανση.....	18
Κεφάλαιο 3: σπορά – πολλαπλασιασμός μέχρι την καλλιέργεια	19
3.1 Σπορά - Απόκτηση φυτών.....	19
3.2 Εγγενής πολλαπλασιασμός	19
3.3 Αγενής πολλαπλασιασμός	20
3.4 Πολλαπλασιαστικό υλικό για την εγκατάσταση φυτείας της φράουλας.....	22
3.4.1 Έρριζα μοσχεύματα ψυγείου	22
3.4.2 Φρέσκα έρριζα μοσχεύματα.....	23
Κεφάλαιο 4: Προετοιμασία του χώρου πριν την φύτευση.....	24
4.1 Προεργασία του εδάφους	24
4.2 Διαμόρφωση χώρου	25
Κεφάλαιο 5: Συστήματα καλλιέργειας	27
5.1 Υπαίθρια φύτευση.....	27
5.2 Καλλιέργεια υπο κάλυψη.....	28
5.2.1 Χαμηλά σκέπαστρα	28
5.2.2 Υψηλά σκέπαστρα- θερμοκηπιακές καλλιέργειες	29
5.2.2.1 Καλλιέργεια επί εδάφους.....	30
5.2.2.2 Καλλιέργεια σε υδροπονικά συστήματα.....	31
5.2.2.2.1 Καλλιέργεια σε στήλες	31
5.2.2.2.2 Κάθετη καλλιέργεια σε πλαστικούς σωλήνες	31
5.2.2.2.3 Καλλιέργεια σε γλάστρες.	32
5.2.2.2.4 Καλλιέργεια σε πυραμοειδή διάταξη	32

6	Συγκομιδή	33
7	Καλλιέργεια της φράουλας με ορμόνες	34
	Κεφάλαιο 6: Οι φυτορρυθμιστικές ουσίες που χρησιμοποιούνται στην καλλιέργεια της φράουλας.....	35
6.1	Αυξίνη	37
6.1.1	Συνθετικές αυξίνες.....	38
6.1.2	ΝΑΑ(α-ναφθαλνοξικό).....	38
6.1.3	2,4-D(2,4-διχλωροφαινοξικό οξύ)	39
6.1.4	IBA (ινδολοβουτιρικό οξύ).....	40
6.1.5	2-ναφθυλοξικό οξύ (2-NOA).....	40
6.1.6	Χρήση των αυξινών στην καλλιέργεια της φράουλας	41
6.2	Γιββερελλίνες	46
6.3	Κυτοκινίνες.....	51
6.4	Αιθυλένιο	54
6.5	Αμπισισικό οξύ	59
6.6	Συνδυαστική χρήση ορμονών	63
	Κεφάλαιο 7: Επίδραση των φυτορρυθμιστικών ουσιών στον άνθρωπο	66
7.1	Γιββερελλίνες	67
7.2	Αυξίνες	69
7.3	Κυτοκινίνες.....	79
7.4	Αιθυλένιο	80
7.5	Αμπισισικό οξύ	81
7.6	Παραδείγματα εσφαλμένης χρήσης των φυτορρυθμιστικών ουσιών	82
	Συμπέρασμα.....	85
	Βιβλιογραφία	86
	Παράρτημα	97

Πίνακας εικόνων

Εικόνα 1: Περιγραφή λειτουργίας ανεμόφραξης: α) αφύλαχτη καλλιέργεια β) τοποθέτηση ανεμοφρακτών σε μια πλευρά και γ) περιμετρική κάλυψη με ανεμοφράχτες Πηγή :Θεοχάρης, 2015	14
Εικόνα 2: Περιγραφή λειτουργίας θερμάστρας: καθαρή ακτινοβολία (Rn), κάθετη και οριζόντια ροή θερμότητας (H), αγωγήμη ροή θερμότητας από το έδαφος (G), λανθάνουσα θερμότητα (LE) και ενέργεια που προστίθεται με τη θέρμανση (Q). Πηγή :Θεοχάρης, 2015	14
Εικόνα 3: Νεαρά φυτά καλυμμένα με πλαστικό σε χαμηλά σκέπαστρα Πηγή: Yara UK., n.d.....	28
Εικόνα 4: καλλιέργεια με υψηλά σκέπαστρα Πηγή: Yara UK., n.d.....	30
Εικόνα 5:Υδροπονικό σύστημα με χρήση πλαστικών σωλήνων Πηγή: Fytocomia.gr	31
Εικόνα 6: πυραμοειδής διάταξη σε υδροπονικό θερμοκήπιο	33
Εικόνα 7: Πως λειτουργεί ο φωτοτροπισμός Πηγή: Nelson Rob, 2013.....	44
Εικόνα 8: Πως λειτουργεί ο γεωτροπισμός Πηγή :Nelson Rob, 2013	45
Εικόνα 9: Ποντίκια με Σχιστία υπερώας	70
Εικόνα 10: Εγκεφαλοκήλη σε έμβρυο ποντίκι	70
Εικόνα 12: Υδροκεφαλισμός.....	80
Εικόνα 11:Απόδειξη των επιπτώσεων της χρήσης φυτορρυθμιστικών ουσιών Πηγή: Vietnam News(2014)	84

Πίνακες

Πίνακας 1: Η μέση σύσταση σε συστατικά σε 100g φράουλας	11
Πίνακας 2: Μια συνοπτική περιγραφή των λειτουργιών των φυτορμονών	63
Πίνακας 3: συγκεντρωτικός πίνακας για την επίδραση του 2-NOA Πηγή PPDB.....	72

Πρόλογος

Όπως είναι γνωστό οι αυξημένες διατροφικές ανάγκες του ανθρώπου έχουν καταστήσει απαραίτητο να αναπτυχθούν νέες ή να βελτιώσουν τις ήδη υπάρχουσες μεθόδους. Σκοπός είναι η παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων αλλά ταυτόχρονα και καλής ποιότητας. Σε μια καλλιέργεια φράουλας για να επιτευχθεί αυτό γίνεται ιδιαίτερη σημασία στις τεχνικές και μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή. Το έδαφος που πρέπει να είναι αργιλώδες-αμμώδες και με καλή στράγγιση, ο χρόνος φύτευσης που πρέπει να είναι είτε καλοκαίρι είτε φθινόπωρο, η θερμοκρασία που δεν πρέπει να πέφτει κάτω από τους 0 °C είναι από τους λίγους παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν μια καλλιέργεια. Εκτός σαφώς από τις συνήθεις μεθόδους έχουν προκύψει και άλλες τεχνικές, τις φυτορρυθμιστικές ουσίες.

Οι φυτορρυθμιστικές ουσίες παράγονται φυσικά από το φυτό αλλά και συνθετικά σε ένα εργαστήριο. Χρησιμοποιούνται για την ταχύτερη ανάπτυξη του φυτού που αφορούν το μέγεθος του καρπού και του βλαστού. Κάποιες φυτορρυθμιστικές ουσίες έχουν και αρνητικές επιδράσεις πάνω στο φυτό είτε από μόνες τους (αμπισισσικό οξύ) είτε αν συνδυαστούν μεταξύ τους όπως είναι οι κυτοκινίνες και οι αυξίνες που παρεμποδίζουν την δράση του αιθυλενίου που είναι υπεύθυνο για την ωρίμανση του καρπού κ.α.

Η δράση των φυτορρυθμιστικών ουσιών δεν σταματά όμως μόνο στο φυτό. Μελέτες δείχνουν ότι είτε λόγω κατανάλωσης της φράουλας ή οποιαδήποτε καρπού είτε λόγω εισπνοής και δερματικής επαφής αυτές εισχωρούν στον οργανισμό δημιουργώντας υπολείμματα τα οποία πρέπει να βρίσκονται σε μεγάλες ή σε μικρές ποσότητες αναλόγως. Ταυτόχρονα επιδρούν στο περιβάλλον με τα κατάλοιπα που αφήνουν είτε λόγω μεταφοράς αυτών στην τροφική αλυσίδα(π.χ. μεταφορά στον υδρόβιο οικοσύστημα). Ωστόσο υπάρχουν και ουσίες που απλά είναι τόσο μικρή η δράση τους που δεν έχουν καθόλου αρνητικές συνέπειες. Η ευρωπαϊκή αρχή για την ασφάλεια των τροφίμων δεν έχει αποκτήσει στοιχεία για κάποιες από αυτές τις ουσίες και δεν μπορεί να αποφανθεί αν επιδρούν ή όχι αρνητικά αφού δεν διαθέτει επαρκή δεδομένα.

Εισαγωγή

Η φράουλα (ανήκει στο γένος *Fragaria* και στην οικογένεια *Rosaceae*) είναι ένα μοναδικό και σημαντικό φρούτο ανάμεσα σε άλλα εύκρατα φρούτα την άνοιξη. Ωστόσο, ευδοκιμούν και σε τροπικό και σε υποτροπικό κλίμα. Είναι εύκολο να καλλιεργηθούν σε κήπους κουζίνας, σε διακοσμητικές γλάστρες και σε επίπεδα ή ανυψωμένα σημεία αλλά και σε προστατευμένες καλλιέργειες. (Rakesh K., 2017) Επιπλέον, οι φράουλες είναι οικονομικά και εμπορικά σημαντικές και καταναλώνονται ευρέως φρέσκες ή σε επεξεργασμένες μορφές, όπως μαρμελάδες, χυμούς και ζελέ. Υπάρχουν περισσότερα από 10 είδη φράουλας που διαφέρουν ως προς τη γεύση, το μέγεθος και την υφή, ωστόσο όλα έχουν το ίδιο χαρακτηριστικό σχήμα καρδιά, την κόκκινη σάρκα με τους σπόρους, μαζί με τα μικρά πράσινα φύλλα στην κορυφή της φράουλας. (Kerry Torrens, 2017) Μερικά είδη είναι η *Frangaria vesca* (φράουλα η γνήσια), *Frangaria viridis*(φράουλα η λοφώδης), *Frangaria moschata* (φράουλα η μοσχάτη), *Frangaria chiloensis*(φράουλα η χιλιανή), *Frangaria virginiana* (φράουλα η βιργιανή), *Frangaria xananassa* (το οποίο έχει προέλθει από την διασταύρωση της *F.chiloensisx* και της *F. Virginiana*) (Vishal et. 2016)

Κεφάλαιο 1 : Οφέλη της φράουλας στην υγεία

Πολλές επιδημιολογικές μελέτες έχουν δείξει ότι μια διατροφή πλούσια σε φρούτα και λαχανικά συσχετίζεται συχνά με την χαμηλή εμφάνιση αρκετών χρόνιων παθολογικών προβλημάτων, συμπεριλαμβανομένης της παχυσαρκίας, των λοιμώξεων, των καρδιαγγειακών και νευρολογικών ασθενειών και του καρκίνου. Τα μούρα, συμπεριλαμβανομένων των φραουλών, έχουν σημαντικό ρόλο μεταξύ των φρούτων λόγω του υψηλού φυτοχημικού τους περιεχομένου (ανθοκυανίνες, ελλαγιτανίνες) (Francesca Giampieri et, 2012).

Η φράουλα περιέχει μέταλλα, βιταμίνες καροτίνη, κιτρικό οξύ. Αυτές οι θρεπτικές ουσίες είναι απολύτως απαραίτητες για την ανάπτυξη των παιδιών.(Lookchem, 2008) Είναι καλή πηγή μαγγανίου και προσφέρει μια ικανοποιητική ποσότητα καλίου και φολικού οξέος (B9). (Adda Bjarnadottir,

2015)Επίσης, είναι πλούσιο σε ιώδιο, μαγνήσιο, χαλκό, σίδηρο και φώσφορο. Αν και σε μικρότερο βαθμό, είναι πηγή αρκετών άλλων βιταμινών, όπως η θειαμίνη, η ριβοφλαβίνη, η νιασίνη, η βιταμίνη Β6, η βιταμίνη Κ, η βιταμίνη Α και η βιταμίνη Ε. (Francesca Giampieri et, 2012)

Μέσα στις βιταμίνες που εμπεριέχει συγκαταλέγεται η βιταμίνη C (30-100 mg/100 g φρούτου) και αντικαρκινικές ουσίες όπως ελλαγικό οξύ. (Ziba Asadi, 2013). Μπορεί να μειωθεί ο κίνδυνος εμφάνισης καρκίνου κατά 50% λόγω της υψηλής ποσότητας σε βιταμίνη C. Ο σχηματισμός και η εξέλιξη του καρκίνου συχνά συσχετίζεται με το οξειδωτικό στρες και την χρόνια φλεγμονή. Μελέτες δείχνουν ότι τα μούρα βοηθάνε στην προστασία από διάφορους τύπους καρκίνων λόγω τις ικανότητά τους να πολεμούν το οξειδωτικό στρες και την φλεγμονή. (Seeram NP, 2008). Είναι πλούσιο σε αντιοξειδωτικά και ιδιαίτερα σε ανθοκυανίνες που επιστήμονες βρήκαν ότι προστατεύει ενάντια στο διαβήτη (στον έλεγχο των επιπέδων του σακχάρου στο αίμα), σε καρδιαγγειακά νοσήματα και σε άλλες ασθένειες που σχετίζονται με την γήρανση και θεωρείται ότι ενισχύει την μνήμη (Kerry Torrens, 2017). Υπάρχουν ενδείξεις ότι η προσθήκη μούρων στη διατροφή μπορεί να δράσει θετικά στους παράγοντες που προκαλούν τα καρδιαγγειακά νοσήματα, αναστέλλοντας τη φλεγμονή και τη συσσώρευση των αιμοπεταλίων, βελτιώνοντας την εμφάνιση των λιπιδίων στο πλάσμα. Επίσης δεσμεύουν τις ελεύθερες ρίζες και αυξάνουν την «καλή χοληστερίνη» (LDL) δημιουργώντας αντοχή στις οξειδώσεις.

Εκτός από τις βιταμίνες είναι πλούσιο και σε σάκχαρα όπως η δεξτρόζη, λεβουλόζη, σουκρόζη, φρουκτόζη και γλυκόζη σε ποσοστό 99% από το συνολικό ποσοστό γλυκόζης. Περίπου το 26% των υδατανθράκων στις φράουλες βρίσκεται με την μορφή ινών. Παρακάτω παρατίθεται πίνακας με τα ανάλογα στοιχεία:

Πίνακας 1: Η μέση σύσταση σε συστατικά σε 100g φράουλας

Θρεπτική αξία	Περιεκτικότητα	Άλατα	Περιεκτικότητα
Νερό	89,9%	Ασβέστιο (Ca)	21mg
Υδατάνθρακες	8,4%	Σίδηρος(Fe)	1mg
Πρωτεΐνες	0,7%	Μαγνήσιο(Mg)	12mg
Φυτικά έλαια	0,5%	Φώσφορος(P)	21mg
Βιταμίνες	Περιεκτικότητα	Κάλιο(K)	145mg
Βιταμίνη A	60IU	Νάτριο(Na)	1mg
Βιταμίνη C	60mg	Οργανικά οξέα	Περιεκτικότητα
		Μηλικό	160mg
		Κιτρικό	1080mg
		Οξαλικό	19mg

Πηγή: Θανόπουλος Χαράλαμπος, 2008

Κεφάλαιο 2: Προϋποθέσεις για την καλλιέργεια της φράουλας

2.1 Χρόνος φύτευσης

Ο χρόνος φύτευσης είναι είτε το καλοκαίρι με φυτά που προέρχονται από ψυχρή μεταχείριση, είτε το φθινόπωρο με φυτά που παίρνουμε κατευθείαν από το φυτώριο. Η καλοκαιρινή φύτευση γίνεται από τα μέσα της άνοιξης έως τα τέλη καλοκαιριού, χρησιμοποιώντας έριζα μοσχεύματα (νεαρά φυτά) από την παραγωγή του προηγούμενου χειμώνα τα οποία διατηρούνται σε χαμηλές θερμοκρασίες μέσα σε ψυγεία (από -1 μέχρι -1,7 °C) (Κανάκης, 2004) Η διαδικασία αυτή ονομάζεται ψυχρή μεταχείριση. Η φθινοπωρινή φύτευση γίνεται τον Οκτώβριο-Νοέμβριο χρησιμοποιώντας φυτά της τρέχουσας περιόδου, που μόλις συλλέχθηκαν από τα φυτώρια. Πριν την φύτευση τους, τα φυτά αυτά έχουν αποθηκευτεί για πολύ λίγο καιρό σε ψυχρές συνθήκες. Γενικά πρέπει να φυτά που θα χρησιμοποιηθούν να έχουν ‘σκληραγωγηθεί’. Αυτό επιτυγχάνεται με το φυσικό ψύχος (όπως είδαμε και παραπάνω είναι βασική μέθοδος πριν την φύτευση), περιορισμό της άρδευσης και εφαρμογή λιπασμάτων. Γι’ αυτό πολλές φορές επιλέγονται και φυτώρια που να είναι από υψόμετρο. Η επιτυχία της φυτείας αυτής εξαρτάται από την ενεργή ανάπτυξη του φυτού το χειμώνα και αυτό σχετίζεται άμεσα με την θερμοκρασία. (Δεκάζος, 1991) Η φθινοπωρινή καλλιέργεια είναι μια κοινή πρακτική όπου οι χειμώνες είναι ήπιοι (Motherearthnews, 2011). Το πλεονέκτημα της φθινοπωρινής φύτευσης είναι ότι το κόστος παραγωγής είναι μικρό λόγω της μικρής περιόδου φύτευσης και συγκομιδής. Ο χρόνος ωρίμανσης του φυτού συνήθως είναι 30 μέρες μετά την καρποδεσία. Η διάρκεια της ημέρας καθώς και η θερμοκρασία είναι οι δύο παράγοντες αλληλένδετοι που επηρεάζουν την βλαστική και αναπαραγωγική φάση της φράουλας (Δεκάζος, 1991)

2.2 Κλιματικές συνθήκες

Η φράουλα έχει μεγάλη προσαρμοστικότητα στις περιβαλλοντικές συνθήκες μπορεί να καλλιεργηθεί παντού ακόμα και σε υψόμετρο 1000-1100 μέτρα από την επιφάνεια της θάλασσας. Η φράουλα αντέχει τις χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα

εάν αυτές δεν ξεπερνούν τους (-2) έως (-7) °C που τα φυτικά της όργανα δεν αντέχουν και επέρχεται η καταστροφή των ανθών και του φυλλώματος των περισσότερων καλλιεργούμενων ποικιλιών της. Αυτό φυσικά εξαρτάται και από την ποικιλία της φράουλας καθώς επίσης και την κατάσταση που βρίσκεται το φυτό. Σε περίπτωση που το φυτό έχει εισέλθει σε λήθαργο το ριζικό σύστημα μπορεί να αντέξει παγετούς της τάξης των (-40) έως (- 51) °C. Για να βλαστήσει χρειάζεται θερμοκρασίες από 8-15°C Οι θερμοκρασίες της ατμόσφαιρας που απαιτούνται στις διάφορες φυσιολογικές ανάγκες της φράουλας είναι:

Η ελάχιστη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας πρέπει να κυμαίνεται από 5-6 °C. Η φυσιολογική θερμοκρασία ανάπτυξης του φυτού είναι 15-22 °C. Η μέγιστη θερμοκρασία για να αναπτυχθεί η φράουλα είναι 30 °C (Κανάκης, 2004). Οι βροχοπτώσεις ευνοούν την ανάπτυξη των βλαστών αλλά εάν είναι παρατεταμένες δημιουργεί προβλήματα στην καρποφορία και πολλές φορές σαπίζουν οι καρποί ή μαλακώνουν υπερβολικά.

Μεγάλο ρόλο παίζουν και οι παγετοί ιδίως οι ανοιξιάτικοι (ακόμα και λίγο κάτω από τους 0°C) οι οποίοι μπορούν να καταστρέψουν τις ταξιανθίες που έχουν σχηματιστεί δηλαδή το βλαστό που έχει αναπτυχθεί αρκετά και φέρει άνθη και καρπούς.

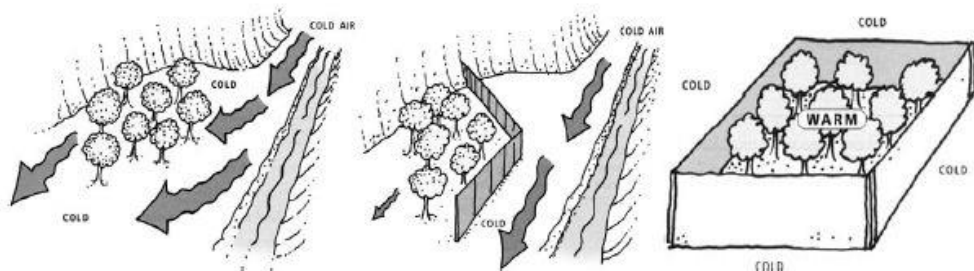
2.3 Παγετός

Η φράουλα αναπτύσσεται κοντά στο έδαφος εκεί όπου ο κρύος αέρας συγκεντρώνεται κυρίως κατά τις κρύες χωρίς σύννεφα νύχτες, νωρίς την άνοιξη. Τα άνθη υπόκεινται σε ζημιά αυτές τις νύχτες από τον ανοιξιάτικο παγετό. Τα φυτά που είναι ακάλυπτα ή είναι ποικιλία πρώιμης άνθισης, υπόκεινται ευκολότερα σε ζημιά. Τα μικρά φυτά συνήθως μεγαλώνουν κάτω από πλαστικά τούνελ, για να ξεπεράσουν τις χαμηλές ανοιξιάτικες θερμοκρασίες.

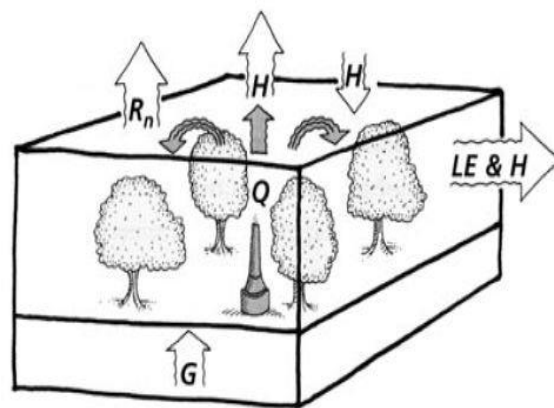
Για την αντιμετώπιση των πρώιμων παγετών εφαρμόζουμε τους εξής τρόπους:

1. Μια απλή μέθοδος προστασίας των φυτών από τον παγετό είναι η κάλυψη των φυτών με άχυρα. Η επικάλυψη γίνεται όταν η θερμοκρασία πλησιάζει στους 1,1 °C.

2. Εκτοξευτήρες τεχνητής βροχής $2,5-3 \text{ cm}^3$ την ώρα που αρχίζουν την λειτουργία τους όταν η θερμοκρασία φτάνει τους $0 \text{ }^\circ\text{C}$ και σταματά στους $2 \text{ }^\circ\text{C}$.
3. Χρήση ανεμοφρακτών προς την πλευρά των κρύων ανέμων με πλάτος 60-120 cm και ύψος μέχρι 3,40m
4. Εδαφοκάλυψη με καλάμια
5. Θερμάστρες που διοχετεύουν ζεστό νερό ή αέρα μέσα στις καλλιέργειες και κρατάνε την θερμοκρασία σε επίπεδα πάνω από τους $0 \text{ }^\circ\text{C}$. (Θεοχάρης, 2015)



Εικόνα 1: Περιγραφή λειτουργίας ανεμόφραξης: α) αφύλακτη καλλιέργεια β) τοποθέτηση ανεμοφρακτών σε μια πλευρά και γ) περιμετρική κάλυψη με ανεμοφράχτες Πηγή :Θεοχάρης, 2015



Εικόνα 2: Περιγραφή λειτουργίας θερμάστρας: καθαρή ακτινοβολία (R_n), κάθετη και οριζόντια ροή θερμότητας (H), αγωγή ροή θερμότητας από το έδαφος (G), λανθάνουσα θερμότητα (LE) και ενέργεια που προστίθεται με τη θέρμανση (Q). Πηγή :Θεοχάρης, 2015

6. Βιοτεχνολογική αντιμετώπιση με την δημιουργία τριών βακτηριδίων. Τα βακτηρίδια αυτά είναι τα *Pseudomonas fluorescens* A506, *Pseudomonas fluorescens* 1629RS και *Pseudomonas syringae* 742RS. (Οι αριθμοί στο τέλος τους ονόματος υποδηλώνουν ότι είναι γενετικά τροποποιημένη μορφή των αρχικών βακτηριδίων) Πηγή :Θεοχάρης, 2015

2.4 Φωτοπερίοδος

Σε ότι αφορά την έκθεση της φράουλας στον ήλιο διαπιστώνεται ότι ανήκει στα φυτά μικρής ημέρας. Οι σημαντικότεροι παράγοντες για την διαφοροποίηση των οφθαλμών σε ανθοφόρους είναι: περίοδος 12 ωρών φωτός ημέρας ή λιγότερο και μέσες θερμοκρασίες (Δεκάζος, 1991). Με μικρής διάρκειας έκθεσης στον ήλιο, το φυτό αποκτά μηχανισμό άμυνας έναντι των παγετών και ταυτόχρονα επηρεάζεται η διαφοροποίηση των καρπών. (Δεκάζος, 1991) Κάθε ποικιλία έχει ανάγκη από διαφορετικό μήκος φωτοπεριόδου και απαιτήσεις σε θερμοκρασία. Το μήκος φωτοπεριόδου επηρεάζει και το σχηματισμό των στολώνων (δηλαδή βλαστούς λεπτούς και εύκαμπτους, οι οποίοι αγγίζοντας το έδαφος ριζώνουν). Γενικά η μεγάλη φωτοπερίοδος ευνοεί το σχηματισμό ανθοφόρων οφθαλμών για ποικιλίες βραχείας ημέρας. Αντίθετα για τις overbearing ποικιλίες η διαφοροποίηση των οφθαλμών ευνοείται σε συνθήκες μακράς ημέρας.

2.5 Τοποθεσία καλλιέργειας

Στην καλλιέργεια της φράουλας παίζει σημαντικό ρόλο η τοποθεσία. Το έδαφος πρέπει να είναι εύφορο, πλούσιο σε οργανικές ουσίες και ηλιοφάνεια. Το καλύτερο έδαφος για την καλλιέργεια φράουλας είναι ένα βαθύ, με καλή στράγγιση και πρέπει να είναι αμμώδες-αργιλώδες προς αργιλώδες με καλή προσφορά χούμου (πάνω από 4% οργανική ύλη). Αυτά τα εδάφη διατηρούν την υγρασία καλά, η οποία είναι σημαντική για τις καλές αποδόσεις της καλλιέργειας. Αποφεύγονται τα βαριά αργιλώδη εδάφη, καθώς συνήθως στραγγίζουν αργά ακόμη και αν υπάρχει ένα υπόγειο σύστημα αποστράγγισης (British Columbia, 2015) Η φράουλα προτιμά εδάφη με ελαφριές κλίσεις (2-3 %) που παρέχουν καλή στράγγιση νερού και κίνηση αέρα. Η εδαφική κλίση δεν θα πρέπει να ξεπερνά το 10% γιατί υπάρχει κίνδυνος διάβρωσης. Περιοχές

που περιβάλλονται από δέντρα ή κτίρια πρέπει να αποφεύγονται γιατί δεν έχουν καλή κίνηση αέρα, με αποτέλεσμα να εμφανίζονται σοβαρές ασθένειες και να καταστρέφονται τα άνθη κατά την διάρκεια των κρύων νυχτών της άνοιξης από τους παγετούς

Τα αμμώδη εδάφη επειδή δεν κρατάνε καθόλου υγρασία δίνουν ανώτερης ποιότητας σε γεύση, άρωμα και χρώμα καρπούς. Αντίθετα στα αργιλώδη και βαριά εδάφη το φυτό δεν αναπτύσσεται ικανοποιητικά. Σημαντικό ρόλο σε αυτό παίζει και η συχνότητα άρδευσης αφού στα αμμώδη εδάφη απαιτείται συχνότερη άρδευση από τα βαριά αργιλώδη (Δεκάζος, 1991) Ακόμα και στα ελαφρώς βαριά εδάφη η απόδοση των φυτών είναι μικροί και οι καρποί είναι αρκετά υδαρείς. Σε εδάφη που δεν έχουν καθόλου καλή αποστράγγιση, κατά την διάρκεια του χειμώνα, καταστρέφεται μέρος του ριζικού συστήματος και ευνοούνται προσβολές από μύκητες. Δεν ευδοκίμει επίσης σε ασβεστόχα και βαριά πηλώδη εδάφη γιατί εμφανίζει συμπτώματα από έλλειψη σιδήρου. Σε αλατούχα εδάφη κιτρινίζει λόγω υψηλής παραγωγικότητας του εδάφους, ειδικά μετά τον Μάιο αν δεν γίνουν αρδεύσεις.

2.6 Υγρασία - Άρδευση

Η φράουλα είναι μια καλλιέργεια που χρειάζεται υγρασία είτε αυτή είναι ατμοσφαιρική υγρασία είτε είναι το απαιτούμενο νερό για την ανάπτυξη και την παραγωγή. Η σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας για την φυσιολογική ανάπτυξη της φράουλας πρέπει να είναι ελάχιστη 60%, κανονική 65%, μέγιστη 75%. Κάτω από καταστάσεις υψηλής υγρασίας κατά την εποχή ωρίμανσης, τα φρούτα προσβάλλονται από Botrytis.(Δεκάζος, 1991). Έτσι απαιτείται χαμηλή σχετική υγρασία αέρα στην παραγωγή Αυγούστου και Σεπτεμβρίου και κατά στις αρχές Μαΐου – Ιουνίου. Αυξημένη σχετική υγρασία και τροφοδοσία με νερό αυξάνουν την παραγωγή Η ποσότητα του νερού που απαιτείται εξαρτάται:

1. Από την ποικιλία της φράουλας
2. Από το στάδιο ανάπτυξης που βρίσκεται η φράουλα
3. Από τον τύπο του εδάφους
4. Από το σύστημα φύτευσης

5. Από τον τρόπο άρδευσης

Οι ανάγκες σε νερό είναι 600-900 m³ στο στρέμμα από τα οποία τα 200 m³ τα θέλει από τα μέσα Ιουνίου ως τα μέσα Ιουλίου(Δεκάζος, 1991). Επειδή τα «φυτά ψυγείου» φυτεύονται το καλοκαίρι (Ιούνιος-Αύγουστος), όταν επικρατούν πολύ ξηρές συνθήκες, είναι απαραίτητα τα ποτίσματα για την εγκατάσταση των φυτών αρχικώς και την ανάπτυξη νέων ριζών και φυλλώματος. Η φράουλα που είναι μια ρηχή ρίζα απαιτεί συχνότερη αλλά μικρότερη ποσότητα νερού σε κάθε άρδευση

Η άρδευση εφαρμόζεται σε αυλάκια μεταξύ των σειρών (με κατάκλιση). Τα συστήματα άρδευσης και ψεκασμού καθίστανται δημοφιλή στις μέρες μας αφού το νερό παρέχεται κατευθείαν στο ριζόστρωμα του φυτού. Γνωστή τέτοια μέθοδος είναι η «στάρδην» άρδευση. Σε περίπτωση άρδευσης, το νερό και η ενέργεια εξοικονομούνται 30%. Τα ποτίσματα είναι συχνότερα τον πρώτο μήνα και αραιώνονται αργότερα. Με την κατάλληλη άρδευση δεν επηρεάζεται το περιεχόμενο των διαλυτών στερεών του φυτού ή το pH του χυμού(Δεκάζος, 1991).

Στις φθινοπωρινές φυτεύσεις όπως και παραπάνω η άρδευση είναι απαραίτητη αλλά οι συνολικά απαιτούμενες ποσότητες αρδευτικού νερού είναι πολύ μικρότερες αφού η φύτευση γίνεται πολύ αργότερα (Σεπτέμβριος- Νοέμβριος ή άνοιξη). Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στα ποτίσματα κατά την περίοδο της ανθοφορίας και καρποφορίας όταν τα φυτά έχουν τις μεγαλύτερες ανάγκες. Έλλειψη υγρασίας την περίοδο αυτή έχει ως αποτέλεσμα την ανθόρροια και τη μειωμένη καρποδεσία. Κατά τον πρώτο χρόνο και πιο συγκεκριμένα κατά την περίοδο της φύτευσης είναι απαραίτητο αλλά και λίγο πριν ή κατά την διάρκεια της συγκομιδής. Για την σύνθεση του υποστρώματος που περιεγράφηκε πιο πάνω η άρδευση γίνεται κάθε μέρα για ηλιόλουστες και θερμές μέρες και κάθε δεύτερη ή τρίτη μέρα για νεφοσκεπείς και με χαμηλή θερμοκρασίες μέρες (Δεκάζος, 1991)

Η άρδευση έχει ως σκοπό να μεταφέρεται το λίπασμα στις ρίζες βελτιώνοντας και αυξάνοντας την παραγωγή. Η άρδευση μπορεί να προλάβει ζημιές από παγετό κατά την ανθοφορία γιατί σε σχέση με τον αέρα περιέχει σημαντική ποσότητα θερμότητας. Αρνητικές επιπτώσεις που επιφέρουν, οι υπερβολικές αρδεύσεις, οι οποίες προκαλούν συνθήκες ασφυξίας στο ριζικό σύστημα και την κατάρρευση του υπέργειου τμήματος του φυτού. Η υπερβολική άρδευση έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των φύλλων και των στολόνων σε βάρος των φρούτων και των λουλουδιών και επίσης αυξάνει τη

συχνότητα εμφάνισης της σήψη βοτρίτη (National Horticulture Board, 2010). Επιβραδύνεται η ανάπτυξη των ριζών, αυξάνεται η χλωρίωση του σιδήρου στα αλκαλικά εδάφη και απομακρύνεται το άζωτο, το θείο και το βόριο με αποτέλεσμα να υπάρχει ανεπάρκεια θρεπτικών ουσιών στις ρίζες.(National Horticulture Board, 2010). Το νερό που θα ρίζουμε πρέπει να είναι απαλλαγμένο από μεγάλες ποσότητες αλάτων όπως είναι Na, Cl και B. Επίπεδα πάνω από 50 ppm σε νάτριο θα μειώσουν την απόδοση και την υγεία του φυτού (Peckenprauth, 2004). Τα επίπεδα χλωρίου πρέπει να είναι κάτω από 110-180 mg/L (British Columbia, 2015) Νερό που περιέχει πάνω από 400-600 ppm συνολικών αλάτων απαιτεί ειδικό χειρισμό για την παρεμπόδιση της συσσώρευσης αλάτων σε τοξικά επίπεδα. Επιπλέον η φράουλα είναι ευαίσθητη σε υψηλές συγκεντρώσεις βορίου.

2.7 Λίπανση

Η λίπανση της καλλιέργειας παίζει σημαντικό ρόλο. Όταν το έδαφος είναι πλούσιο σε οργανικά συστατικά δεν χρειάζεται λίπανση. Το χώμα πρέπει να είναι όξινο pH μεταξύ 5,5 και 6,5.(Δεκάζος, 1991) Το άζωτο έχει σημαντικό ρόλο καθώς έλλειψή του οδηγεί σε αδύνατη ανάπτυξη των στολόνων ενώ η υπερβολική ποσότητα αζώτου αυξάνει την βλάστηση αλλά μειώνει την απόδοση και υποβαθμίζει ποιοτικά τους καρπούς(γίνονται πιο υδαρείς και αποσυντίθενται γρηγορότερα) (Κανάκης, 2004). Οι απαιτήσεις της φράουλας το πρώτο έτος σε στοιχεία στο έδαφος είναι 4-6 μονάδες αζώτου ανά στρέμμα, 11 μονάδες πεντοξειδίου του φωσφόρου(P_2O_5), 22 μονάδες οξειδίου του καλίου(K_2O) και 6 μονάδες μαγνησίου(Mg).(Κανάκης, 2004) Αυτά ρίχνονται στο έδαφος πριν την φύτευση και την εδαφοκάλυψη. Οι ανάγκες όμως σε άζωτο, είτε λόγω έκπλυσης, είτε λόγω γρήγορης απορρόφησης, πρέπει να ικανοποιούνται ετησίως με επιφανειακή εφαρμογή στις αρχές της άνοιξης ή στο τέλος του χειμώνα. Έλλειψη καλίου αποφέρει φυτά με μικρούς καρπούς και μικρά φύλλα. Έλλειψη φωσφόρου χαρακτηρίζεται από φτωχή ανάπτυξη, σκοτεινό πράσινο χρώμα των φύλλων και καρπούς μικρούς, ξινούς και άνοστους. Η φράουλα “φοβάται” το ασβέστιο έτσι θα πρέπει η περιεκτικότητα σε αυτό να είναι χαμηλή.

Κεφάλαιο 3: σπορά – πολλαπλασιασμός μέχρι την καλλιέργεια

3.1 Σπορά - Απόκτηση φυτών

Για την παραγωγή φυτών φράουλας ο σπόρος που θα χρησιμοποιηθεί είναι τα αχάινια (σπέρματα) που βρίσκονται στην επιφάνεια του καρπού. Η σπορά πραγματοποιείται την άνοιξη σε αμμώδες έδαφος όπου εκεί οι σπόροι πατιόνται για να έρθουν σε επαφή με το χώμα. Ο σπόρος χρειάζεται πολύ υγρασία γι' αυτό ποτίζεται πριν την σπορά. Τα φυτά που θα παραχθούν όταν αποκτήσουν 4 - 5 πραγματικά φύλλα μεταφυτεύονται σε φυτώριο σε απόσταση 12-15 cm μεταξύ τους. Τα φυτά φυτεύονται στο έδαφος με μεγάλη προσοχή στις ρίζες οι οποίες δεν πρέπει να διπλωθούν διότι δημιουργούνται προβλήματα στο ριζικό σύστημα. (Κανάκης, 2004). Στην συνέχεια προστίθεται το χώμα στους λάκκους φυτέματος και ακολουθεί καλό πότισμα. Σε περίπτωση δυνατής ηλιοφάνειας το φυτό σκεπάζεται με πανιά, χωρίς όμως να παρεμποδίζεται ο αερισμός του. Υπάρχει περίπτωση εμφάνισης χόρτων και λουλουδιών τα οποία και αφαιρούνται για να μην παρεμποδίζεται η ανάπτυξη του φυτού. Όταν τελικά φτάσουν στο σωστό σημείο ανάπτυξης χρησιμοποιούνται για την καλλιέργεια της φράουλας. Τα φυτά όταν συγκομισθούν τον Δεκέμβριο μπορούν να τοποθετηθούν σε ψυγεία στους -1 έως -2 °C. Αυτά θα τοποθετηθούν στις τελικές θέσεις το επόμενο καλοκαίρι ή φυτεύονται κατευθείαν το φθινόπωρο μετά την παραγωγή τους (Κανάκης, 2004).

3.2 Εγγενής πολλαπλασιασμός

Εγγενής πολλαπλασιασμός είναι ο πολλαπλασιασμός με σπόρο. Εφαρμόζεται από τους βελτιωτές και τους γενετιστές προκειμένου να δημιουργήσουν νέες ποικιλίες και υβρίδια. Επίσης εφαρμόζεται για ποικιλίες που δεν σχηματίζουν στόλωνες και για την απόκτηση φυτών απαλλαγμένων από ιώσεις. Αυτός ο πολλαπλασιασμός δεν έχει καμία πρακτική αξία για την δημιουργία μιας φυτείας. Για την απόκτηση σπόρου, συλλέγονται ώριμοι καρποί από τα καλύτερα φυτά της καλλιέργειας. Από τους ώριμους καρπούς, συνήθως με πολτοποίηση σε νερό, αποχωρίζονται τα αχάινια από το συγκάρπιο (ένας καρπός που δεν είναι απλός). Αφού πλυθούν, τα στεγνώνουμε στην

σκιά και έτσι μπορούν να διατηρηθούν για κάποιο χρονικό διάστημα σε μέρος που αερίζεται. Η χρησιμοποίηση του σπόρου δεν πρέπει να καθυστερήσει, γιατί η βλαστική του ικανότητα διαρκεί μόνο 1-3 χρόνια. Η σπορά γίνεται την άνοιξη, ώστε μετά από ικανοποιητική ανάπτυξη των φυτών να μεταφτευθούν σε φυτώριο (Κανάκης, 2004)

3.3 Αγενής πολλαπλασιασμός

Αγενής πολλαπλασιασμός είναι η μέθοδος πολλαπλασιασμού που γίνεται για να εξασφαλίσει το φυτικό υλικό που θα χρησιμοποιηθεί για την εγκατάσταση μιας νέας παραγωγικής φυτείας. Μια φυτείας που έχει κατεύθυνση την παραγωγή καρπών με προορισμό την επιτραπέζια κατανάλωση ή την τροφοδοσία μιας βιομηχανίας. Τα αγενώς παραγόμενα φυτά μπορεί να προέρχονται είτε φυσικά από παραφυάδες - καταβολάδες που αναπτύσσονται από στόλωνες που είναι μια παραδοσιακή μέθοδος, είτε από *in vitro* καλλιέργειες που αναπτύσσονται στο εργαστήριο και είναι μια σύγχρονη βιοτεχνολογική μέθοδος (Κανάκης, 2004)

Οι παραφυάδες είναι βλαστοί που βγαίνουν από τους οφθαλμούς που βρίσκονται στο λαιμό του φυτού λίγο πάνω ή κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Για τον πολλαπλασιασμό, αφαιρούνται μαζί με τμήμα της ρίζας και μεταφυτεύονται. (Gardenguide, 2016) Οι βλαστοί (στόλωνες) παράγονται αν η φράουλα βρίσκεται σε μεγάλο μήκος ημέρας. Οι βλαστοί αυτοί έρπονται στο έδαφος. Αν υπάρχει και υγρασία στο σημείο επαφής τους με το έδαφος ριζοβολούν και το καθένα αποτελεί πλέον ανεξάρτητο φυτό.

Στις *in vitro* καλλιέργειες χρησιμοποιούνται «μητρικά» φυτά τα οποία έχουν άριστα χαρακτηριστικά (π.χ. απαλλαγμένα από ιώσεις, παραγωγικότητα) τα οποία θα δώσουν επίσης φυτά με άριστα χαρακτηριστικά. Τα φυτά υποβάλλονται σε θερμοθεραπεία στους 40°C (για να απαλλαγούν από ιώσεις) και σχετική υγρασία 95% για 4-6 εβδομάδες. Συνιστάται ο μικροπολλαπλασιασμός στη λήψη μεριστωματικών ιστών του φυτού υπό ασηπτικές συνθήκες σε ένα δοκιμαστικό σωλήνα και στον πολλαπλασιασμό των φυταρίων κάτω από τις ίδιες συνθήκες. Μετά από λίγες εβδομάδες σχηματίζεται ένα φυτό στο οποίο δεν έχουν ακόμα διαφοροποιηθεί φύλλα και ρίζες. Στην συνέχεια τοποθετείται αυτό το φυτό σε δοχείο ερμητικά κλεισμένο, που

περιέχει ειδικά υποστρώματα. Τα ειδικά υποστρώματα καλλιέργειας περιέχουν ανόργανα άλατα, μακροστοιχεία, βιταμίνες, σακχαρόζη και ορμόνες απαραίτητες για την ανάπτυξη του φυτού (κυτοκινίνες και γιββερλίνες) καθώς και των ριζών (αυξίνες) για τις οποίες θα αναφερθούμε αργότερα (Κανάκης, 2004)

Σ' αυτή την φάση η μέση θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 20 - 25 °C και έχουμε μεγάλη φωτοπερίοδο 16-24 ώρες φωτός (Δεκάζος, 1991) Μέσα σε αυτά τα δοχεία το φυτό με την χρήση ειδικών υποστρωμάτων και την ρύθμιση της συγκέντρωσης ορμονικού τους περιβάλλοντος θα σχηματιστούν φύλλα και βλαστών (βλαστογένεση) και ρίζες (ριζογένεσης). Μετά από 6 μήνες τα νεαρά φυτάρια μεταφέρονται σε σπορείο με φυσικά υποστρώματα και ελεγχόμενες θερμοκηπιακές συνθήκες (έλεγχος μόλυνσης από έντομα, παθογόνους) και είναι έτοιμα προς διάθεση. Τα φυτά αυτά έχουν το μεγάλο πλεονέκτημα ότι είναι απαλλαγμένα τελείως από ασθένειες, ιώσεις και ζωικούς εχθρούς και στις περισσότερες των περιπτώσεων να είναι και τυπικά της ποικιλίας.

Τα μεριστωματικά κύτταρα του ιστού διατηρούν την ικανότητα της μιτωτικής διαίρεσης και διαθέτουν αφθονία πρωτοπλασματικής ουσίας, μικρά χυμοτόπια και μεγάλη πυρηνοπλασματική σχέση (Κοτζαμπάσης Κυριάκος, n.d.). Γι' αυτόν τον λόγο επιλέγονται στον μικροπολλαπλασιασμό.

Ο μικροπολλαπλασιασμός των φυτών αποτελεί την κυριότερη πρακτική και εμπορική εφαρμογή της ιστοκαλλιέργειας φυτών. (Αποθετήριο «Κάλλιπος» Βιβλιοθήκη & Κέντρο Πληροφόρησης Πανεπιστημίου Αιγαίου, n.d.)η ιστοκαλλιέργεια της φράουλας δεν έχει αρχικό σκοπό τον κλωνικό πολλαπλασιασμό αλλά την απόκτηση ποικιλιών χωρίς ιώσεις, μυκοπλάσματα, μύκητες, βακτήρια και νηματώδεις.

3.4 Πολλαπλασιαστικό υλικό για την εγκατάσταση φυτείας της φράουλας

Πριν από την καλλιέργεια πρέπει να γίνει η επιλογή των κατάλληλων φυτών. Αυτά μπορεί να προέρχονται είτε από α) σπόρο, β) το διαχωρισμό των φυτών από αυτά των μητρικών φυτών, γ) φυτά που προέρχονται από στόλωνες. Είναι βασικό η φυτεία που θα χρησιμοποιηθεί να είναι απαλλαγμένη από ιώσεις, οι οποίες επηρεάζουν την ικανότητά της είτε να παράγει φρούτα υψηλής ποιότητας είτε να παράγει ικανοποιητικές ποσότητες. (Δεκάζος, 1991)

Τα φυτά που προέρχονται από τους στόλωνες διακρίνονται

- Σε φρέσκα έρριζα (νωπά φυτά)
- Σε έρριζα μοσχεύματα ψυγείου (φυτά ψυγείου)

3.4.1 Έρριζα μοσχεύματα ψυγείου

Τα έρριζα μοσχεύματα ψυγείου (νεαρά φυτά), τα οποία διατηρούνται στο ψυγείο, ξεριζώνονται την εποχή που βρίσκονται σε λήθαργο, δηλαδή τον Δεκέμβρη και τον Ιανουάριο (Κανάκης, 2004). Κάποιες φορές όταν οι συνθήκες το επιτρέπουν το ξερίζωμα συνεχίζεται και το Φεβρουάριο χωρίς να υπάρχουν αρνητικές συνέπειες. Λήθαργος είναι μια στρατηγική των φυτών για να επιβιώνουν σε αντίξοες συνθήκες με την διακοπή της αύξησης και της ανάπτυξής τους. (W. Soppe, L. Bentsink, 2016) Γίνεται καλό ξέπλυμα προκειμένου να απομακρυνθεί πλήρως το χώμα γύρω από τις ρίζες. Τα νεαρά φυτά αυτά τοποθετούνται σε κιβώτια σε ψυκτικούς θαλάμους σε θερμοκρασία -1 και -1,7 °C για να χρησιμοποιηθούν για την καλοκαιρινή φύτευση.

Η δράση των χαμηλών θερμοκρασιών του χειμώνα αντικαθίσταται από την ψύξη του ψυγείου, που κανονικά θα εκδηλώνονταν την άνοιξη. Όταν γίνει η φύτευση το καλοκαίρι, παρατηρείται έντονη βλάστηση χάρη στις μεγάλες ημέρες και τις υψηλές θερμοκρασίες του καλοκαιριού. Με την τεχνική αυτή εξασφαλίζεται υψηλή παραγωγή την αμέσως επόμενη άνοιξη. Επειδή κατά κανόνα οι καλύτεροι καρποί σχηματίζονται όταν τα φυτά είναι νεαρά, η τεχνική των φυτών ψυγείου εξασφαλίζει και παραγωγή εξαιρετικής ποιότητας.

3.4.2 Φρέσκα έρριζα μοσχεύματα

Τα φρέσκα έρριζα μοσχεύματα προέρχονται από το ξερίζωμα των φυτών από στόλωνες που αρχίζει τον Αύγουστο και συνεχίζεται εφόσον οι καιρικές συνθήκες το επιτρέπουν, μέχρι τον επόμενο Απρίλιο (Κανάκης, 2004). Μια μέρα πριν το ξερίζωμα, το χωράφι ποτίζεται για να διευκολυνθεί η διαδικασία. Μετά από το ξερίζωμα, τα φυτά ξεπλένονται ώστε να απομακρυνθεί το περισσότερο χώμα εκτός από λίγο που πρέπει να παραμείνει για να αποξηραθεί το φυτό που περιβάλλει τις ρίζες και τα οποία προορίζονται για άμεση φύτευση.

Στην συνέχεια δεματοποιούνται συνήθως ανά 25 και τοποθετούνται στα κιβώτια μεταφοράς. Τα οποία μπορεί να είναι χάρτινα κιβώτια, υφαντοί σάκοι ή κιβώτια μεταφοράς φρούτων (Κανάκης, 2004). Η διανομή και η άφιξη των φυτών στον προορισμό τους πρέπει να είναι άμεση και γρήγορη. Τα φυτά αυτά μπορούν να καλλιεργηθούν σε περιοχές όπου η θερμοκρασία είναι χαμηλή, όχι όμως μικρότερη από 0 °C. Τα φυτά αυτά είναι διετή έτσι έχουν ως βασικό μειονέκτημα ότι η όψιμη φύτευση δεν τους επιτρέπει να συγκεντρώσουν μέχρι το χειμώνα τις απαραίτητες θρεπτικές ουσίες. Γι' αυτό την άνοιξη που ακολουθεί δίνουν πάντα μικρή παραγωγή. Κανονική παραγωγή έχουν την δεύτερη χρονιά.

Κεφάλαιο 4: Προετοιμασία του χώρου πριν την φύτευση

4.1 Προεργασία του εδάφους

Καθώς η διάρκεια ζωής μιας φυτείας φράουλας είναι πολυετής (2-3 χρόνια) θα πρέπει να γίνει προ φυτευτική κατεργασία του εδάφους αφού με την συνεχή καλλιέργεια του εδάφους απομακρύνονται τα φυτικά θρεπτικά στοιχεία και η οργανική ουσία. Στόχος είναι καλύτερευση της δομής και των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του εδάφους, την αντιμετώπιση των ζιζανίων και τη διαμόρφωση των θέσεων μεταφύτευσης των φυτών (Κανάκης, 2004). 3-5 μήνες πριν την φύτευση γίνεται καλό όργωμα σε βάθος 30 cm, το έδαφος πρέπει να έχει θερμοκρασία πάνω από 10 °C, να γίνει καλό πότισμα και ταυτόχρονα να γίνει χρήση ζιζανιοκτόνων που δεν έχουν μεγάλης διάρκειας υπολειμματική δράση, η οποία θα μπορούσε να βλάψει τα νεαρά φυτά. Ο παραπάνω συνδυασμός βαθιάς άροσης και ζιζανιοκτόνου λαμβάνει χώρα όταν η φυτεία είναι υπαίθρια ή θα καλυφθεί τον επόμενο χειμώνα με χαμηλά πλαστικά σκέπαστρα.

Ένας παράγοντας που επηρεάζει την παραγωγή της φράουλας είναι όλοι εκείνοι οι μύκητες και οι νηματώδεις του εδάφους οι οποίοι προσβάλλουν τις ρίζες των φυτών, μειώνοντας την ανάπτυξη και την παραγωγικότητά τους (Δεκάζος, 1991). Γι' αυτό τον λόγο γίνεται η απαραίτητη απολύμανση. Η απολύμανση του χωραφιού γίνεται με μείγμα βρωμιούχου μεθυλίου 98% και χλωροπικρίνης 2%. Μπορεί να χρησιμοποιηθούν και άλλα καπνογόνα απολυμαντικά εδάφους (διχλωροπροπάνιο, τριχλωροπροπάνιο, fonofos, carbofurant, varan, κτλ) (Κανάκης, 2004). Μετά την εφαρμογή του απολυμαντικού σκεπάζουμε το χωράφι με πλαστικό υλικό. Το πλαστικό αφαιρείται από το χωράφι μετά από 48 ώρες. Η φύτευση των φυτών μπορεί να γίνει μετά από 15 ημέρες αφού γίνει φρεζάρισμα για να απομακρυνθούν τα φυτοτοξικά υπολείμματα του απολυμαντικού. (Δεκάζος, 1991). Φυσικά, 2-3 μέρες πριν την φύτευση γίνεται ακόμα ένα φρεζάρισμα για να απομακρυνθούν τυχόν επιπλέον ποσότητες του απολυμαντικού. Εάν η εδαφική υγρασία του είναι υψηλή, η εδαφική θερμοκρασία χαμηλή, η περιεκτικότητα της αργίλου υψηλή και έχουμε έλλειψη εδαφικού αερισμού τότε ο χρόνος μεταξύ απολύμανσης και φύτευσης θα είναι μεγαλύτερος.

Τελευταίο μήνα πριν την φύτευση χορηγείται και η κατάλληλη λίπανση. Θα πρέπει το μισό της απαιτούμενης ποσότητας φωσφόρου και καλίου να ενσωματωθεί στο έδαφος με άροση και το άλλο μισό να προστεθεί επιφανειακά λίγο πριν την φύτευση. Επίσης κάνουμε την απαραίτητη βασική αζωτούχο λίπανση και προσθέτουμε 5-6 τόνους κοπριά αν στρέμμα που ενσωματώνεται με βαθιά άροση εδάφους. Με την βαθιά άροση ενσωματώνεται η ζωική κοπριά στο χώμα. Αυτή είναι μια από τις γρηγορότερες και αποτελεσματικότερες τεχνικές βελτίωσης του εδάφους στις φράουλες (Δεκάζος, 1991). Με την εργασία αυτή μπορεί να εμφανιστούν ζιζάνια, έτσι επαναλαμβάνουμε την ζιζανιοκτονία Έτσι αναστέλλεται η βλάστηση των ζιζανίων και το φυτό αναπτύσσεται καλύτερα.

Εάν η φυτεία μας εγκατασταθεί σε υψηλά θερμοκήπια, αντί της χημικής ζιζανιοκτονίας γίνεται πλήρης απολύμανση του εδάφους με χημικά υποκαπνισμού με τα οποία καταστρέφονται οι σπόροι και οι βλαστικές μορφές των ζιζανίων, οι παθογόνοι μύκητες και τα βακτήρια εδάφους, τα έντομα εδάφους και οι διαχειμάζουσες σε αυτό μορφές τους, οι νηματώδεις σκώληκες και όλες οι μορφές έμβιων όντων καθώς και ιοί που υπάρχουν σε υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας που ενσωματώθηκαν στο έδαφος) (Κανάκης, 2004).

4.2 Διαμόρφωση χώρου

Πριν την φύτευση διαμορφώνονται τα αναχώματα (σαμάρια) πάνω στα οποία θα τοποθετηθούν τα φυτά. Είναι η πλέον πιο γνωστή μέθοδος το σύστημα με τα σαμάρια. Τα αναχώματα έχουν βάθος 20-25 εκ. και το κάθε ανάχωμα απέχει 25-30εκ. Αν τα φυτά τοποθετηθούν σε απλές γραμμές σε υπερυψωμένη λωρίδα πρέπει να απέχουν μεταξύ τους 76-90 εκ. (Δεκάζος, 1991). Αν τα φυτά τοποθετηθούν σε διπλές γραμμές τα φυτά φυτεύονται 30,5-40 εκ. χωριστά και το πλάτος της λωρίδας είναι 90-120 εκ. μεταξύ των γραμμών φύτευσης (Δεκάζος, 1991). Όποιο σύστημα και να ακολουθηθεί πρέπει να σχηματιστούν και αύλακες άρδευσης. Το οποίο έχει 20-25 εκ. βάθος και πλάτος 25-30 εκ. (Κανάκης, 2004). Πολλές φορές στις υπαίθριες καλλιέργειες γίνεται εδαφοκάλυψη με φύλλο πλαστικού. Λεπτά φύλλα πλαστικού, από πολυαιθυλένιο μαύρο ή διαφανές, καλύπτει κατά μήκος το ανάχωμα που πρόκειται να καλλιεργηθεί. Ανάμεσα στα φύλλα αυτά αφήνονται διάδρομοι για το πότισμα. Σκοπός

τοποθέτησής τους είναι να παρέχουν διατήρηση της υγρασίας, να παρεμποδίσουν την ανάπτυξη ζιζανίων και η καλλιέργεια ωριμάζει νωρίτερα (Yara UK., n.d.)

Κεφάλαιο 5: Συστήματα καλλιέργειας

Η μέθοδος καλλιέργειας που θα ακολουθηθεί εξαρτάται από το κλίμα, το έδαφος και από την προτίμηση του καλλιεργητή

Τρόποι καλλιέργειας της φράουλας και εγκατάστασης του φυτού είναι οι εξής και παρακάτω θα αναλυθούν λεπτομερώς :

- Υπαίθρια καλλιέργεια
- Καλλιέργεια θερμοκηπίου
- Καλλιέργεια υπό κάλυψη
- Υδροπονική καλλιέργεια

5.1 Υπαίθρια φύτευση

Για την φύτευση των έρριζων μοσχευμάτων απλά ανοίγονται λάκκοι σε περίπου 20 εκ. βάθος για να χωρέσει το ριζικό σύστημα του φυτού. Πρέπει δηλαδή ο λαιμός του να βρίσκεται ακριβώς στην επιφάνεια του εδάφους. Αν το φυτό φυτευτεί βαθιά τότε οι κεφαλές των φύλλων σκεπάζονται με αποτέλεσμα να μην γίνεται η εκβλάστηση τους και να καταστρέφεται το φυτό. Αν πάλι φυτευτεί πολύ ψηλά οι ρίζες εκτίθενται στον αέρα και οι νέες ρίζες που θα εμφανισθούν θα είναι δύσκολο να εισχωρήσουν στο έδαφος με αποτέλεσμα να έχουμε πρόβλημα στις ρίζες. Αν στο χωράφι δεν είχε προστεθεί κοπριά κατά την προετοιμασία του εδάφους απλά προστίθεται μικρή ποσότητα στο λάκκο πριν την τοποθέτηση του φυτού.

Η τοποθέτηση των φυτών πρέπει να γίνεται σωστά στις οπές και να συμπιέζεται το χώμα με φυτευτικό εργαλείο για να έρθουν σε επαφή οι ρίζες με το χώμα ειδικά όταν το έδαφος είναι ξηρό. Αν την ημέρα της φύτευσης το χωράφι έχει περισσότερη υγρασία αποφεύγεται η υπερβολική συμπίεση κοντά στο ριζικό σύστημα

Μετά την φύτευση ακολουθεί πότισμα με διάλυμα 300g νιτρικού καλίου και 500g τριπλού υπερφωσφορικού σε 100 λίτρα νερό.(Κανάκης, 2004) Η άρδευση πρέπει να γίνει όσο το δυνατό γρηγορότερα αφού πραγματοποιηθεί η φύτευση με το σύστημα

της τεχνικής βροχής. Για τις επόμενες 21 μέρες μετά την φύτευση η υγρασία πρέπει να διατηρείται σε υψηλά επίπεδα.

5.2 Καλλιέργεια υπο κάλυψη

Στην κατηγορία καλλιεργειών με κάλυψη έχουμε εκείνες με τα χαμηλά σκέπαστρα και εκείνες με τα υψηλά σκέπαστρα.(σύγχρονα θερμοκήπια)

5.2.1 Χαμηλά σκέπαστρα

Για την καλλιέργεια με χαμηλά σκέπαστρα, λίγες ημέρες πριν την φύτευση διαμορφώνονται τα αναχώματα πάνω στα οποία θα εγκατασταθούν τα φυτά. Τα χαμηλά σκέπαστρα κατασκευάζονται με μεταλλικά ή πλαστικά ημικύκλια τόξα και λευκό πολυαιθυλένιο, ως υλικό κάλυψης. Η κάλυψη των φυτών με πλαστικό φύλλο εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής και τις απαιτήσεις της ποικιλίας. Η κάλυψη των φυτών αρχίζει τον Ιανουάριο και φθάνει μέχρι τέλη Μαρτίου. Επειδή η τοποθέτηση του πλαστικού γίνεται νωρίτερα έχει ως αποτέλεσμα να διακόψει το λήθαργο των φυτών. Με την διακοπή του λήθαργου επιταχύνεται η άνθηση και η παραγωγή των καρπών αλλά τα φυτά είναι ευαίσθητα στους παγετούς.



Εικόνα 3: Νεαρά φυτά καλυμμένα με πλαστικό σε χαμηλά σκέπαστρα Πηγή: Yara UK., n.d.

Μεγάλη σημασία έχει να γίνει καλή στερέωση και τέντωμα του πλαστικού για να αντέχει στους ανέμους αλλά και να αποφεύγεται η συσσώρευση του νερού στο κέντρο, έτσι ώστε τα φυτά να παραμένουν στεγνά και να μειώνονται οι μολύνσεις από παθογόνους μικροοργανισμούς (Κανάκης, 2004). Το πλαστικό ζεσταίνει το έδαφος, καταστέλλει τα ζιζάνια και αυξάνει την παραγωγή. (Yara UK., n.d.) Τα χαμηλά σκέπαστρα είναι πιο εύκολα στις εργασίες και κατά την κατασκευή τους, εντούτοις παρουσιάζουν αδυναμία συγκομιδής των καρπών. Σε περίπτωση που επικρατούν όχι και τόσο ευνοϊκές συνθήκες χρησιμοποιούνται ελάχιστα από καλλιεργητές.

5.2.2 Υψηλά σκέπαστρα- θερμοκηπιακές καλλιέργειες

Η καλλιέργεια σε υψηλά σκέπαστρα είναι σήμερα ο πιο συνηθισμένος τρόπος καλλιέργειας της φράουλας και αφορά θερμοκηπιακές καλλιέργειες. Χρησιμοποιούνται υψηλά τοξωτά θερμοκήπια που το υλικό κάλυψης είναι από φύλλα πολυαιθυλενίου. Οι καρποί που παράγονται έχουν χρώμα ανοιχτότερο και είναι πιο γυαλιστερά από ότι εκείνοι της υπαίθριας. Με την χρήση των υψηλών σκέπαστρων, η εφαρμογή των καλλιεργητικών φροντίδων γίνεται ευκολότερα σε σχέση με τα χαμηλά. Η παραγωγή προϋμίζει κατά 10-15 ημέρες, γεγονός πολύ σημαντικό αφού σχετίζεται με υψηλότερες τιμές προϊόντος (Κανάκης, 2004). Η καλλιέργεια αυτή έχει το μειονέκτημα ότι απαιτεί υψηλό κόστος κατασκευής. Το πλαστικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο μία ή δύο χρονιές και έτσι η αγορά του επιβαρύνει σημαντικά το κόστος κάθε καλλιεργητικής περιόδου.

Επίσης, με την καλλιέργεια αυτή δεν επιτυγχάνεται ο επιθυμητός αερισμός με αποτέλεσμα να ανεβαίνουν οι θερμοκρασίες, γεγονός που μπορεί να είναι καταστρεπτικό αφού μειώνεται η απόδοση των φυτών, υποβαθμίζεται η ποιότητα και ο παραγωγός αναγκάζεται να ψεκάξει με φυτοφάρμακα για τον τετράνυχο. Σε αυτή την περίπτωση, και αν επιδιώκεται κάποια παραγωγή το φθινόπωρο, η κάλυψη με το πλαστικό πρέπει να γίνεται τον Οκτώβριο ή τον Νοέμβριο, ενώ στην καλοκαιρινή παραγωγή, η κάλυψη πρέπει να γίνεται χωρίς την Άνοιξη. Αν και επηρεάζεται και από την περιοχή και τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν σε αυτή.



Εικόνα 4: καλλιέργεια με υψηλά σκέπαστρα Πηγή: Yara UK., n.d.

Οι τρόποι εγκατάστασης της καλλιέργειας σε αυτά τα θερμοκήπια είναι:

1. Η καλλιέργεια επί εδάφους
2. Τα υδροπονικά συστήματα, τα οποία και χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες:
 - 2.1 Καλλιέργεια σε στήλες
 - 2.2 Κάθετη καλλιέργεια με την χρήση πλαστικών σωλήνων
 - 2.3 Καλλιέργεια σε γλάστρες
 - 2.4 Καλλιέργεια σε πυραμοειδή διάταξη

5.2.2.1 Καλλιέργεια επί εδάφους

Η καλλιέργεια εδώ αναπτύσσεται επί του εδάφους κάτω από υψηλά σκέπαστρα. Εφαρμόζεται εδαφοκάλυψη με μαύρο πλαστικό. Η φύτευση γίνεται σε απλά ή δίδυμα αναχώματα ή πολλές φορές και σε τρίδυμα αναχώματα. (Κανάκης, 2004).

5.2.2.2 Καλλιέργεια σε υδροπονικά συστήματα

Στα υψηλά θερμοκήπια η υδροπονική καλλιέργεια φράουλας εφαρμόζεται σε κάθετο επίπεδο, το οποίο διαμορφώνεται είτε σε στήλες είτε σε πυραμίδες (Κανάκης, 2004).

5.2.2.2.1 Καλλιέργεια σε στήλες

Κατά το σύστημα των στηλών οι υποδοχείς των φυτών μπορεί να είναι είτε μονοκόμματοι κάθετοι πλαστικοί σωλήνες είτε άθροισμα γλαστρών.

5.2.2.2.2 Κάθετη καλλιέργεια σε πλαστικούς σωλήνες

Το υλικό κατασκευής των σωλήνων μπορεί να είναι PVC ή ενισχυμένο πολυαιθυλένιο. Οι σωλήνες έχουν διάμετρο 20cm και ύψος 1,8 - 2,0m Τοποθετούνται σε γραμμές που απέχουν μεταξύ τους 1,0 - 1,2m. και επί της γραμμής η απόσταση μεταξύ των σωλήνων είναι 0,8 - 1,1m. (Δεκάζος, 1991). Οι σωλήνες γεμίζονται με οργανικό υπόστρωμα που εμπλουτίζεται με φωσφορούχο λίπασμα.



Εικόνα 5: Υδροπονικό σύστημα με χρήση πλαστικών σωλήνων Πηγή: Fytocomia.gr

Γίνονται 4- 5 ποτίσματα με καθαρό νερό ώστε να «καθίσει» το υπόστρωμα και αν χρειαστεί να συμπληρωθεί ο σωλήνας πριν την τοποθέτηση των φυτών. Το ιδανικό pH πρέπει να είναι 5.8-6.2 στις υδροπονικές καλλιέργειες. Το υπόστρωμα πρέπει να

αλλάζεται κάθε 2 εβδομάδες για να υπάρξει άριστη ανάπτυξη του φυτού (PavelSluka, 2013). Στις καλλιέργειες αυτές η άρδευση και η λίπανση των φυτών γίνεται με την εγκατάσταση του κύριου και των δευτερευόντων σωλήνων άρδευσης στην οροφή του θερμοκηπίου. Από εκεί με το σύστημα της στάγδην άρδευσης, το νερό διοχετεύεται στα φυτά. (Κανάκης, 2004).

5.2.2.3 Καλλιέργεια σε γλάστρες.

Κατά το σύστημα αυτό αντί των κάθετων σωλήνων χρησιμοποιούνται γλάστρες από πολυστερίνη, οι οποίες τοποθετούνται η μια πάνω από την άλλη. Για καλύτερη στήριξη χρησιμοποιούνται γλάστρες τετράγωνης διατομής. Η στερέωση των γλαστρών επιτυγχάνεται τόσο με το βάρος του περιεχομένου υποστρώματος όσο και με σύρμα το οποίο διέρχεται από την οπή που υπάρχει στο κέντρο του πυθμένα της γλάστρας και προσδένεται στην οροφή. Σε κάθε στήλη χρησιμοποιούνται 8-10 γλάστρες και έτσι το ύψος της στήλης φθάνει τα 1,8 - 2,0 m.(Κανάκης, 2004). Τα φυτά της φράουλας τοποθετούνται στις 4 γωνίες της κάθε γλάστρας μετά τη συμπλήρωση της με το υπόστρωμα. Το πότισμα και η λίπανση των φυτών γίνεται με στάγδην άρδευση

5.2.2.4 Καλλιέργεια σε πυραμοειδή διάταξη

Κατά το σύστημα αυτό με τη χρήση ξύλινων ή μεταλλικών στοιχείων κατασκευάζεται μέσα στο θερμοκήπιο αμφίπλευρη κλίμακα δηλαδή σκάλα της οποίας η τομή κατά το κάθετο επίπεδο έχει το σχήμα της πυραμίδας. Κάθε σκαλοπάτι της κλίμακας, αριστερά και δεξιά έχει μήκος όσο το μήκος του θερμοκηπίου και συνιστά το υπόβαθρο στήριξης του αδρανούς υλικού του υποστρώματος της υδροπονίας. Το ύψος της πυραμίδας δεν πρέπει να υπερβεί τα 1,4-1,5 μ. ώστε προσεγγίζεται το κάθε φυτό. Συνήθως διαμορφώνονται 4-5 σκαλοπάτια σε κάθε σκαλοπάτι η απόσταση μεταξύ των φυτών είναι 25-30 εκ. Η άρδευση γίνεται με ενσωματωμένους στο σωλήνα άρδευσης ποτίσματος σταλακτήρες έναν ανά κάθε φυτό (Κανάκης, 2004). Το μεγάλο μειονέκτημα της πυραμοειδούς διάταξης είναι η μικρή αύξηση των φυτών ανά στρέμμα και το μεγάλο κόστος της εγκατάστασης.



Εικόνα 6: πυραμοειδής διάταξη σε υδροπονικό θερμοκήπιο

6 Συγκομιδή

Η συγκομιδή της φράουλας, γίνεται όταν ώριμος καρπός έχει κοκκινίσει. Η ωρίμανση του καρπού ολοκληρώνεται σε 24 έως 36 ημέρες ανάλογα με την ποικιλία. Στις ποικιλίες των υπαίθριων καλλιεργειών οι μεν καρποί που παράγονται Μάιο-Ιούνιο ωριμάζουν σε 20-25 ημέρες εκείνοι που παράγονται αργά το φθινόπωρο (Οκτώβριο-Νοέμβριο) ωριμάζουν σε πολύ μεγαλύτερο χρονικό διάστημα που μπορεί να φτάσει και τις 60 ημέρες. (Κανάκης, 2004). Κατά την συγκομιδή της φράουλας θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι ο καρπός είναι πολύ ευαίσθητος, γι' αυτό τόσο το μάζεμα όσο και η μεταφορά πρέπει να γίνεται με πολύ προσοχή έτσι ώστε να αποφεύγονται οι τραυματισμοί και να διατηρείται σε καλή κατάσταση με στόχο τις μεγαλύτερες τιμές στην αγορά. Η συχνότητα συγκομιδής στη φράουλα, εξαρτάται από την ταχύτητα που ωριμάζει, η οποία εξαρτάται από τις θερμοκρασίες που επικρατούν στην ατμόσφαιρα. Ο καλύτερος χρόνος για συγκομιδή της φράουλας είναι οι πρωινές ώρες (Δεκάζος, 1991). κατά τις οποίες η θερμοκρασία των καρπών είναι χαμηλή και έτσι αντέχει στους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς. Αν οι καρποί προορίζονται για κοντινές αποστάσεις, δηλαδή να διαρκούν μέχρι 12 ώρες μέχρι ο καρπός να φτάσει στον έμπορο, ο καρπός συγκομίζεται όταν είναι ολόκληρος κόκκινος. Αν ο καρπός προορίζεται για μεγαλύτερες αποστάσεις, τότε συγκομίζεται όταν ακόμη το 1/3 του καρπού είναι λευκό. Αν η θερμοκρασία μείνει σταθερή στους 21°C, τότε ωριμάζει μέσα σε δυο μέρες. Η φύλαξη των καρπών μέχρι την μεταφορά, να γίνεται σε σκιερό μέρος για την διατήρηση

τους. Η συλλογή της φράουλας γίνεται με το χέρι. Είναι ο καλύτερος τρόπος συγκομιδής γιατί εξασφαλίζει ιδανική κατάσταση των καρπών και ποιοτική επιλογή για νωπή κατανάλωση.

7 Καλλιέργεια της φράουλας με ορμόνες

Οι αυξητικές ορμόνες παίζουν σημαντικό ρόλο για την παραγωγή στολώνων, την αύξηση ποσοστού ωρίμανσης των καρπών και την ανθεκτικότητα των ανθοφόρων οφθαλμών στο ψύχος (Δεκάζος, 1991). Όπως είδαμε και παραπάνω, στον μικροπολλαπλασιασμό της φράουλας γινόταν χρήση ορμονών στα ειδικά υποστρώματα καλλιέργειας των μεριστρωματικών ιστών οι οποίες είναι απαραίτητες για την ανάπτυξη του φυτού (κυτοκινίνες και γιββεριλίνες) καθώς και των ριζών (αυξίνες).

Πολλοί παραγωγοί για να επιτύχουν καλοσχηματισμένους καρπούς συνηθίζουν να ψεκάζουν τα φυτά με ορμονούχα σκευάσματα, κυρίως της κατηγορίας των αυξινών. Ειδικότερα ψεκάζεται με NAA σε συγκέντρωση 0,0003-0,1% ή IAA σε συγκέντρωση 0,11-0,5% στο χρονικό διάστημα μεταξύ της 8^{ης} και της 12^{ης} ημέρας μετά το άνοιγμα των ανθέων. (Κανάκης, 2004).

Φυτά που ψεκάστηκαν με γιββεριλικό οξύ 550 ppm παρουσιάζουν αυξημένη παραγωγή αριθμού στολώνων, ενώ αν ψεκάσουμε με 10 ppm ανά εβδομαδιαία διαστήματα, αυξάνονται το ποσοστό ωρίμανσης των φρούτων

Κεφάλαιο 6: Οι φυτορρυθμιστικές ουσίες που χρησιμοποιούνται στην καλλιέργεια της φράουλας

Όπως είδαμε και παραπάνω για την παραγωγή της φράουλας όλοι οι παράγοντες ρυθμίζονται σωστά για να υπάρξει η καλύτερη σε ποιότητα και ποσότητα παραγωγή (λίπανση, φυτοπροστασία κ.λπ.). Ωστόσο αυτό δεν είναι αρκετό. Έτσι οι καλλιεργητές χρησιμοποιούν επιπλέον μέσα, τις φυτορρυθμιστικές ουσίες. Οι φυτορρυθμιστικές ουσίες (PGR: plant growth regulator) είναι οργανικές ουσίες που δεν είναι θρεπτικά συστατικά δηλαδή δεν παρέχουν στο φυτό ενέργεια ή απαραίτητα μεταλλικά στοιχεία και συντίθενται στα φυτά, προκαλώντας αλλαγές στον κυτταρικό μεταβολισμό (AnuRastogiet, 2013) όπως επίσης και στην ικανότητα του φυτού να ανταποκρίνεται στο περιβάλλον του. Η αύξηση και η ανάπτυξη ενός φυτού επηρεάζονται από γενετικούς παράγοντες, εξωτερικούς περιβαλλοντικούς παράγοντες και χημικές ορμόνες μέσα στο φυτό. Τα φυτά ανταποκρίνονται σε πολλούς περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως το φως, η βαρύτητα, το νερό, τα ανόργανα θρεπτικά συστατικά και η θερμοκρασία με αποτέλεσμα να περιορίζονται οι φυσιολογικές διεργασίες του φυτού καθώς επίσης και η δυνατότητα ανάπτυξής του. (Biologyonline, n.d.)

Η εφαρμογή ορμονών σε χαμηλή συγκέντρωση (<1μM) είτε προάγει είτε αναστέλλει είτε τροποποιεί την ανάπτυξη και την φυσιολογική εξέλιξη του φυτού. Οι ρυθμιστές αύξησης των φυτών επηρεάζουν όλες τις πτυχές της φυτικής ζωής, από την ανθοφορία έως τη ρύθμιση των καρπών και την ωρίμανση και από τον φωτοτροπισμό στην πτώση των φύλλων (Lumen Boundless Biology, n.d.) Λόγω ότι αναστέλλει ή παρακινεί την ανάπτυξη του φυτού ονομάζεται και ρυθμιστές ανάπτυξης (Anu Rastogiet, 2013) Οι ορμόνες μπορούν να δράσουν στο κύτταρο προέλευσης τους ή να μεταφερθούν σε άλλα τμήματα του φυτού, με πολλές απαντήσεις σε φυτά που συνεπάγονται τη συνέργεια ή την ανταγωνιστική αλληλεπίδραση δύο ή περισσότερων ορμονών. Αντίθετα, οι ορμόνες των ζώων παράγονται σε συγκεκριμένους αδένες και μεταφέρονται σε μια μακρινή τοποθεσία για δράση, ενεργώντας από μόνες τους. Οι φυτορρυθμιστικές ουσίες μπορούν να συντεθούν και στο εργαστήριο και να παρέχονται στην εμπορική αγορά. Οι ορμόνες είναι είτε φυσικά είτε συνθετικά χημικά που

ψεκάζονται ή ειδάλλως τοποθετούνται στους σπόρους ή στο φυτό (MaximumYield, n.d.)

Οι φυτορρυθμιστικές ουσίες διακρίνονται σε φυσικές και σε τεχνητές.

- Φυσικές φυτορρυθμιστικές ουσίες ή αλλιώς φυτορμόνες. Παράγονται ενδογενώς σε ορισμένα μέρη του φυτού και μπορούν από εκεί να μετακινούνται και σε άλλα μέρη προκαλώντας ειδικές βιοχημικές, φυσιολογικές ή μορφολογικές αντιδράσεις. Δρουν τόσο στους ιστούς στους οποίους παράγονται όσο και σε απόσταση από αυτούς. Οι φυσικές φυτορρυθμιστικές ουσίες είναι φυσικά προϊόντα που παράγονται από τα φυτά και μπορούν με κατάλληλες μεθόδους να εξαχθούν και να προσδιοριστούν.

- Συνθετικοί ρυθμιστές αύξησης είναι συνθετικά παράγωγα με δομή ίδια, συναφή ή και διαφορετική από εκείνη των ενδογενών. Έχουν δράση συναφή ή αντίθετη από εκείνη των ενδογενών. Εφαρμόζονται σε διάφορα στάδια ανάπτυξης των φυτών για να διεγείρουν, να τροποποιήσουν ή να παρεμποδίσουν κάποια βιοχημική ή φυσιολογική διεργασία με σκοπό την επίτευξη ενός συγκεκριμένου αποτελέσματος στην παραγωγική διαδικασία ή την έρευνα. (Άννα Ασημακοπούλου, 2016)

Οι βοτανολόγοι θεωρούν πέντε τις κυριότερες ομάδες ορμονών:

a) Αυξίνες(auxins)

i) Φυσική: IAA

ii) Κυριότερες συνθετικές: IBA, NAA, β -NOA, 2,4-D, 2,4,5-T, Dicamba

b) Γιββερελίνες (gibberellins)

i) Φυσική: gibberellic acid (GA_3)

ii) Κυριότερες συνθετικές: gibberellic A_4 , gibberellic A_7

c) Αιθυλένιο (ethylene)

i) Φυσική: αιθυλένιο (C_2H_4)

ii) Κυριότερες συνθετικές: ethephon

d) Κυτοκινίνες (cytokinins)

- i) Φυσική: zeatin
 - ii) Κυριότερες συνθετικές: N-6- benzyladenine
- e) Αμψισσικό οξύ (abscissic acid) (Macháčková Ivanaet, 2008)

6.1 Αυξίνη

Οι αυξίνες ήταν οι πρώτες φυτικές ορμόνες που ανακαλύφθηκαν και έχουν μελετηθεί εκτενώς. Στη δεκαετία του 1880, ο Κάρολος Δαρβίνος και αργότερα ο γιος του Francis διεξήγαγαν πειράματα στη βρώμη (Ignacio Garcia, 2018) για να ερευνήσουν τα αίτια του φωτοτροπισμού (και την επίδραση του φωτός στην κατεύθυνση της ανάπτυξης) και του γεωτροπισμού που κατέληξε στην ύπαρξη φυτικής ορμόνης από τον Thimann (1935) που την ταυτοποίησε ως ινδολ-3-οξικό οξύ (indole-3-acetic acid, IAA). Η σύνθεση των αυξινών γίνεται κυρίως στα μεριστώματα του βλαστού, της ρίζας καθώς και στα φύλλα και η μεταφορά τους από το σημείο συνθέσεώς τους προς τα σημεία δράσεώς τους γίνεται από την κορυφή προς την βάση (Γαλάτης et, 2014). Επομένως, η συγκέντρωση της αυξίνης είναι η υψηλότερη στην κορυφή του φυτού και μειώνεται όσο πλησιάζει στις ρίζες.

Ο όρος αυξίνη προέρχεται από την ελληνική λέξη αύξηση. Ενώ πολλές συνθετικές αυξίνες χρησιμοποιούνται ως ζιζανιοκτόνα, το ινδολοοξικό οξύ (IAA) είναι η μοναδική φυσική αυξίνη που παρουσιάζει φυσιολογική δραστηριότητα (Lumen Boundless Biology, n.d.). Σε πειράματα που πραγματοποιήθηκαν αποδείχτηκε ότι η επίδραση της χορήγησης αυξίνης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη συγκέντρωση και τη μέθοδο εφαρμογής που χρησιμοποιείται για κάθε τύπο φυτού. Σε χαμηλές συγκεντρώσεις, ο σχηματισμός λουλουδιών προωθείται ελαφρά και η ωρίμανση διαρκεί περισσότερο. Με υψηλές συγκεντρώσεις υπάρχει ανασταλτική επίδραση στην ανάπτυξη συνοδευόμενη από παραμορφώσεις και συμπτώματα ίδια με όγκους. (Ignacio Garcia, 2018) Οι αυξίνες όπως και οι κυτοκινίνες που θα δούμε παρακάτω ρυθμίζουν την ανάπτυξη του φυτού. Όπως δίνουν σχήμα στα φυτά και επηρεάζουν την ανάπτυξη των σπόρων, τον χρόνο άνθισης, το φύλλο των άνθεων και την πτώση των καρπών και των φύλλων. (Gana, A. S., 2010)

6.1.1 Συνθετικές αυξίνες

Οι συνθετικές ορμόνες χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην γεωργική πράξη, όπως π.χ. για την ριζοβολία μοσχευμάτων, την πρόκληση παρθενοκαρπίας, την αύξηση της ανθοφορίας, κυρίως καλλωπιστικών φυτών, την παρεμπόδιση της βλάστησης των οφθαλμών των βολβών (Άννα Ασημακοπούλου, 2016). Επίσης, χρησιμοποιούνται ευρύτατα ως ζιζανιοκτόνα. Ιδιαίτερα ευρείας χρήσης είναι το 2,4-D και το 2,4,5-T. Τα ζιζανιοκτόνα αυτά παρουσιάζουν εκλεκτική φυτοτοξικότητα και είναι περισσότερο αποτελεσματικά στα πλατύφυλλα δικοτυλήδονα φυτικά είδη.

6.1.2 NAA(α-ναφθαλινοξικό)

Έχουν συνθέσει διάφορες φθινές ενώσεις παρόμοιες σε δομή με το IAA. Οι συνθετικές αυξίνες, όπως το NAA, χρησιμοποιούνται εκτεταμένα για να προωθήσουν το σχηματισμό ριζών των στελεχών και των φύλλων και αυξάνουν τον αριθμό των καρπών σε κάθε φυτό. Το NAA μπορεί να είναι ένας πολύ αποτελεσματικός παράγοντας αραίωσης φρούτων για να μπορούν αυτά που έχουν απομείνει να μεγαλώσουν περισσότερο. (University of California Agriculture and Natural Resources, 2008) Ο ψεκασμός σε αυτήν την περίπτωση γίνεται όταν τα φυτά είναι νεαρά. Όταν το NAA ψεκάζεται απευθείας στα ώριμα φρούτων, μερικές εβδομάδες πριν να είναι έτοιμα για την συγκομιδή, το NAA εμποδίζει τα φρούτα να πέσουν από τα δέντρα πριν ωριμάσουν. Επίσης, χρησιμοποιείται σε περίπτωση που το δέντρο είναι υπερφορτωμένο για να αποκοπούν κάποια φρούτα και έτσι με αυτήν την αραίωση να αυξηθεί το μέγεθος των υπολοίπων φρούτων και να αναστείλει την ανάπτυξη των παραφυάδων στον κορμό. Οι επιδράσεις μιας ορμόνης σε ένα φυτό συχνά εξαρτώνται από το στάδιο της ανάπτυξης του φυτού. (Biology online, n.d.) Το NAA χρησιμοποιείται για την πρόληψη της ανεπιθύμητης βλάστησης των στελεχών στη βάση των διακοσμητικών δέντρων, αφού δεν επιτρέπει στους πλευρικούς οφθαλμούς να αναπτυχθούν (βλέπε παρακάτω κορυφαία κυριαρχία).

6.1.3 2,4-D(2,4-διχλωροφαινοξικό οξύ)

Στα χλωροφαινοξικά οξέα (*chlorophenoxy acids*) ανήκουν συνθετικές αυξίνες που χρησιμοποιούνται σαν ορμονικά ζιζανιοκτόνα όπως το 2,4-D. Καταστρέφει επιλεκτικά δικοτυλήδονα όπως πικραλίδες και βλίτα, χωρίς να τραυματίζονται τα μονοκοτυλήδονα, όπως χόρτα γκαζόν και καλλιέργειες δημητριακών. Δεδομένης της μεγάλης εξάρτησής των τροφίμων από τα σιτηρά, το 2,4-D έχει μεγάλη αξία για τη γεωργία(Biology online, n.d.). Παρουσιάζει δράση μόνο έναντι των δικότυλων, αφού τα μονοκότυλα φυτά έχουν την ικανότητα αδρανοποίησης της ουσίας. Χρησιμοποιείται στα αγροκτήματα και στην αύξηση της παραγωγής λατέξ στα καουτσουκόδενδρα (Toxicology Data Network, 2015). Το 2,4 -D παρουσιάζει ισχυρή δράση σε συγκεντρώσεις πολύ χαμηλότερες εκείνων στις οποίες δρα το ινδολυλοξικό οξύ, προκαλεί έντονη λειτουργία της αναπνοής, ανεξέλεγκτη διάταση των κυττάρων, και ως εκ τούτου ανωμαλίες στη μορφογένεση. Επίσης, χρησιμοποιείται για τη βελτίωση της ριζοβολία των μοσχευμάτων. Αποδείχθηκαν πολύ αποτελεσματικές σε κωνοφόρα δέντρα καθώς και άλλα, δύσκολα στη ριζοβολία, φυτά, ιδιαίτερα καλλωπιστικά

Επίσης, το 2,4-D χρησιμοποιείται κυρίως για να καθυστερήσει και να μειώσει την ανεπιθύμητη πτώση φρούτων. Το 2,4-D χρησιμοποιείται για τον έλεγχο πτώσης των φρούτων πριν από τη συγκομιδή, αυξάνοντας το μέγεθος των καρπών και ελέγχοντας την πτώση των φύλλων και των καρπών μετά από τον ψεκασμό λαδιού. Όταν χρησιμοποιείτε 2,4-D για να μειωθεί η πτώση των ώριμων φρούτων, εφαρμόζετε η ένωση λίγο πριν την πτώση των φρούτων, αλλά αρκετά μακριά από την ανθοφορία για να ελαχιστοποιηθούν οι ανεπιθύμητες παρενέργειες που θα είχε διαφορετικά η 2,4-D στον κύκλο ανάπτυξης της άνοιξης.(University of California Agriculture and Natural Resources, 2008). Πρόσφατα έχει παρουσιαστεί ότι το NAA και το 2,4-D εμποδίζουν την ωρίμανση της φράουλας που της έχουν αφαιρεθεί οι σπόροι.(HooleyRichard, RobertsJeremyA. 1988). Είναι πολύ ισχυρή αυξίνη, χρησιμοποιήθηκε ως ζιζανιοκτόνο για ξυλώδη φυτά καθώς επίσης και ως αποφυλλωτικό στο Βιετνάμ (Agent Orange). Η παρασκευή και η χρήση του έχει απαγορευτεί από τις ΗΠΑ γιατί αποδείχθηκε καρκινογόνο. Το 2,4,5 - T είναι αδρανής ουσία και έχει ανταγωνιστική δράση από αυτή της αυξίνης.

6.1.4 IBA (ινδολοβουτιρικό οξύ)

Άλλη μια συνθετική ορμόνη είναι η IBA. Χρησιμοποιείται από τους καλλιεργητές όταν θέλουν ένα αντίγραφο ενός τρέχοντος φυτού του κήπου τους. Κόβουν ένα κομμάτι του αρχικού φυτού για ανάπτυξη και βυθίζουν το σημείο κοπής στην σκόνη IBA και στη συνέχεια το φυτό τοποθετείται σε πλούσιο θρεπτικό έδαφος. Επιτυγχάνεται έτσι σχηματισμός ριζών μέσα σε δύο εβδομάδες. Αυτή η διαδικασία είναι γνωστή ως κλωνοποίηση. (Place M., n.d.)

Το IBA είναι ένας ρυθμιστής αυξήσεως που χρησιμοποιείται σε πολλά φυτά για να προωθήσει την ανάπτυξη ριζών, ανθέων και καρπών καθώς και να αυξήσει την παραγωγή. Οι παραγωγοί το βρίσκουν πιο αποτελεσματικό από το IAA γιατί τα φυτά δεν μπορούν να το διασπάσουν τόσο εύκολα. Είναι και λιγότερο ευαίσθητο στο φως από το IAA.

6.1.5 2-ναφθυλοξικό οξύ (2-NOA)

Η 2-NOA (2-ναφθυλοξικό οξύ) ανήκει στην ομάδα των συνθετικών αυξίνων και πιο συγκεκριμένα στην ομάδα των ναφθαλινικών οξέων. Σε αυτήν την ομάδα ανήκει επίσης και το ναφθυλοξικό οξύ (NAA). Χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της πτώσης των καρπών πριν την συγκομιδή στις φράουλες (Pubchem, 2005). Επίσης, βοηθάει στην προώθηση της ανάπτυξης ριζών (Daniel S. Kirschbaum, 1998). Σε υψηλές συγκεντρώσεις προκαλεί τη γήρανση των ριζικών μεριστωμάτων που σε άλλες συνθήκες επιτρέπουν την απεριόριστη αύξηση των επιμέρους κορυφών.

Χρησιμοποιείται όπως και το 2,4-D για την αύξηση καρποδεσίας σε τομάτες και άλλα λαχανικά θερμοκηπίου ή καλλιέργειες εκτός εποχής, ιδιαίτερα σε χαμηλές θερμοκρασίες όπου δεν μπορεί να γίνει φυσιολογική γονιμοποίηση, δίνοντας άσπερμους καρπούς, καθώς το περικάρπιο αυξάνεται χωρίς να έχει προηγηθεί γονιμοποίηση, και καλύτερη παραγωγή.

6.1.6 Χρήση των αυξινών στην καλλιέργεια της φράουλας

6.1.6.1 Αύξηση του βλαστού

Όταν εφαρμοστεί εξωγενής αυξίνη σε τμήματα του εμβρυακού βλαστού προάγεται η αύξηση των κυττάρων κατά μήκος του άξονά του και επιμηκύνεται. Αυτό φυσικά επιτυγχάνεται εφόσον οι ιστοί των βλαστών είναι, όσο το δυνατόν, απαλλαγμένοι από τις δικές τους ενδογενείς φυτορρυθμιστικές ουσίες ειδικά της εφαρμογής εξωγενούς αυξίνης δεν έχει κανένα αποτέλεσμα. Έτσι το μερίστωμα διαφοροποιείται σε αγγειακό ιστό και προάγεται η ανάπτυξη και ρύθμιση των φύλλων. (Lumen Boundless Biology, n.d.) Πριν το κύτταρο επιμηκυνθεί, το κυτταρικό τοίχωμα του πρέπει να γίνει λιγότερο άκαμπτο ώστε να μπορεί να επεκταθεί. Η IAA πυροδοτεί την αύξηση της πλαστικότητας ή της εκτατότητας των κυτταρικών τοιχωμάτων, επιτρέποντας την επιμήκυνση (Biologyonline, n.d.). Παράλληλα προκαλεί αναστολή της γήρανσης των φύλλων. (Γαλάτης et, 2014)

Σε περιπτώσεις που η εξωγενής αυξίνη έχει εφαρμοστεί σε ένα τμήμα του φυτού, τότε η αύξηση της συγκέντρωσης σημαίνει και αύξηση της επιμήκυνσης ως ένα σημείο πέρα από το οποίο η περαιτέρω αύξηση της συγκέντρωσης παρεμποδίζει την αύξηση. Τέλος, στην αύξηση κατά μήκος, οι ποσότητες της αυξίνης στους ιστούς των ριζών της φράουλας είναι χαμηλότερες από ότι στους βλαστούς..

6.1.6.2 Ριζοβολία

Οι αυξίνες είναι τα κύρια συστατικά που ευθύνονται για το σχηματισμό των ριζικών κυττάρων. Η ριζογένεση εμφανίζεται σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις αυξινών, αφού σε υψηλότερες συγκεντρώσεις καταστέλλεται η ανάπτυξη και αύξηση των ριζών. Ωστόσο, η παρουσία άλλων φυτοορμονών καθορίζει εάν τα νέα κύτταρα γίνονται ρίζες ή άλλα όργανα. Η ισορροπία ανάμεσα σε αυξίνες και κυτοκινίνες παίζει πολύ σημαντικό ρόλο σε αυτή τη διαδικασία. Έτσι, όταν στα φυτικά κύτταρα μιας καλλιέργειας, η συγκέντρωση αυξινών είναι μεγαλύτερη από αυτή των κυτοκινινών, θα δημιουργηθούν νέες ρίζες. Ωστόσο, αν η συγκέντρωση των κυτοκινινών είναι μεγαλύτερη από αυτή των αυξινών, τα κύτταρα τελικά θα εξελιχθούν σε νέους

οφθαλμούς. Όταν η συγκέντρωση των δύο ορμονικών τύπων είναι ίδια, η κυτταρική ανάπτυξη θα συμβεί χωρίς διαφοροποίηση, σχηματίζοντας μια μάζα αναπτυσσόμενων κυττάρων που ονομάζεται κάλλοι.(Ignacio Garcia, 2018)

Όταν σε ένα κομμάτι του βλαστού που έχει αποκοπεί εφαρμοστεί αυξίνη και ιδιαίτερα συνθετική αυξίνη (IBA) τότε η μετακίνησή της προκαλεί μια συγκέντρωση στη βάση του βλαστού, η οποία στην συνέχεια θα προκαλέσει μια διόγκωση ή το σχηματισμό κάλλου (όγκου) στο σημείο αυτό. Η ενεργοποίηση των κυττάρων του καμβίου σχηματίζει τυχαίες ρίζες. Παράλληλα, και η IAA χρησιμοποιείται στην ρίζα ως ορμόνη για την προώθηση της ανάπτυξης των τυχαίων ριζών σε μοσχεύματα και αποσπασμένα φύλλα. (Lumen Boundless Biology, n.d.). Τόσο η IAA και η IBA έχουν την ικανότητα να αυξάνουν τις ανθοκυανίνες στις ρίζες.(Justyna Góraj et al, 2014)

6.1.6.3 Ρύθμιση απόπτωσης

Η απόσπαση είναι η αποβολή ορισμένων τμημάτων του φυτού. Σε πολλές περιπτώσεις η αιτία είναι η γήρανση του φυτικού ιστού η οποία ονομάζεται και γήρανση (θάνατος) του φυτού. Η εξωγενής εφαρμογή των αυξινών θα μειώσει την απόπτωση σε καρπούς και σε φύλλα. Επιβραδύνει την γήρανση των φύλλων.

6.1.6.4 Σχηματισμός καρπού

Παράλληλα, ο ρόλος της αυξίνης στη φάση μετατροπής της ωοθήκης σε καρπό φαίνεται από το ότι κατά την διάρκεια της διαδικασίας αυτής τόσο η περιεκτικότητα σε αυξίνη της ωοθήκης όσο και του καρπού αυξάνεται κατακόρυφα. Εάν σε αυτή τη φάση εφαρμοστούν συνθετικές αυξίνες τότε μπορεί να επιτευχθεί φυσιολογική γονιμοποίηση (επικονίαση).

Όταν συμβαίνει επικονίαση και γονιμοποίηση, η συγκέντρωση των αυξινών στα φρούτα συνήθως αυξάνεται, πιθανώς ως αποτέλεσμα της παραγωγής από τους αναπτυσσόμενους σπόρους. Εάν δεν συμβεί γονιμοποίηση, τα φρούτα δεν αναπτύσσονται και δεν ωριμάζουν. Αλλά με την εφαρμογή των αυξινών, ο σχηματισμός και η ωρίμανση των καρπών μπορεί να συμβεί χωρίς να γίνει επικονίαση

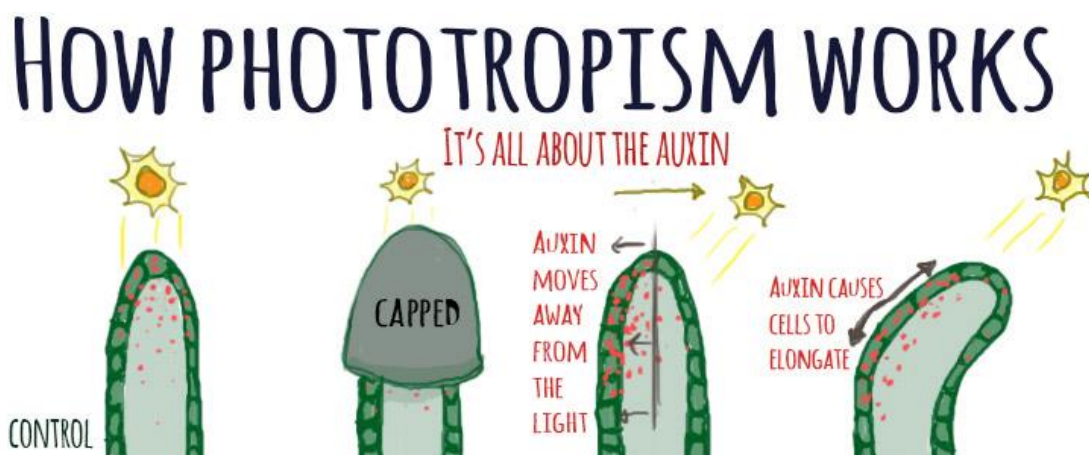
ή γονιμοποίηση (και συνεπώς σχηματισμός σπόρων). Η ανάπτυξη φρούτων χωρίς γονιμοποίηση ονομάζεται παρθενοκαρπία και χρησιμοποιείται ευρέως όταν ο σχηματισμός σπόρων είναι ανεπιθύμητος ή όταν δεν είναι δυνατή η επικονίαση. Αυτό συμβαίνει όταν τα φυτά που έχουν επικονιαστεί με έντομα καλλιεργούνται σε θερμοκήπια. Όταν δεν υπάρχουν έντομα επικονίασης, εφαρμόζονται εξωγενείς αυξίνες για την προώθηση των καρπών.

Σημαντικό είναι επίσης το γεγονός ότι με τη δράση της αυξίνης ενεργοποιούνται οι μηχανισμοί παραγωγής του αιθυλενίου, το οποίο βοηθάει κυρίως στην ωρίμανση των καρπών της φράουλας και στην εγκατάσταση της επικράτησης του ακραίου οφθαλμού. Χωρίς τις αυξίνες, τα φρούτα είναι συχνά πολύ μικρά. Ορισμένοι παραγωγοί θα ψεκάσουν με τεχνητές αυξίνες τα φυτά προκειμένου να αυξηθεί το μέγεθος των καρπών. (Danielle Weber, n.d.) Το επίπεδο της IAA είναι σχετικά χαμηλό κατά την ανθοφορία, αλλά αυξάνεται ραγδαία όταν ο καρπός είναι πράσινος και κατόπιν μειώνεται καθώς η ανάπτυξη των καρπών συνεχίζεται και η ωρίμανση προχωράει. Αποδεικνύοντας την σπουδαιότητα της αυξίνης στην καρποδεσία.

Η αυξίνη, μπορεί να λειτουργήσει ως αναστολέας ωρίμανσης σε μερικά μη-κλιμακτηριακά φρούτα (δηλαδή δεν ωριμάζουν μετά την συγκομιδή τους ή ωριμάζουν αλλά με μικρό ρυθμό) όπως είναι και η φράουλα. (G.M. Symonset, 2012). Στη φράουλα, έχει αποδειχθεί ότι το μέγεθος των καρπών επηρεάζεται από τις φυτορρυθμιστικές ουσίες που παράγουν οι αναπτυσσόμενοι σπόροι. Φαίνεται ότι η αυξίνη από τα εξωτερικά σπέρματα (σπόρους) αναστέλλει την ωρίμανση του φρούτου. Θεωρείται ότι καθώς ο καρπός αναπτύσσεται, το επίπεδο της αυξίνης στα σπέρματα, πέφτει κάτω από ένα κρίσιμο επίπεδο, επιτρέποντας έτσι την ωρίμανση, ενώ η επεξεργασία των φραουλών με συνθετικές αυξίνες καθυστερεί την ωρίμανση. Επομένως, αν αφαιρεθούν τα σπέρματα προάγεται η ωρίμανση. Η εφαρμογή του IAA μετά την αφαίρεση των σπόρων προκαλεί την κανονική μεγέθυνση του καρπού. Η υπαίθρια εφαρμογή της αυξίνης προάγει τον συγχρονισμό της ρύθμισης των καρπών και της πτώσης, η οποία συντονίζει την περίοδο συγκομιδής. (Lumen Boundless Biology, n.d.)

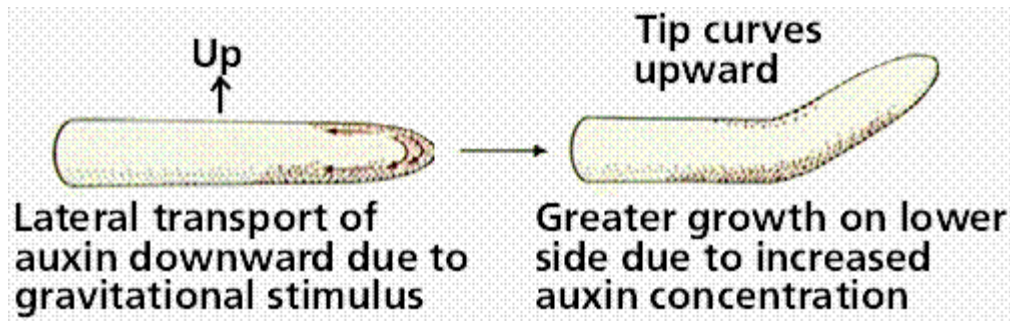
6.1.6.5 Εμφάνιση τροπισμού

Στον φωτοτροπισμό όπως και στον γεωτροπισμό η επίδραση του φωτός συνίσταται στην ενίσχυση ενός μονόπλευρου ερεθίσματος και στην μετατροπή αυτού, σε άνιση κατανομή της αυξίνης στις δυο πλευρές του ευαίσθητου στο φως οργάνου. Οι αυξίνες είναι οι κύριες ορμόνες που ευθύνονται για την επιμήκυνση των κυττάρων στον φωτοτροπισμό και τον γεωτροπισμό (Lumen Boundless Biology, n.d.). Η αυξίνη κινείται προς την πιο σκοτεινή πλευρά του φυτού, προκαλώντας αύξηση των κυττάρων εκείνων των αντίστοιχων κυψελών στην πιο ελαφριά πλευρά του φυτού. Αυτό συμβαίνει καθώς διεγείρονται οι φωτοϋποδοχείς του φυτού, δημιουργώντας ένα ηλεκτρικό πεδίο που κατανέμει την αυξίνη με τέτοιο τρόπο στο φυτό σχηματίζοντας μια καμπύλωση της κορυφής του στελέχους προς το φως, (M.J.Farabee , 2007)



Εικόνα 7: Πως λειτουργεί ο φωτοτροπισμός Πηγή: Nelson Rob, 2013

Ο γεωτροπισμός είναι η αντίδραση του φυτού στη βαρύτητα. Οι ρίζες των φυτών παρουσιάζουν θετικό γεωτροπισμό ενώ οι βλαστοί παρουσιάζουν αρνητικό γεωτροπισμό. Ο γεωτροπισμός θεωρήθηκε κάποτε αποτέλεσμα της βαρύτητας που επηρεάζεται από τη συγκέντρωση της αυξίνης. Όταν ένα στέλεχος φυτού τοποθετείται σε οριζόντια θέση, τα πλευρικά μπουμπούκια θα αρχίσουν να αναπτύσσονται και μπορεί να σχηματίζουν ρίζες στη ζώνη που βρίσκεται σε επαφή με το χώμα. Αυτό οφείλεται στη συσσώρευση των αυξινών λόγω της επίδρασης της βαρύτητας. (Ignacio Garcia, 2018)



Εικόνα 8: Πως λειτουργεί ο γεωτροπισμός Πηγή :Nelson Rob, 2013

6.1.6.6 Επικράτηση του ακραίου οφθαλμού

Η επάκρια κυριαρχία είναι το φαινόμενο που παρεμποδίζεται ο σχηματισμός των πλευρικών μπουμπουκιών από τους ακραίους οφθαλμούς. Όσο επαρκής ποσότητα αυξίνης παράγεται από το κορυφαίο μερίστωμα, τα πλευρικά μπουμπουκία παραμένουν αδρανή. Εάν η κορυφή του βλαστού αφαιρεθεί, η αυξίνη δεν παράγεται πλέον. Αυτό θα αναγκάσει τους πλευρικούς οφθαλμούς να σπάσουν την αδράνεια τους και να αρχίσουν να μεγαλώνουν.(Nelson Rob, 2013) Εάν εφαρμοστεί IAA ή NAA στο κομμένο άκρο του στελέχους, τα πλευρικά μπουμπουκία παραμένουν αδρανή άρα θα επικρατήσουν οι ακραίοι οφθαλμοί.

6.1.6.7 Τρόπος δράσης της αυξίνης

Οι αυξίνες μαζί με τις κυτοκινίνες προάγουν την κυτταρική διαίρεση (Canna, n.d.) Επιπλέον, δρουν στα γονίδια επιφέροντας αλλαγές στην σύνθεση του RNA και των πρωτεϊνών (Γαλάτης et, 2014). Οι αυξίνες διεγείρουν την διαφοροποίηση των κυττάρων και των ιστών, το οποίο σημαίνει ότι αυτή η ορμόνη βοηθά στο να αποφασίσει ένα κύτταρο εάν θα καταστεί εδαφικός ιστός ή αγγειακός ιστός ή προστατευτικός ιστός (Danielle Weber, n.d.). Επίσης, συνδέονται με την κυτταρική αύξηση αφού βοηθούν στην αύξηση των φυτικών οργάνων. Συμμετέχουν στον μηχανισμό χαλάρωσης των κυτταρικών τοιχωμάτων για την επιμήκυνση των κυττάρων αφού προκαλεί πτώση στο pH των κυτταρικών τοιχωμάτων. (Γαλάτης et, 2014). Έτσι επηρεάζουν τις κυριότερες διαδικασίες για την μορφογενετική έκφραση όπως είναι η σπαργή(είναι η διόγκωση τού κυτταροπλάσματος και κυρίως των χυμοτοπίων ενός

φυτικού κυττάρου, η οποία οφείλεται στη διείσδυση νερού στο εσωτερικό τους, όταν το κύτταρο βυθίζεται σε ένα υποτονικό διάλυμα, δηλαδή σε ένα διάλυμα με μικρότερη συγκέντρωση από αυτήν του κυττάρου ή του χυμοτοπίου) η κυτταρική επιμήκυνση, τη διαίρεση και την διαφοροποίηση.

6.2 Γιββερελλίνες

Οι γιββερελλίνες (GA) είναι μια άλλη κατηγορία φυτοορμονών που η ανακάλυψη της έγινε τον 20^ο αιώνα. Οι γιββερελλίνες ανακαλύφθηκαν στην Ιαπωνία όταν ένας μύκητας μόλυνε τις καλλιέργειες ρυζιού που τους προκάλούσε να ψηλώνουν πολύ και μετά έπεφταν λόγω τους ύψους. Οι Ιάπωνες ερευνητές παρατήρησαν ότι αυτό οφειλόταν στο μύκητα *Gibberella fujikuroi* (Chandigarh University, 2014). Ο μύκητας αυτός εκκρίνει στο εξωτερικό περιβάλλον κάποια ουσία που όταν προσληφθεί από φυτά ρυζιού προκαλεί υπερβολική επιμήκυνση του βλαστού. Το 1939, μια μικρή ποσότητα της ουσίας αυτής απομονώθηκε σε κρυσταλλική μορφή από διηθήματα καλλιεργειών του μύκητα και ταυτοποιήθηκε ως γιββερελλίνη Α και Β. Το 1954 ακολούθησε ο χημικός χαρακτηρισμός της και δόθηκε το οριστικό και σημερινό όνομα γιββερελλινικό οξύ (GA_3). Έχουν ταυτοποιηθεί τουλάχιστον 125 γιββερελλίνες από μύκητες και φυτά. (Γαλάτης et, 2014). Τα περισσότερα φυτά περιέχουν 10 ή και περισσότερες GA, που διαφέρουν μεταξύ διαφορετικών φυτικών ειδών. Οι γιββερελλίνες συντίθενται στις ρίζες και στα πρωτογενή μεριστώματα του βλαστού, στα νεαρά φύλλα και στα έμβρυα των σπόρων (Lumen Boundless Biology, n.d.).

Το πλεονέκτημα με την χρήση των γιββερελλινών είναι ότι από την στιγμή που επιμηκύνεται ο βλαστός η ποσότητα του καρπού αυξάνεται με αποτέλεσμα να αυξάνεται και η συνολική απόδοση της παραγωγής. Συντομεύεται ο χρόνος από τη φύτευση μέχρι την πρώτη συγκομιδή. Ωστόσο, το βάρος των φρούτων μπορεί να μειωθεί αν η συγκέντρωση της GA είναι υψηλή (Daniel S. Kirschbaum, 1998). Αυτό συμβαίνει καθώς το στέλεχος και ο μίσχος επιμηκύνονται μεγάλο μέρος των θρεπτικών ουσιών θα χρησιμοποιηθεί γι' αυτό, έτσι θα περιορίσει την ανάπτυξη των φρούτων, θα οδηγήσει σε μακριά αυτιά και μικρά φρούτα καθώς επίσης και θα μειώσει σημαντικά την παραγωγή. (Mhplant, 2014)

Η εφαρμογή GA₃ βελτιώνει το μήκος του μίσχου και την περιοχή του φύλλου σε φυτά φράουλας όταν χρησιμοποιείται σε διαφορετικές συγκεντρώσεις. Η εφαρμογή του GA₃ (50 ppm) σε μπουμπούκια που βρίσκονται σε λήθαργο θα μπορούσε να επιτύχει 97% διακοπή της έναρξης του λήθαργού τους. Η επεξεργασία με 10ppm GA₃ προστατεύει τους παγωμένους καρπούς κατά τη 2η εβδομάδα του Ιανουαρίου. Επίσης, όταν η GA₃ εφαρμόστηκε σε 5, 10 και 20 ppm δεν είχε καμία επίδραση στο μέσο βάρος φρούτων (IkramSamia, 2016)

6.2.1 Δράσεις των γιββερελλινών στις φράουλες

6.2.1.1 Επιμήκυνση βλαστού

Οι γιββερελλίνες συνδέονται με τον έλεγχο της επιμήκυνσης των κυττάρων του βλαστού και η μεγέθυνση των φύλλων (Ξυνιάς και Τοκατλίδης, 2014). Προωθούν την επιμήκυνση του στελέχους μεταξύ των κόμβων δηλαδή το σημείο στο στέλεχος όπου το φύλλο προσκολλάται, έτσι οι γιββερελλίνες των επιμηκώνουν εσωτερικά (Nelson Rob, 2013) Έχει αποδειχθεί ότι οι γιββερελλίνες προκαλούν διέγερση της κυτταρικής διαίρεσης και επιμήκυνση. Παράγοντες όπως η ηλικία των κυττάρων ή των ιστών και το στάδιο ανάπτυξης καθορίζουν το ποια από τις δύο αυτές λειτουργίες θα επικρατήσει. Συγκεκριμένα τα νεαρά κύτταρα αντιδρούν στην γιββερελλίνη με αύξηση της κυτταρικής διαίρεσης, ενώ τα μεγαλύτερα σε ηλικία με επιμήκυνση. Η επιμήκυνση των βλαστών σαν αποτέλεσμα της εξωγενούς εφαρμογής γιββερελλίνης συνδέεται με την αύξηση του ρυθμού της κυτταρικής διαίρεσης και του ρυθμού επιμήκυνσης των κυττάρων (Z. Saimaet, 2014) Όσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση της εφαρμοσμένης GA, τόσο ταχύτερος είναι ο ρυθμός ανάπτυξης του μίσχου (Daniel S. Kirschbaum, 1998)

Το γεγονός αυτό γίνεται αντιληπτό σε μερικές κατηγορίες φυτών όπως είναι τα φυτά νάνοι και οι ροζέτες. Σε αυτά τα φυτά είναι εμφανής η απουσία ενδογενούς γιββερελλίνης και δεν υπάρχει επιμήκυνση του μίσχου αφού υπάρχει μικρός χώρος μεταξύ των κόμβων και τα φύλλα συσσωρεύονται στην βάση του φυτού. (Nelson Rob, 2013). Έτσι έχουμε ένα είδος μετάλλαξης που οφείλεται στην απώλεια της ικανότητας του φυτού να συνθέσει γιββερελλίνη. Έχει αποδειχθεί πειραματικά ότι τα φυτά νάνοι

μετά από χορήγηση GA₃ αυξάνονται και παίρνουν τη μορφή και το μέγεθος κανονικών φυτών. (Danielle Weber, n.d.) Στην περίπτωση της φράουλας όπου μεγάλο μέρος του φυτού αποτελεί το φύλλωμα είναι σημαντική η χρήση της γιββερελλίνης. Τέλος τα φυτά που παράγουν περισσότερη γιββερελλίνη κάτω από ελαφρώς φωτισμένες συνθήκες, γίνονται ψηλά, αραιωμένα και ανοιχτόχρωμα. (canna, n.d.)

Η επέκταση των φύλλων και ο αριθμός των φύλλων αυξάνεται επίσης με εφαρμογές GA (Daniel S. Kirschbaum, 1998) και ταυτόχρονα αναστέλλει την γήρανση αυτών (Γαλάτης et, 2014).

6.2.1.2 Επίδραση στη διαδικασία της κυτταρικής διαίρεσης

Είναι παραδεκτό ότι οι γιββερελλίνες επηρεάζουν τη διαδικασία της κυτταρικής διαίρεσης στα ανώτερα φυτά, μεταξύ των οποίων είναι και η φράουλα. Έχει διαπιστωθεί πειραματικά ότι λίγες ώρες μετά τη χρήση της γιββερελλίνης παρατηρείται κυτταρική αύξηση του μεγέθους στις μεριστωματικές περιοχές καθώς και επιτάχυνση των κυτταρικών διαιρέσεων (Γαλάτης et, 2014). Έχει βρεθεί ότι μία από τις επιδράσεις του GA₃ είναι και η αύξηση της DNA-πολυμεράσης που διεγείρει την έναρξη της σύνθεσης του DNA στα κύτταρα κατά τη φάση G1 του μιτωτικού κύκλου.

6.2.1.3 Διακοπή ληθάργου και καθορισμός του φύλου των ανθέων

Σε πολλές κατηγορίες σπερμάτων οι γιββερελλίνες προκαλούν τη διακοπή του ληθάργου. (Ξυνιάς και Τοκατλίδης, 2014), ακόμη και σε αυτά που απαιτούν κατεργασία με φως για να επιτευχθεί η βλάστησή τους. Εκτός όμως από αυτό, προκαλούν και διακοπή του ληθάργου των οφθαλμών, αντικαθιστώντας έτσι παράγοντες όπως ο φωτισμός, οι χαμηλές θερμοκρασίες, η υγρασία κ.α..

Επίσης οι γιββερελλίνες επηρεάζουν τον καθορισμό του φύλου των ανθέων. (Lumen Boundless Biology, n.d.). Συγκεκριμένα η δράση των γιββερελλινών ευνοεί το σχηματισμό αρσενικών ανθέων, ενώ οι αυξίνες, οι κυτοκινίνες και το αιθυλένιο προωθούν τον σχηματισμό θηλυκών ανθέων. Στη φράουλα μπορούν να

χρησιμοποιηθούν όλες οι παραπάνω φυτορρυθμιστικές ουσίες καθώς το άνθος της μπορεί να είναι μονογενές ή και ερμαφρόδιτο.

6.2.1.4 Επίδραση στις ανθικές καταβολές

Η γιββερελλίνη ψεκάζεται στα φύλλα 4 μέρες μετά την άνθιση GA₃(50 ppm.), απορροφείται από τα φυτά και μεταφέρεται στους μασχαλιαίους οφθαλμούς (μέρος του φυτού στη μασχάλη του φύλλου που την άνοιξη θα δώσει έναν ετήσιο βλαστό ή ένα άνθος) (National Horticulture Board, 2010). Αυτή η μεταφορά είναι πιο εμφανής σε μεγάλες φωτοπεριόδους παρά στις μικρές ημέρες (AliMomenpouret, 2011). Η γιββερελλίνη επιδρά στην ανάπτυξη των ανθικών καταβολών με την αύξηση του αριθμού των κυτταρικών διαιρέσεων και την επιμήκυνση των κυττάρων αυτών. Εάν η συγκέντρωση είναι πολύ υψηλή, θα οδηγήσει σε άνθηση των φυτών. Έχει αποδειχθεί ότι στα φυτά μακράς ημέρας όπως η φράουλα, η αύξηση του χρόνου φωτισμού πάνω από ένα όριο διεγείρει την παραγωγή της γιββερελλίνης η οποία με τη σειρά της προκαλεί τις παραπάνω επιδράσεις στο φυτό. Τέλος επιδρά στην κυριαρχία των ακραίων οφθαλμών.

Παρότι ορισμένα φυτά απαιτούν μεγάλες μέρες ή ψυχρές περιόδους για να ανθίσουν, η εφαρμογή γιββερελλίνης προκαλεί ανθοφορία ανεξάρτητα από την φωτοπερίοδο ή τη θερμοκρασία. (Ignacio Garcia, 2018)

6.2.1.5 Παρθενοκαρπική ανάπτυξη και αύξηση του μεγέθους των καρπών

Οι γιββερελλίνες μπορούν να υποκινήσουν την παρθενοκαρπική ανάπτυξη(δηλαδή ο σχηματισμός καρπών χωρίς γονιμοποίηση των ανθέων) μόνες ή σε συνδυασμό με τις αυξίνες, ενώ επηρεάζουν το τελικό μέγεθος καθώς και την ωρίμανση σε ορισμένους καρπούς. (Μιλτιάδης Βασιλακάκης, 2015) Στη φράουλα είναι σημαντικό το τελικό μέγεθος του καρπού καθώς η εμπορική του προώθηση είναι μεγαλύτερη. Εκτός από αυτήν την δράση η γιββερελλίνη έχει και την ικανότητα να καθυστερεί την γήρανση των φρούτων(University of California Agriculture and Natural Resources, 2008). Τέλος βοηθάει στην προώθηση του δεσίματος και της

ανάπτυξης του καρπού όπως επίσης και στην ανάπτυξη φρούτων χωρίς σπόρια. (Lumen Boundless Biology, n.d.) .

Το GA₃ όταν εφαρμόζεται στην φράουλα έχει ανασταλτική δράση στην επίδραση των καρπών, η οποία συνοδεύεται με μείωση της αναπνευστικής δραστηριότητας, καθυστέρηση της σύνθεσης της ανθοκυανίνης και μείωση της χλωροφύλλης. (Εμμανουηλίδου Μαρία, 2008). Βοηθάει στην πρόωμη άνθηση και αύξηση στην παραγωγή της φράουλας.

6.2.1.6 Παραγωγή υδρολυτικών ενζύμων

Κατά τη διάρκεια της βλάστησης των σπερμάτων ορισμένων δημητριακών η γιββερελλίνη δρα στο μηχανισμό παραγωγής υδρολυτικών ενζύμων, που διασπούν τα αποθηκευμένα μακρομόρια, (πολυσακχαρίτες, πρωτεΐνες, λίπη, ανάλογα με το είδος του σπέρματος) στα δομικά τους συστατικά. Στα σπέρματα των σιτηρών, οι γιββερελλίνες που παράγει το έμβryo διαχέονται προς το άμυλο του ενδοσπερμίου και το στρώμα των κυττάρων της αλευρόνης, όπου προκαλούν αύξηση της δραστηριότητας της α-αμυλάσης και άλλων υδρολυτικών ενζύμων (3-1,3 γλυκανάσης, πρωτεάσης και ριβονουκλεάσης), το οποίο υδρολύουν σε γλυκόζη (Αποθετήριο «Κάλλιπος» Βιβλιοθήκη & Κέντρο Πληροφόρησης Πανεπιστημίου Αιγαίου, n.d.)

Στη συνέχεια η γλυκόζη παραλαμβάνεται από το αυξανόμενο έμβryo για της ανάγκες ανάπτυξης του. Αν απομακρύνουμε το έμβryo από το σπέρμα πριν από την βλάστηση του δεν θα πραγματοποιηθεί καμία διάσπαση στο ενδοσπέρμιο που παρέμεινε. Αντιθέτως αν προσθέσουμε ποσότητα γιββερελλίνης στο σπέρμα που το έχει αφαιρεθεί το έμβryo, τότε θα προκληθεί σύνθεση και έκκριση ενζύμων, όπως θα προκαλούσε το έμβryo κατά τη διέγερση του, αν υπήρχε.

Η αύξηση της δραστηριότητας της α-αμυλάσης στο ενδοσπέρμιο του κριθαριού μετά την επίδραση γιββερελλίνης οφείλεται στην εκ νέου σύνθεση του ενζύμου και όχι στη δραστηριοποίηση ήδη υπαρχόντων μορίων. Η αύξηση της δραστηριότητας του ενζύμου είναι δυνατό να ανασταλεί με αναεροβίωση, δινιτροφαινόλη και αναστολείς της σύνθεσης πρωτεϊνών και RNA. Όλα αυτά τα δεδομένα είναι συνεπή με την άποψη ότι οι γιββερελλίνες ελέγχουν τα επίπεδα της α-αμυλάσης και άλλων ενζύμων, ρυθμίζοντας τη σύνθεση των μορίων του m-RNA που ευθύνονται για τη σύνθεση των

ενζύμων αυτών (Αποθετήριο «Κάλλιπος» Βιβλιοθήκη & Κέντρο Πληροφόρησης Πανεπιστημίου Αιγαίου, n.d.)

6.2.1.7 Βιοτεχνολογικές τοποθετήσεις

Σύμφωνα με το ScienceDaily (2015) η γιββερελλίνη βοηθάει πολύ στην αύξηση του μεγέθους του φρούτου, στην αντιοξειδωτική του δράση και γίνεται πιο ανθεκτικό και πιο χυμώδες. Έτσι οι βιοτεχνολόγοι προχώρησαν στην καινοτομία να παράξουν κρυστάλλους γιββερελίνης μέσα από την ζύμωση του μύκητα *Gibberellafujikuroi*. Αφού αναπτυχθεί η καλλιέργεια απομακρύνεται η μούχλα και μένει το υγρό που περιέχει την γιββερελλίνη που μετατρέπεται σε κρυστάλλους οι οποίοι αραιώνονται στο νερό και μετά μέσω άρδευσης περνάνε στην καλλιέργεια.

6.3 Κυτοκίνινες

Η πρώτη απόδειξη για την ύπαρξη των κυτοκινινών έγινε όταν αποδείχτηκε ότι το εκχύλισμα ηθμού προκαλούσε κυτταρικές διαιρέσεις σε παρεγχυτικά κύτταρα πατάτας.(Γαλάτης et, 2014). Ακολούθησε η ταυτοποίηση που έγινε στο γάλα καρύδας της κυτταρικής διαιρέσεις όταν έγινε προσθήκη υγρού ενδοσπέρματος καρύδας σε αναπτυσσόμενα έμβρυα φυτών της καλλιέργειας (Lumen Boundless Biology, n.d.). Η φυσική ουσία αυτή ήταν ικανή να βοηθήσει τα φυτικά κύτταρα να πολλαπλασιαστούν. Η κυτοκίνη ήταν υπεύθυνη ορμόνη για αυτό το φαινόμενο. Στην δεκαετία του '50 αποδείχτηκε ότι το γάλα καρύδας μπορεί να αντικατασταθεί από την αδερίνη. Στη συνέχεια αποδείχθηκε πως παρασκευάσματα από DNA (φυτικό ή ζωικό) ήταν πολύ περισσότερο δραστικά από την αδερίνη στην προώθηση της ικανότητας για κυτοκίνηση. Έτσι παρασκευάστηκε τεχνητά η πρώτη κυτοκίνη που ονομάστηκε κινετίνη. Προερχόταν από DNA, μετά από πέψη και ανασυνδυασμό κατά την αποστείρωση του (Γαλάτης et, 2014). Αρχικά η κινετίνη βρέθηκε σε ηλικιωμένο DNA σπέρματος ρέγκας το οποίο μπορεί να προωθήσει την κυτταρική διαίρεση. Λίγο αργότερα, μια ουσία που είχε την ίδια βιολογική επίδραση με την κινετίνη βρέθηκε στα φυτά, διεγείρει τα φυτικά κύτταρα να διαιρούνται όταν καλλιεργούνται με αυξίνη. (Nelson Rob, 2013) Δεν ανιχνεύθηκε ποτέ σε φυτικούς οργανισμούς.

Έπειτα ακολούθησαν η απομόνωση αρκετών ενδογενών κυτοκινινών π.χ. ζεατίνη (εμφανίζεται στο καλαμπόκι (Zea)).(M.J.Farabee, 2007) 2iP(2-ισοπεντυλαδενίνη) και παρασκευή πολλών συνθετικών όπως η 6- βενζυλαμινοπουρίνη. Όλες οι κυτοκινίνες είναι παράγωγα της πουρίνης (ή καλύτερα της αδενίνης) καθώς σχετίζονται μεταξύ τους δομικά (Ξυνιάς και Τοκατλίδης, 2014) Σχεδόν 200 φυσικές ή συνθετικές κυτοκινίνες είναι γνωστές, μέχρι σήμερα.

Οι κυτοκινίνες παράγονται στο κορυφαίο βλαστικό μερίστρωμα, στους αναπτυσσόμενους ιστούς, όπως στις ρίζες (κυρίως), στα έμβρυα και στους καρπούς, όπου συμβαίνει η διαίρεση των κυττάρων(Lumen Boundless Biology, n.d.andM.JFarabee, 2007). Μετακινούνται μέσω του νερού και προς τα πάνω στο στέλεχος μέσω του ξυλώματος για να φτάσουν στο μίσχο και στα φύλλα. Η κίνηση των κυτοκινινών είναι παθητική - δεν απαιτεί ενέργεια.(Nelson Rob, 2013)

6.3.1 Χρήση των κυτοκινινών

6.3.1.1 Κυτταρική διαίρεση

Οι κυτοκινίνες είναι γνωστές ως οι ορμόνες που είναι υπεύθυνες για την κυτταρική διαίρεση (από εκεί προέρχεται και το όνομά τους). Προάγουν τη μίτωση και διεγείρουν τη διαφοροποίηση του μεριστώματος στους βλαστούς και στις ρίζες. (Lumen Boundless Biology, n.d.) Στον κυτταρικό κύκλο, οι κυτοκινίνες προάγουν την κίνηση από τη φάση G2 στη φάση M. Ενθαρρύνοντας τα κύτταρα να χωριστούν. Οι κυτοκινίνες μαζί με τις αυξίνες προάγουν την ανάπτυξη και τη διαφοροποίηση των κυττάρων τόσο στα στελέχη όσο και στις ρίζες και βοηθούν στην κατασκευή νέων φυτικών οργάνων, όπως ρίζας ή βλαστού.

6.3.1.2 Κυριαρχία της κορυφής

Διεγείρουν το μεταβολισμό και το σχηματισμό λουλουδιών σε πλευρικούς βλαστούς, καθώς καταστέλλουν την επικράτηση του ακραίου οφθαλμού προωθώντας την ανάπτυξη πλευρικών οφθαλμών. Έτσι προάγουν την ανάπτυξη των φυτών νάνων. Η κυτοκινίνη είναι πιο συμυκνωμένη στα νεότερα μέρη του φυτού όπως οι σπόροι, τα φρούτα, τα νεαρά φύλλα και οι ρίζες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα στα σημεία που είναι αυξημένα τα επίπεδα κυτοκινινών να είναι αυξημένη και η μεταφορά μεταβολιτών (όπως σάκχαρα) στα σημεία αυτά. (canna, n.d. and Γαλάτης et, 2014). Επίσης, εμπλέκονται στην επισκευή των τραυματισμένων φυτών το οποίο επιτυγχάνεται με τον συνδυασμό κυτοκινινών και αυξίνης.

6.3.1.3 Αντιγηραντικές ιδιότητες

Έχει αποδειχτεί ότι οι κυτοκινίνες διεγείρουν την ανάπτυξη και έχουν αντιγηραντικές επιδράσεις τόσο στους ιστούς όσο και στα φύλλα. Είναι σαν τη πηγή της νεότητας για τα φυτά. Οι κυτοκινίνες παρέχουν στην πραγματικότητα μια νεότερη, υγιέστερη εμφάνιση στα φυτά. Οι ανθοπώλεις συνήθως χρησιμοποιούν κυτοκινίνες για να κάνουν τα κομμένα λουλούδια να φαίνονται φρέσκα για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Με την προσθήκη αυτής της ορμόνης στα κομμένα λουλούδια, οι ανθοπώλεις είναι σε θέση να επιβραδύνουν τη διαδικασία γήρανσης, παρέχοντας πιο όμορφα λουλούδια για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (Danielle Weber, n.d.). Επίσης, προωθούν ειδικά την ανάπτυξη των χλωροπλαστών, που είναι υπεύθυνοι για τη φωτοσύνθεση. Παράλληλα αποτρέπει και την πτώση των φύλλων.

6.3.1.4 Ανθοφορία και έκφραση φύλου

Η χορήγηση κυτοκινίνης οδηγεί σε μεγαλύτερη επιφάνεια του φύλλου και ταχύτερο σχηματισμό λουλουδιών. Ωστόσο, ο χρόνος κατά τον οποίο η ανθοφορία τελειώνει παραμένει ίδιος με εκείνο των φυτών που δεν επεξεργάστηκαν με ορμόνες. Η κυτοκινίνη μπορεί να θεωρηθεί ως αντίστοιχο της γιβερελλίνης από αυτή την άποψη επειδή διεγείρει το σχηματισμό θηλυκών λουλουδιών σε αρσενικά φυτά. (canna, n.d.).

6.3.1.5 Μορφογένεση

Οι κυτοκινίνες σε συνδυασμό με τις αυξίνες παίζουν σημαντικό ρόλο στην διαδικασία της μορφογένεσης. Οι κυτοκινίνες μπορούν να προκαλέσουν οργανογένεση (δηλ., το σχηματισμό οργάνων) και ποικιλία ιστών.(Chandigarh University, 2014). Αν η συγκέντρωση της αυξίνης και της κυτοκινίνης είναι ίση, τότε θα γίνει φυσιολογική διαίρεση κυττάρων και προκύπτει ένα κανονικό φυτό με αδιαφοροποίητο ιστό από τον οποίο μπορούν να αναπτυχθούν βλαστοί και ρίζες. Εάν η συγκέντρωση της αυξίνης είναι μεγαλύτερη από την κυτοκινίνη, τότε θα σχηματιστούν ρίζες. Εάν η συγκέντρωση της αυξίνης είναι μικρότερη από την κυτοκινίνη, τότε θα σχηματιστούν βλαστοί και μπουμπούκια .(Nelson Rob 2013 και Chandigarh University, 2014)

6.3.1.6 Βλαστογένεση

Επάγουν την βλαστογένεση σε in vitro καλλιέργειες ή κάλλους.(Γαλάτης et, 2014) Οι συνθετικές κυτοκινίνες χρησιμοποιούνται σε μεγάλη έκταση σε συνδυασμό με τις αυξίνες σε καλλιέργειες ιστών. Ιδιαίτερα στην καλλιέργεια φυτικών εκφύτων χρησιμοποιούνται στα διάφορα θρεπτικά υποστρώματα Επίσης, σε συνεργασία με τις αυξίνες καθορίζουν τον τρόπο διαφοροποίησης ενός κάλλου.

6.4 Αιθυλένιο

Το αιθυλένιο είναι φυσικό αέριο υδρογονάνθρακα που μπορεί επίσης να συμβεί με καύση και με άλλες μεθόδους.(MaximumYield, n.d.). Αυτό το αέριο παράγεται από ώριμα φρούτα (M.J.Farabee, 2007)Η πρακτική εφαρμογή του αιθυλενίου χρονολογείται από την εποχή της Αρχαίας Αιγύπτου, όταν τα σύκα χαράζονταν για να τα ωριμάσουν γρηγορότερα (το τραύμα προκαλούσε τη σύνθεση αιθυλενίου το οποίο σηματοδοτούσε την ανάπτυξη των κατεστραμμένων, από το τραύμα, ιστών). Το 1934, ανακαλύφθηκε ότι τα φυτά παράγουν τα ίδια το αιθυλένιο, πράγμα που τους επιτρέπει να ρυθμίζουν την ωρίμανση των καρπών.

Το αιθυλένιο είναι φυτική ορμόνη που επηρεάζει την ωρίμανση και την σήψη των φυτών. Είναι μια ιδιαίτερη ορμόνη επειδή υπάρχει ως αέριο καθώς καμία άλλη φυτική ορμόνη δεν είναι αέριο. Το αιθυλένιο μπορεί να παραχθεί σχεδόν σε οποιοδήποτε μέρος ενός φυτού (παράγεται στα φυτά, στα λουλούδια και στα γερασμένα φύλλα) και μπορεί και διαχέεται μέσω των ιστών του φυτού σε όλο το φυτό αλλά και έξω από αυτό στον αέρα επηρεάζοντας ένα εντελώς διαφορετικό φυτό. Nelson Rob, 2013). Για παράδειγμα μια ώριμη, καφέ μπανάνα τοποθετηθεί δίπλα σε ένα τσαμπί πράσινων μπανανών, η ώριμη μπανάνα θα προκαλέσει την ωρίμανση των άγουρων μπανανών που θα γίνουν κίτρινες πολύ πιο γρήγορα.

Ο σχηματισμός αιθυλενίου απαιτεί οξυγόνο και κατάλληλη θερμοκρασία, και η γεωργική βιομηχανία επωφελείται από αυτό. Στις περιπτώσεις που η θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή (πήξη του νερού) το αιθυλένιο παύει να λειτουργεί και περιορίζεται στο ελάχιστο. Ενώ σε υψηλές θερμοκρασίες, το αιθυλένιο δρα στην ωρίμανση και στην γήρανση του καρπού ακόμη κι αν η ποσότητα του οξυγόνου είναι μειωμένη. Κατάλληλες θερμοκρασίες για την μέγιστη παραγωγή αιθυλενίου είναι από 0°C μέχρι 25° C, ενώ δρα και πάνω από τους 25° C, χωρίς όμως σημαντικά αποτελέσματα.

Στην περίπτωση που ένα φορτηγό μεταφέρει προϊόντα θα πρέπει να ελέγχετε η μερική πίεση του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα σε (ειδικά χαμηλό O₂ υψηλό CO₂), μπορεί να αποτραπεί η σύνθεση αιθυλενίου και έτσι επιβραδύνετε η διαδικασία της ωρίμανσης(Nelson Rob, 2013). Αυτό είναι χρήσιμο όταν τα φρούτα και τα λαχανικά καλλιεργούνται σε διαφορετική περιοχή από αυτήν που πρόκειται να γίνει η διανομή τους. Τέλος, για να γίνει κατανοητή η ευαισθησία των φυτών στο αιθυλένιο πρέπει να γνωρίζουμε ότι η συγκέντρωση του αιθυλενίου εκφράζεται σε μέρη ανά δισεκατομμύριο μέρη αέρα (ppb).

6.4.1 Αιθερόνιο (Ethephon)

Το Ethephon είναι μια συνθετική ορμόνη του αιθυλενίου. Είναι ένα είδος ρυθμιστή ανάπτυξης φυτών που βρίσκεται σε υδατοδιαλυτή μορφή και έχει τη δυνατότητα εφαρμογής με ψεκασμό. Μπορεί να προωθήσει την ωρίμανση, να προσαρμόσει την ανάπτυξη των φυτών, το μεταβολισμό και άλλες φυσιολογικές λειτουργίες, να προωθήσει την ωρίμανση των καρπών, την πτώση των φύλλων και την πτώση των καρπών. Το Ethephon είναι εύκολο να απορροφηθεί καθώς αποσυντίθεται σε αιθυλένιο όταν υδρολύεται στο φυτό. Σταδιακά απελευθερώνεται το αιθυλένιο στο φυτικό σώμα, αυξάνοντας την ενεργότητα υπεροξειδάσης του φυτού και μειώνοντας την επικράτηση του ακραίου οφθαλμού. Ωστόσο, εάν χρησιμοποιηθεί μεγάλη ποσότητα ή πολύ νωρίς, θα μειώσει την παραγωγή φρούτων, θα εμποδίσει την ανάπτυξη των φυτών και τα φυτά θα μαραθούν.(Mhrplant, 2014). Σε συνδυασμό με τις άλλες φυτορρυθμιστικές ουσίες μπορεί να λειτουργήσει και σαν επιβραδυντής αύξησης.

6.4.2 Φυσιολογική δράση του αιθυλενίου.

Σε επίπεδο κυττάρου

Σε επίπεδο κυττάρου το αιθυλένιο συνδέεται με:

- Την έκφραση γονιδίων που επάγονται από καταπονήσεις είτε αυτές είναι αβιοτικές όπως ξηρασία, υπερβολικό φως είτε βιοτικές δηλαδή φυτογόνα ή παθογόνα.(Nature.com, n.d.). Σε περιπτώσεις ασθένειας ή τραυματισμού του φυτού ή και μηχανικής καταπόνησης, όπως η κίνηση του αέρα, παράγεται περισσότερο αιθυλένιο (canna, n.d)
- Την έκφραση γονιδίων που κωδικοποιούν πρωτεΐνες οι οποίες συνδέονται με παθογόνα
- Την έκφραση γονιδίων των οποίων το mRNA αυξάνεται, μετά από εφαρμογή αιθυλενίου. Αυτά τα γονίδια κωδικοποιούν κυρίως ένζυμα που αποδομούν τα κυτταρικά τοιχώματα όπως είναι η κυτταρινάση και η χιτινάση

- Την αποδόμηση χλωροφυλλών (αποπρασινισμός). (SylviaBlankenship, 2000)
Σε περίπτωση που το φυτό υπερπαράγει αιθυλένιο αρχίζει και “γερνάει” γρήγορα. Το αποτέλεσμα είναι τα φύλλα να είναι κιτρινωμένα και να εμφανίζουν κηλίδες. (Maximum Yield, n.d.)
- Την έκφραση γονιδίων που καταλύουν τις αντιδράσεις βιοσύνθεσης ανθοκυανινών, σακχάρων, φαινολών και βιταμίνης C. (P.Z. Lopes, 2015).

Σε επίπεδο οργάνων και οργανισμού

Σε επίπεδο οργάνων και οργανισμών το αιθυλένιο συνδέεται με:

- Την προώθηση της ωρίμανσης των καρπών η οποία μπορεί και να φτάσει και μέχρι την γήρανσή τους και τελικά στο θάνατο του φυτού. (Maximum Yield, n.d.)
- Την παρεμπόδιση της ριζογένεσης
- Την παραμόρφωση των φύλλων. (Ignacio Garcia, 2018)
- Την απόπτωση φυτικών οργάνων(άνθεων, φύλλων και καρπών). (SylviaBlankenship, 2000) Αυτή η επίδραση συνδέεται και με την μείωση της δράσης των αυξινών.
- Την έναρξη της άνθισης των φύλλων και των καρπών. Πολλές φορές η χορήγηση αιθυλενίου έχει ως αποτέλεσμα την πρόωρη ωρίμανση των φυτών. Έτσι παράγονται μικρότερες φυτείες αφού η ανθοφορία τελειώνει πολύ πιο γρήγορα. Ωστόσο υπάρχουν και είδη φυτών που η χρήση αιθυλενίου αναστέλλει την ανάπτυξή τους (canna, n.d. andDanielle Webern.d.)
- Την αναστολή λήθαργου σπερμάτων και οφθαλμών
- Συρρίκνωση των μεριστωμάτων (SylviaBlankenship, 2000)
- Την επιμήκυνση, αύξηση της διαμέτρου και διαταραχή του υποτροπισμού του βλαστού (κυρίως σε φυτά ψυχανθών που είναι μεγαλωμένα στο σκοτάδι)
- Την έκφραση φύλλου των φυτών (Ignacio Garcia, 2018)
- Η γήρανση των φύλλων ελέγχεται ορμονικά από το αιθυλένιο που δρα επαγωγικά, ενώ των αυξινών και των κυτοκινίνων λειτουργούν ανασταλτικά

6.4.3 Χρήση του αιθυλενίου

Τα μη-κλιμακτκήρια φρούτα όπως είναι η φράουλα είναι ικανά να συνθέσουν το αιθυλένιο που χρειάζονται για να αναπτυχθούν ακόμα και όταν αυτό είναι σε περιορισμένη ποσότητα. Όταν αυτό όμως χρησιμοποιείται εξωγενώς εκεί σημαντικό ρόλο παίζουν οι υποδοχείς πρωτεϊνών του αιθυλενίου. Η φράουλα διαπιστώθηκε ότι ανταποκρίνεται περισσότερο στην εξωγενή επεξεργασία με αιθυλένιο κατά τη διάρκεια των πρώτων σταδίων ανάπτυξης του φρούτου (λευκά φρούτα). Από την άλλη πλευρά, διαπιστώθηκε ότι είχε υψηλότερη απάντηση όταν η φράουλα ήταν κόκκινη. (P.Z. Lopes, 2015). Φαίνεται ότι δεν είναι ευρεία η χρήση του όταν ο καρπός βρίσκεται πάνω στο φυτό.

Αν χρησιμοποιηθεί ως μετασυλλεκτικός χειρισμός το αιθυλένιο τότε αυτό πραγματοποιείται σε θαλάμους. Το πραγματικό αποτέλεσμα της επίδρασης του αιθυλενίου εξαρτάται τόσο από τον ιστό που επηρεάζει, όσο και από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. φράουλες αλλά και με την τεχνητή έκλυση του αερίου σε ένα θάλαμο. Έτσι, στους εμπορικούς θαλάμους ωρίμανσης καρπών χρησιμοποιείται αιθυλένιο, προερχόμενο από καταλυτική αφυδάτωση αιθανόλης, για την τεχνητή της ωρίμανσης. Η συγκέντρωση του αερίου είναι 500 - 2.000 [ppm] για 24 - 48 ώρες. Έλεγχος πρέπει να γίνεται στην συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα, που παράγεται κατά την ωρίμανση, αφού στη (σχετικά) υψηλή θερμοκρασία ωρίμανσης (20°C παρατηρήθηκαν επίπεδα CO₂ ως και 10% σε 24 ώρες). (Βρακάς Σπυρίδων, 2011)

Μετά την έναρξη λειτουργίας του μηχανισμού ωρίμανσης το αιθυλένιο δεν ασκεί καμία άλλη επίδραση, γεγονός που το καθιστά ιδανική φυτορυθμιστική ουσία χωρίς παρενέργειες. Η αντίδραση που πραγματοποιείται για την επίτευξη της ωρίμανσης απαιτεί οξυγόνο και κατάλληλη θερμοκρασία Όσον αφορά το CO₂, φαίνεται ότι παρεμποδίζει τη δράση του αιθυλενίου, άρα και την ωρίμανση των καρπών.

Ο ρόλος του αιθυλενίου στην ωρίμανση της φράουλας είναι σήμερα ασαφής και αρκετές μελέτες έχουν εξετάσει την αναθεώρηση του και τον ενδεχόμενο ρόλο αυτής της ορμόνης. Στην αγορά υπάρχουν διάφορα συστήματα διαμόρφωσης αυτών των συνθηκών και μάλιστα για τον καρπό της φράουλας έχει βρεθεί ότι είναι ένα προϊόν

με χαμηλή ευαισθησία στο αιθυλένιο, αλλά με κατάλληλη προσθήκη αιθυλενίου μπορεί να διατηρηθεί στο ράφι 7 με 10 μέρες. Η φράουλα ανήκει στα φυτά που ο ρυθμός παραγωγής αιθυλενίου είναι χαμηλός (0,1 έως 1,0). Τα φρούτα είναι ευαίσθητα στο αιθυλένιο, μπορεί να έχει βλαβερές συνέπειες που περιλαμβάνουν κιτρίνισμα, μαλάκωμα, προχωρημένη σήψη, απώλεια φύλλων και απόκτηση καφέ απόχρωσης, γεγονός που οδηγεί στην γενικότερη υποβάθμιση του προϊόντος και κατ' επέκταση στην μείωση της τιμής πώλησής του.

6.5 Αμπισισικό οξύ

Στα μέσα του 20^{ου} αιώνα οι ερευνητές πίστευαν ότι κάποιος παράγοντας αναστέλλει την ανάπτυξη των φυτών. Στην δεκαετία του '60 απομονώθηκαν από κάψες βαμβακιού μια ουσία που προκαλούσε επιτάχυνση της αποκοπής των μίσχων των φύλλων. Παράλληλα απομονώθηκε από φύλλα του φυτού *Betula* (σημύδα) και του *Acer* (ψευδοπλάτανος) η ληθαργίνη ή αλλιώς ντορμίνη (*dormin*), η οποία όταν εφαρμοζόταν σε οφθαλμούς φυτών τους ανάγκαζε να εισέρχονται σε λήθαργο. Τελικά αποδείχτηκε ότι οι δυο αυτές ουσίες ήταν ίδια ουσία που ονομάστηκε *abscissic acid* (αμπισισικό ή αποπτωτικό οξύ, ABA) (Γαλάτης et, 2014). Το όνομά του προέρχεται από τη λατινική λέξη *abscissio*, που σημαίνει «διακοπή». Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι άνθρωποι πίστευαν ότι ήταν υπεύθυνη για το πέσιμο των φύλλων και των φρούτων, αλλά αργότερα αποδείχθηκε ότι το αιθυλένιο στην πραγματικότητα παίζει πολύ πιο άμεσο ρόλο στη διαδικασία αυτή (Ignacio Garcia, 2018). Το ABA ανήκει στις παρεμποδιστικές ουσίες.

Είναι αρκετά μεγάλος ο αριθμός των ουσιών που έχουν βρεθεί στα φυτά και έχουν την ιδιότητα να προκαλούν ανάσχεση ή παρεμπόδιση της αύξησης. Από αυτές μόνο το αμπισισικό οξύ θεωρείται σήμερα ως φυτορρυθμιστική ουσία. Το ABA θεωρείται ότι έχει εξίσου μεγάλη σημασία με τις αυξίνες, τις γιββερελλίνες, τις κυτοκινίνες και το αιθυλένιο στον έλεγχο των διαφόρων φυσιολογικών λειτουργιών των φυτών. Στην πραγματικότητα έχει τόσο ανασταλτική(ανάπτυξη) όσο και διεγερτική δράση (αποθήκευση πρωτεϊνών).

Το ABA εντοπίζεται κυρίως στον χλωροπλάστη, αλλά και στο κυτταρόπλασμα, στο χυμοτόπιο και στον αποπλάστη(πορώδες δίκτυο των πηκτινικών πολυμερών του

κυτταρικού τοιχώματος)(Μπουράνης, Χωριανοπούλου (n.d.) και Γαλάτης et, 2014). Η κατανομή επηρεάζεται από τις συνθήκες ανάπτυξης του φυτού και ιδιαίτερα τις συνθήκες φωτισμού. Σε συνθήκες σκότους, η ποσότητα στον αποπλάστη αυξάνεται και ως ενδεχόμενο αποτέλεσμα έχει το κλείσιμο των στομάτων. Γενικά το ABA θεωρείται ότι έχει αντίθετη δράση από την γιββερελλίνη.

6.5.1 Τρόπος δράσης του αμπισισικού οξέως

6.5.1.1 Αντοχή των φυτών στις διάφορες καταπονήσεις

Οι περισσότεροι ερευνητές έχουν παρατηρήσει ότι οι επιβραδυντές αύξησης επιδρούν ευνοϊκά στην ανθεκτικότητα των φυτών, στην ξηρασία ενώ παράλληλα αυξάνουν την αντοχή στο ψύχος και στις μεγάλες συγκεντρώσεις αλάτων στο έδαφος.

Όπως στην περίπτωση του αιθυλενίου, αυτή η φυτορμόνη επάγει την έκφραση γονιδίων ανθεκτικότητας όταν το φυτό υποβάλλεται σε υδατική καταπόνηση λόγω παρατεταμένων υψηλών θερμοκρασιών, χαμηλής ατμοσφαιρικής υγρασίας (Canna, n.d.). Επίσης το ABA συνδέεται με την επαγωγή γονιδίων όπως είναι τα *γονίδια cor* (*cold regulated*), *lit* (*low temperature induced*) λόγω περιβαλλοντικών καταπονήσεων.

Η υδατική καταπόνηση προκαλεί ραγδαία μείωση του ρυθμού διαίρεσης των κυττάρων στα μεριστώματα του βλαστού και της ρίζας. Η αντίληψη της έλλειψης νερού προκαλεί την σύνθεση της ABA. (Γαλάτης et, 2014) Ένα αποτέλεσμα του ABA είναι να παράγει στοματικό κλείσιμο κατά τη διάρκεια ξηρασίας, εμποδίζοντας έτσι την αφυδάτωση του φυτού.(Ignacio Garcia, 2018). Τα φυτά παράγουν ένα χημικό αγγελιοφόρο, που ονομάζεται αμπισισικό οξύ, για να αφυπνίσει το υπόλοιπο μέρος του φυτού όταν προκύπτει υδατική καταπόνηση. Το αμπισισικό οξύ παράγεται σε φύλλα και ρίζες που έχουν ξεραθεί λόγω λειψανδρίας και σε αναπτυσσόμενους σπόρους και μπορεί να ταξιδεύει τόσο προς τα πάνω όσο και προς τα κάτω στο στέλεχος του φυτού.

Μέσα από μικροσκοπικούς πόρους στα φύλλα γίνεται η εξαγωγή του νερού στον αέρα που ονομάζονται στόματα. Όταν τα κύτταρα είναι γεμάτα νερό τα στόματα είναι ανοιχτά ενώ όταν το νερό φύγει από τα κύτταρα τα στόματα κλείνουν. Έτσι για

την αποφυγή απώλειας νερού σε καταστάσεις ξηρασίας τα στόματα κλείνουν. Το αμπισισικό οξύ ταξιδεύει στις κυψέλες προστασίας, στέλνοντας ένα μήνυμα ότι το νερό είναι σπάνιο. Τα προστατευτικά κύτταρα ανοίγουν με προσοχή και εξέρχονται φορτισμένα σωματίδια που στη συνέχεια ενεργοποιεί το νερό μέσα στο κελί προστασίας να φύγει. Τα προστατευτικά κύτταρα συρρικνώνονται και τα στόματα κλείνουν. Δεν υπάρχει πλέον νερό που να μπορεί να βγει από το φυτό μέσα από τα στόματα.(Nelson Rob, 2013)

Ειδικά για την καλλιέργεια της φράουλας που απαιτεί εδάφη με pH 6,5-7,5, οι παρεμποδιστές αύξησης μπορούν να βοηθήσουν στη μείωση της συγκέντρωσης των αλατών στο έδαφος

6.5.1.2 Κυτταρική διαίρεση και επιμήκυνση

Όταν εφαρμοστούν παρεμποδιστικές ουσίες στα φυτά και συγκεκριμένα στη φράουλα καθυστερείται αρχικά η ανάπτυξη των φύλλων χωρίς όμως να επηρεάζεται το τελικό μέγεθος τους ενώ παράλληλα αυξάνεται και το πάχος του ελάσματος. Αυτό συμβαίνει γιατί οι ουσίες επιβραδύνουν την κυτταρική διαίρεση και επιμήκυνση των κυττάρων στην κάτω από την κορυφή του μεριστωματικού βλαστού.

6.5.1.3 Ριζοβολία και επιμήκυνση βλαστών

Η εφαρμογή ABA στην φράουλα επιφέρει αρνητικές συνέπειες καθώς παρεμποδίζεται ή καθυστερείται η ανάπτυξη των ριζών. Επίσης προάγει την βράχυνση των μεσογονατίων διαστημάτων των βλαστών δηλαδή του διαστήματος μεταξύ δύο γονάτων που είναι τα διογκωμένα μέρη του βλαστού και από τα οποία θα αναπτυχθούν φύλλα. Η βράχυνση αυτή δεν συνοδεύεται από την αύξηση της διαμέτρου τους, λόγω της επιβράδυνσης της κυτταρικής διαίρεσης και επιμήκυνσης του κορυφαίου βλαστικού μεριστώματος. Όταν υπάρχει μεγάλος όγκος απολήξεων στα σημεία ανάπτυξης του στελέχους και των ριζών, η κυτταρική διαίρεση σταματά και το φυτό εισέρχεται σε περίοδο ανάπαυσης.(canna, n.d.). Παράλληλα επηρεάζει τη γήρανση και την αποκοπή των φύλλων. Το ABA δρα έμμεσα στην αποκοπή των φύλλων. Προκαλεί πρόωρο γήρας στο φύλλο ή τον καρπό με αποτέλεσμα να παράγεται αιθυλένιο, που με

τη σειρά του οδηγεί σε αποκοπή(Τμήμα Δασολογίας & Διαχείρισης Περιβάλλοντος & Φυσικών Πόρων, 2011)

6.5.1.4 Χρόνος άνθισης και φύλο ανθέων

Οι φυτορρυθμιστικές αυτές ουσίες δεν επηρεάζουν την φωτοπερίοδο των φυτών, ούτε την ποιότητα του φωτισμού τους. Όταν όμως εφαρμοστούν σε μεγάλες ποσότητες στα φυτά τότε μπορούν να προκαλέσουν καθυστέρηση της άνθισης, πράγμα το οποίο είναι ανεπιθύμητο στην καλλέργεια της φράουλας. Όσον αφορά τη ρύθμιση της βλαστικής ανάπτυξης του φυτού αυτή είναι δυνατό να επηρεάσει μέσω της χρήσης των ορμονών αυτών το φύλο των ανθέων. Παράλληλα προάγει τη στειρότητα του σπόρου, εμποδίζοντας την ανάπτυξη των κυττάρων (M.J.Farabee, 2007)Η δραστηριότητα των αναστολέων ανάπτυξης της φράουλας αυξάνονται όσο αυτή τείνει προς την ωρίμανσή της.(Yasutaka Kano and Tadashi Asahira, 1981)

6.5.1.5 Σχηματισμός ανθικών καταβολών.

Το ABA επάγει τον λήθαργο των οφθαλμών με αποτέλεσμα να μην μπουμπουκιάζουν τα φυτά. (Ignacio Garcia, 2018)

Σε επίπεδο κυττάρου

Τροποποίηση των μεμβρανών του πλάσματος των κυττάρων που εκδηλώνεται με την αλλαγή στο βιοηλεκτρικό δυναμικό στις επιφάνειες τους και με διαρροή και απώλεια K^+ το οποίο συμβαίνει στα κύτταρα των στομάτων των φύλλων και προκαλεί απώλεια σπαργής. Επιπροσθέτως, παρεμποδίζεται η σύνθεση του RNA και των πρωτεϊνών

Πίνακας 2: Μια συνοπτική περιγραφή των λειτουργιών των φυτορμονών

	Βλάστηση	Ανάπτυξη μέχρι την ωρίμανση	Άνθιση	Ανάπτυξη καρπού	Λήθαργος σπόρου	Πτώση φύλλων γήρανση
Γιββερελλίνες	✓	✓	✓	✓		
Αυξίνες		✓	✓	✓		
Κυτοκινίνες		✓	✓	✓		
Αιθυλένιο				✓		✓
ABA					✓	✓

6.6 Συνδυαστική χρήση ορμονών

Αλληλεπίδραση αιθυλενίου και αυξινών

Η αλληλεπίδραση αυτών των δύο ουσιών οδηγεί σε ρύθμιση του σχήματος και του μεγέθους των κυττάρων και στηρίζεται στην ανταγωνιστικότητα που αναπτύσσουν αυτές οι ουσίες μεταξύ τους. Οι φυσιολογικές συγκεντρώσεις IAA και άλλων συνθετικών αυξινών υποκινούν την σύνθεση του αιθυλενίου σε διάφορα τμήματα του φυτού (ρίζες, καρπούς και άνθη). Στην καλλιέργεια του φυτού της φράουλας η σύνθεση του αιθυλενίου γίνεται στους καρπούς. Συγκεκριμένα, ενώ από μόνες τους οι αυξίνες δεν λειτουργούν παρεμποδιστικά στους ιστούς των φυτών, υποκινούν την παραγωγή αιθυλενίου το οποίο έχει σαν τελικό αποτέλεσμα την παρεμπόδιση της αύξησης.

Αλληλεπίδραση αυξινών και ABA

Οι επιπτώσεις της εφαρμογής ABA στην φράουλα είναι ασαφείς. Αναφέρεται ότι η εξωγενής ABA προάγει την ανθοφορία σε ποικιλίες μικρής ημέρας που αναπτύχθηκαν σε μεγάλες ημέρες, αλλά έχουν μειωμένη φυτική ανάπτυξη από την άποψη του μήκους του μίσχου και του αριθμού των στολώνων σε ποικιλίες μεγάλης ημέρας. Αντίστροφα, θεωρούσε ότι το ABA ως αναστολέας ανάπτυξης γενικά δεν εμπλέκεται στη διαδικασία επαγωγής λουλουδιών. Η ABA φαίνεται να είναι πιο

σημαντική στον έλεγχο ανάπτυξης των καρπών παρά στην ανάπτυξη του φυτού. Η αναλογία ABA προς αυξίνη μπορεί να είναι μέρος του σήματος που προκαλεί την ωρίμανση των καρπών της φράουλας. Από τη στιγμή που καταγράφεται συσσώρευση ABA και μείωση της αυξίνης σε σπέρματα ωριμασμένων φραουλών προτείνεται ότι η πρόσληψη των φρούτων σακχαρόζης καθώς και ο χρωματισμός της φράουλας μπορούν να ελέγχονται από την ABA κατά την ωρίμανση (Daniel S. Kirschbaum, 1998)

Αλληλεπίδραση κυτοκινινών, αυξινών και αιθυλενίου

Όταν οι κυτοκινίνες εφαρμοστούν σε συγκεκριμένες συγκεντρώσεις στα φυτά (π.χ. φράουλας) υποκινούν την παραγωγή αιθυλενίου. Ταυτόχρονα και η αυξίνη προάγει την παραγωγή αιθυλενίου. Ωστόσο, όταν οι κυτοκινίνες δρουν συνεργαστικά με τις αυξίνες, παρεμποδίζουν την παραγωγή του αιθυλενίου. Το IAA και το NAA αν χρησιμοποιηθεί συνδιαστικά με κυτοκινίνες έχει ως αποτέλεσμα τον έλεγχο ανάπτυξης των μεριστωμάτων, των ριζών, των άνθων και των καρπών (Gana, A. S., 2010)

Αλληλεπίδραση γιββερελλίνων και αιθυλενίου

Η αλληλεπίδραση τους άλλοτε δρα ανταγωνιστικά και άλλοτε συνεργαστικά ανάλογα την καλλιέργεια, το στάδιο ανάπτυξης και τμήμα του φυτού

Αλληλεπίδραση ABA και αιθυλενίου

Αυτές οι ουσίες δρουν συνεργηστικά αλλά η δράση τους γίνεται με διαφορετικούς μηχανισμούς στο φυτό.

Αλληλεπίδραση κυτοκινινών και γιββερελλινών

In vivo, θεωρείται ότι η εφαρμογή κυτοκινίνης απελευθερώνει τα μασχαλιαία μπουμπούκια από τον λήθαργο σε στεφάνη(κορώνα ή καρδιά) της φράουλας, και στη συνέχεια η γιββερελλίνη συμμετέχει προωθώντας την επιμήκυνση αυτών των μπουμπουκίων, οι οποίες τελικά αναπτύσσονται σε στόλωνες κάτω από μεγάλες ημέρες φωτοπεριόδου. Περαιτέρω μελέτες υποστηρίζουν ότι οι φράουλες που υποβλήθηκαν

σε επεξεργασία με μείγμα κυτοκινίνης - γιββερελλίνης παρήγαγαν λιγότερα άνθη σε σύγκριση με τα μη επεξεργασμένα φυτά. Παράλληλα υπάρχει και μείωση του βάρους των φρούτων. Το όφελος από τη χρήση μιγμάτων κυτοκινίνης - γιββερελλίνης παραμένει ασαφές λόγω ασυνεπών αποτελεσμάτων.(Daniel S. Kirschbaum, 1998)

Αλληλεπίδραση αυξίνη και ABA και αιθυλενίου

Η αυξίνη προωθεί την ανάπτυξη των καρπών. Επίσης αλληλοεπιδρά με τις φυτορμόνες αιθυλένιο και αμπισισικό οξύ (ABA) στο μηχανισμό σχηματισμού ζώνης αποκοπής στα φύλλα ή σε καρπούς. Υπό κανονικές συνθήκες τα φύλλα τροφοδοτούνται με συγκεντρώσεις αυξίνης οι οποίες παρεμποδίζουν τη δράση του αιθυλενίου και του ABA για την έναρξη σχηματισμού της ζώνης αποκοπής. Εάν η συγκέντρωση της αυξίνης στα φύλλα πέσει κάτω από ένα ορισμένο επίπεδο λόγω μεταβολής των συνθηκών ανάπτυξης (μεταβολή του μήκους ημέρας, επικράτηση συνθηκών καταπόνησης στο περιβάλλον), αίρονται οι περιορισμοί στο σχηματισμό της ζώνης αποκοπής η οποία τελικώς βρίσκεται υπό τον έλεγχο του αιθυλενίου και του ABA.(Άννα Ασημακοπούλου, 2016)

Κεφάλαιο 7: Επίδραση των φυτορρυθμιστικών ουσιών στον άνθρωπο

Οι ορμόνες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην γεωργία αφού προσφέρουν καλύτερη ποιότητα, μεγαλύτερη ποσότητα, εξοικονόμηση χρημάτων για τους γεωργούς και τέλος γρήγορη ανάπτυξη των φυτών. Οι χημικές ουσίες αυτές που χρησιμοποιούνται έχουν αναπτυχθεί σε εργαστήρια με βάση την βιολογική τους δραστηριότητα και τον μηχανισμό με τον οποίο αυτοί δρουν. Ως αποτέλεσμα, εμφανίζονται προβλήματα πάνω στην εξειδίκευσή, αξιοπιστία, τοξικότητα και την ανθεκτικότητα των χημικών κατάλοιπων.(J.A. Roberts, R. Hooley, 1988). Ο κύριος στόχος στην ανάλυση των ρυθμιστών ανάπτυξης των φυτών είναι ο έλεγχος των γεωργικών καλλιεργειών που συνήθως καταναλώνονται από ανθρώπους. Πολλές εθνικές ρυθμίσεις επιτρέπουν σχετικά υψηλά επίπεδα ανοχής λόγω της χαμηλής τους τοξικότητας. Παρά το γεγονός ότι δεν είναι πολύ τοξικές ουσίες, θα μπορούσαν να είναι επικίνδυνες εάν η κατανάλωσή τους πραγματοποιείται σε μεγάλες ποσότητες.(Antonio Segura Carreteroet, 1998)

Ο όρος ζιζανιοκτόνο καλύπτει ένα ευρύ φάσμα ενώσεων συμπεριλαμβανομένων εντομοκτόνων, μυκητοκτόνων, ζιζανιοκτόνων, τρωκτικοκτόνων, νηματοκτόνων, ρυθμιστών ανάπτυξης φυτών(φυτοορμονών) και άλλων(Md. Wasim Aktaret, 2009). Έχουν διεξαχθεί έρευνες για τις επιπτώσεις των φυτοορμονών σε διάφορα είδη συμπεριλαμβανομένων και του ανθρώπου. Εάν χρησιμοποιηθούν σωστά, υπάρχει εξαιρετική ασφάλεια. Ωστόσο, αν χρησιμοποιείται σε εσφαλμένη συγκέντρωση, αν ο υπάρχον εξοπλισμός ασφαλείας δεν χρησιμοποιείται σωστά, ή εάν οι χρόνοι εφαρμογής δεν είναι σωστοί, μπορεί να εμφανιστεί δηλητηρίαση σε φυτά, ζώα και ανθρώπους. (Ferguson, James, 2006)

Οι φυτορρυθμιστικές ουσίες έχουν μικρή επίδραση στον άνθρωπο, έτσι μπορούν να εφαρμοστούν στην παραγωγή λαχανικών. Οι ρυθμιστές ανάπτυξης των φυτών είναι λιγότερο τοξικοί σε σύγκριση με τα εντομοκτόνα και μυκητοκτόνα. Οι ρυθμιστές ανάπτυξης φυτών χρησιμοποιούνται σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις συνήθως σε μερικά μέρη ανά εκατομμύριο(ppm) με αποτέλεσμα να μην είναι επιβλαβή. Ωστόσο οι μεγαλύτερες ποσότητες έχουν διαφορετικές επιπτώσεις . Αυτές οι επιπτώσεις θα αναπτυχθούν παρακάτω ανά φυτορμόνη.

7.1 Γιββερελλίνες

7.1.1 Τοξικότητα στα θηλαστικά

Σύμφωνα με την EFSA(2012) η απορρόφηση και η απέκκριση των γιββερελλίνων είναι ταχεία. Η απορρόφηση από το στόμα υπολογίστηκε σε 40% στις γυναίκες και 18% στους άνδρες, σύμφωνα με τις ουρικές απεκκρίσεις τους εντός 48 ωρών. Διανέμονται ευρέως και δεν υπάρχουν στοιχεία ότι συσσωρεύεται στο οργανισμό. Χαμηλή τοξικότητα παρατηρείται όταν οι γιββερελλίνες χορηγούνται μέσω των στοματικών, δερματικών και εισπνεόμενων οδών. Δεν παρατηρήθηκε ερεθισμός του δέρματος ή των ματιών.

Μελέτες που έγιναν για μικρό χρονικό διάστημα και αφορούσαν τη στοματική χορήγηση γιββερελλίνης σε αρουραίους και σκύλους, έδειξαν κρίσιμες επιδράσεις στο ήπαρ (σχηματισμός κοιλότητας με υγρό ή αέριο στα επιθηλιακά κύτταρα του ήπατος) στους αρουραίους και στους σκύλους αυξήθηκε το βάρος τους. Επίσης, επηρεάζονται νεφρά (προκαλώντας νεφρίτιδα στα σωληνάκια και στους ενδιάμεσους ιστούς του νεφρού) και απώλεια νεφρών σε αρουραίους. Επιπροσθέτως, προκλήθηκε μείωση κατανάλωσης τροφής και αύξηση σωματικού βάρους σε αρουραίους και σκύλους. (EFSA, 2012)

Η γονιμότητα και η συνολική αναπαραγωγική απόδοση δεν επηρεάστηκαν. Στη μελέτη τοξικότητας που αναπτύχθηκε στα κουνέλια δεν υπήρξαν ενδείξεις τερατογένεσης. Όπως επίσης δεν υπήρξε πιθανότητα νευροτοξικότητας στις μελέτες που έγιναν. Οι γιββερελλίνες πιθανότατα να μην επηρεάζει την τοξικότητα του γονιδίου (την ιδιότητα των χημικών παραγόντων που καταστρέφουν τη γενετική πληροφορία μέσα σε ένα κύτταρο προκαλώντας μεταλλάξεις, οι οποίες μπορεί να οδηγήσουν σε καρκίνο). (Kolle and Susanne, 2012).

7.1.2 Κατάλοιπα

Δεν πραγματοποιήθηκαν μελέτες που αφορούν το φυτικό ή ζωικό μεταβολισμό αφού οι γιββερελλίνες είναι φυτικές ορμόνες που απαντώνται φυσικά στα φυτά, ειδικά στους αναπτυσσόμενους ιστούς (βλαστούς). Παρότι υπάρχει βιβλιογραφία που αναλύεται ο τρόπος δράσης των γιββερελλινών, η φύση τους σε διάφορα είδη φυτών, ο μεταβολισμός τους σε φυτά και τους αρουραίους και οι φυσικές τους συγκεντρώσεις σε ορισμένα μέρη φυτών (π.χ. χυμό φρούτων), δεν δόθηκαν αξιόπιστες πληροφορίες σχετικά με τα φυσικά επίπεδα γιββερελλίνης στο βρώσιμο τμήμα των καλλιεργειών, ώστε να επιβεβαιωθεί ότι η χρήση των GA₄ και GA₇ ως φυτοπροστατευτικού προϊόντος θα οδηγήσει σε επίπεδα υπολειμμάτων παρόμοια με τα φυσικά επίπεδα στα φυτά(EFSA, 2012).

Δοκιμές που έγιναν σε δείγματα μηλοειδών για την ανάλυση των γιββερελλινών GA₄ και GA₇, πέτυχαν LOQ(limit of quantification: όριο της ποσοτικοποίησης) 0,05 mg/kg, χρησιμοποιώντας δόσεις που αντιπροσωπεύουν το 75% της υποστηριζόμενης τιμής για τα μήλα και 150% για τα αχλάδια. Τα υπολείμματα στα δείγματα ήταν όλα κάτω από το LOQ. Δεν κρίθηκαν απαραίτητες μελέτες μεταβολισμού σε ζώα και γι' αυτό δεν υποβλήθηκαν.

7.1.3 Περιβαλλοντική τοξικότητα

Τα GA₄ και GA₇ παρουσιάζουν πολύ υψηλή κινητικότητα στο έδαφος με βάση την εκτίμηση προσρόφησης εδάφους αλλά παρουσιάζουν χαμηλή έως μέτρια ανθεκτικότητα στο έδαφος. Είναι σήμερα αποδεκτό ότι είναι πιθανό σύμφωνα με την μελέτη βιοδιάσπασης ότι τα προϊόντα μετασχηματισμού των GA₄ και GA₇ (εκτός από το CO₂) δεν θα σχηματιστούν σε επίπεδα που θα προκαλούσαν κίνδυνο. Εντούτοις, το συμπέρασμα αυτό θα πρέπει να επανεξεταστεί με βάση το ισοζύγιο μάζας του εδάφους ή των ιζημάτων στο νερό που θα μπορούσαν να εμφανιστούν στο μέλλον. (EFSA, 2012)

Δεν δόθηκαν αξιόπιστα δεδομένα από τις μελέτες για οξεία και βραχυπρόθεσμη τοξικότητα στα πτηνά με την χρήση GA₄ και GA₇. Ωστόσο μπορεί να θεωρηθεί χαμηλή. Δεν υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα που να αποδεικνύουν την τοξικότητα στην

αναπαραγωγή των πτηνών. Ωστόσο, ο χαμηλός αναπαραγωγικός κίνδυνος για τα πτηνά ολοκληρώθηκε με τα αποτελέσματα της μελέτης πολλαπλών γενεών των θηλαστικών και της χαμηλής έκθεσης των πτηνών στην ορμόνη.

Ο κίνδυνος για τα άλγη, τα ψάρια και τα ασπόνδυλα υδρόβια εκτιμήθηκε ως χαμηλός. Δεδομένα σχετικά με τη χρόνια τοξικότητα των γιββερελλίνων στα ψάρια, τα ασπόνδυλα υδρόβια και τα υδρόβια μακροφύκη δεν ήταν διαθέσιμα και συνεπώς δεν ήταν δυνατή η εκτίμηση του ποσοτικού κινδύνου. Δεδομένου ότι είναι ρυθμιστές ανάπτυξης των φυτών, πρέπει να εξεταστεί ο κίνδυνος στα υδρόβια φυτά. Όσον αφορά τα χερσαία φυτά, αναμένεται ότι είναι φυσικά συστατικά των υδρόβιων φυτών και ενδέχεται να μην εμφανίζουν φυτοτοξικές επιδράσεις. (EFSA, 2012)

Μια πρώτη αξιολόγηση κινδύνου έδειξε χαμηλό κίνδυνο για τις μέλισσες, τα αρθρόποδα, τους γαιοσκώληκες. Τα δεδομένα τοξικότητας έδειξαν χαμηλό κίνδυνο για τους μικροοργανισμούς του εδάφους.

7.2 Αυξίνες

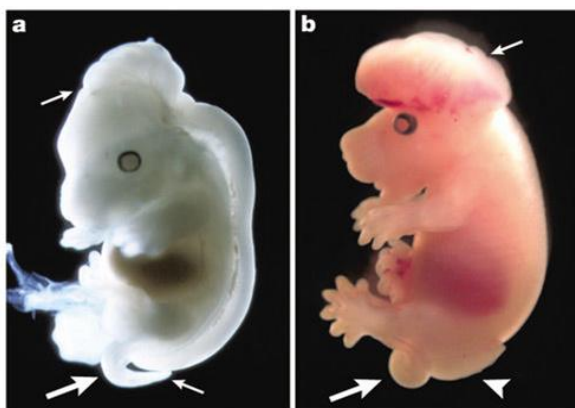
7.2.1 IAA

Σύμφωνα με την EFSA (2014) για τη φυσική ορμόνη του φυτού, αυξίνη παραμένουν άγνωστες ακόμα οι τοξικολογικές ιδιότητες. Ωστόσο, υπάρχουν μελέτες που αξιολόγησαν τη τερατογόνο δράση του ινδολο-3-οξικού οξέος (IAA), σε ποντικούς και αρουραίους. Οι ποντικοί έλαβαν 5, 50, 200 ή 500 mg IAA/kg ανά ημέρα με καθετηριασμό στην 7^η έως 15^η μέρα κύησης. Οι αρουραίοι έλαβαν 50, 200 ή 500 mg IAA/kg ανά ημέρα με καθετηριασμός στην 7^η έως 15^η της κύησης. Η IAA προκαλούσε τερατογένεση στους ποντικούς και στους αρουραίους στα 500 mg εμφανίζοντας και στα δυο είδη Σχιστία υπερώας. (John JA et al, 1979)



Εικόνα 9: Ποντίκια με Σχιστία υπερώας

Στα ποντίκια, παρατηρήθηκαν επίσης άλλες δυσπλασίες, όπως η Εγκεφαλοκήλη, η έλλειψη βλέφαρων και η στραβιά ουρά. Κατά τη διάρκεια της κύησης, δεν παρατηρήθηκε καμία ένδειξη μητρικής τοξικότητας σε αρουραίους. Η ΙΑΑ δεν προκάλεσε εμβρυακή απορρόφηση σε κανένα είδος και δεν υπήρξε τερατογένηση σε επίπεδα δόσης κάτω από 500 mg / kg. (JohnJAet, 1979).



Εικόνα 10: Εγκεφαλοκήλη σε έμβρυο ποντίκι

Οι αυξίνες όπως και όλες οι φωτορρυθμιστικές ορμόνες συσσωρεύονται στο περιβάλλον και είναι δυνητικά επικίνδυνες για όλους τους ζωντανούς οργανισμούς κατά την εισπνοή, δερματική επαφή ή κατάποση (π.χ. από νερό ή λαχανικά / φρούτα) αυτών των ενώσεων. Περιβαλλοντικές ανησυχίες υπάρχουν με το πρόβλημα τοξικότητας συγκεκριμένης ένωσης τόσο σε ζώα (συμπεριλαμβανομένου και του ανθρώπου) όσο και σε φυτά αφού οι αυξίνες είναι φυτοτοξικές σε συγκεκριμένες συγκεντρώσεις. Μελέτες in vivo που πραγματοποιήθηκαν σε αρουραίους επιβεβαίωσαν ότι οι αυξίνες είναι τοξικές για τους πνεύμονες, τον σπλήνα, το ήπαρ και τους νεφρούς. (KatarzynaHąc-Wydro, MichałFlasiński, 2015)

7.2.2 2-NOA

7.2.2.1 Τοξικότητα στα θηλαστικά

Για το 2-ναφθυλοξικό οξύ (2-NOA) η EFSA (2011) έκανε μελέτες που απέδειξαν ότι όταν χορηγήθηκε 2-ναφθυλοξικό οξύ μέσω των στοματικών, δερματικών ή εισπνεόμενων οδών η τοξικότητα ήταν χαμηλή έως μέτρια οξεία. Δεν προκαλεί ερεθισμό του δέρματος, αλλά παρατηρήθηκε σοβαρός ερεθισμός των ματιών και η πιθανή ευαισθησία του δέρματος. Σύμφωνα με το GHS {Παράρτημα}, το Παγκόσμιο Εναρμονισμένο Σύστημα Ταξινόμησης και Επισήμανσης των Χημικών Ουσιών, (αναπτύχθηκε από τα Ηνωμένα Έθνη ως ένας τρόπος για να επιτευχθεί συμφωνία των χημικών κανονισμών και προτύπων των διαφόρων χωρών) ταξινομεί ως "επιβλαβές σε περίπτωση κατάποσης" το H302. Έχει οξεία τοξικότητα και μπορεί να προκαλέσει αλλεργική δερματική αντίδραση όπως και το H317 που προκαλεί σοβαρή βλάβη στα μάτια. Κυρίως είναι πιο εκτεθειμένοι οι εργαζόμενοι (γεωργοί) παρά οι καταναλωτές. (EFSA, 2011)

Κατά τη βραχυχρόνια έκθεση τα όργανα των αρουραίων που προσβάλλονται ήταν το ήπαρ στο οποίο αυξήθηκε το βάρος, η κεντροβιακή υπερτροφία των ηπατοκυττάρων, μεταβολές στις βιοχημικές παραμέτρους και νεφρική τοξικότητα που συνοδεύεται με αύξηση του βάρους, και αυξημένα επίπεδα κρεατινίνης. Το 2-ναφθυλοξικό οξύ είναι απίθανο να προκαλεί τοξικότητα τόσο στα νεύρα όσο και στα γονίδια. (EFSA, 2011)

Σε μία μελέτη αναπαραγωγικής τοξικότητας μιας γενιάς δεν παρατηρήθηκαν επιδράσεις στις αναπαραγωγικές παραμέτρους ή στους απογόνους. Στη μελέτη ανάπτυξης τοξικότητας σε αρουραίους, παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στο σωματικό βάρος της μητέρας από τις πρώτες ημέρες της θεραπείας και μεγέθυνση των ουρητήρων στα έμβρυα. Στη μελέτη τοξικότητας ανάπτυξης κουνελιού, δεν παρατηρήθηκε τοξικότητα στην εξέλιξη, ενώ παρατηρήθηκε μειωμένη αύξηση του σωματικού βάρους. Μια μελέτη εύρεσης της δόσης σε κουνέλια έδειξε την εμφάνιση μητρικής θνησιμότητας στα 500 mg /kg σωματικού βάρους ανά ημέρα. (EFSA, 2011)

Από την PPDB (Pesticide Properties Data Base) φαίνεται ότι για την παρούσα ουσία δεν υπάρχουν δεδομένα για καρκινογένεσις, μεταλλάξεις, ενδοκρινική

διαταραχή, νευροτοξικότητα, φωτοευαισθησία. Αποδείχτηκε ότι προκαλεί ερεθισμό στην αναπνευστική οδό και στα μάτια. Πιθανότατα αν και δεν έχει αναγνωρισθεί προκαλεί προβλήματα στην αναπαραγωγή και στην σωματική ανάπτυξη. Το 2-NOA δεν αποτελεί αναστολέας της χολινεστεράσης και δεν προκαλεί δερματικούς ερεθισμούς. Υπάρχουν και μερικά γενικά θέματα που αφορούν την ανθρώπινη υγεία σχετίζονται με σπασμούς, κόμα, εγκεφαλοπάθειες και νεφρική και ηπατική ανεπάρκεια.(Pesticide Properties Data Base, 2018)

Πίνακας 3: συγκεντρωτικός πίνακας για την επίδραση του 2-NOA Πηγή PPDB

Καρκινογόνο	Μεταλλαξιογόνο	Διαταραχή ενδοκρινών	Αναπαραγωγικές/ Αναπτυξιακές επιδράσεις	Νευροτοξικότητα	Αναστολείς χολινεσταράσης
-	-	-	?	-	X
Ερεθισμός αναπνευστικού	Ερεθισμός δέρματος	Ευαισθησία στο δέρμα	Ερεθισμός στα μάτια	Φωτοτοξικότητα	
✓	X	✓	✓	-	
Γενικά θέματα υγείας		Μπορεί να προκαλέσει σπασμούς, κόμα, εγκεφαλοπάθεια και ίκτερος Τοξικότητα στους νεφρούς και στο συκώτι			

✓ : Ναι, είναι αποδεδειγμένο ότι προκαλεί πρόβλημα υγείας

X: Όχι, δεν είναι αποδεδειγμένο ότι προκαλεί προβλήματα υγείας

?: Πιθανόν, δεν έχει ταυτοποιηθεί

-: Δεν υπάρχουν δεδομένα

7.2.2.2 Περιβαλλοντικές επιδράσεις

Σε εργαστηριακές μελέτες που έγιναν υπό αναερόβιες συνθήκες και σε σκοτάδι απέδειξαν μέτρια ως υψηλή υπολειμματικότητα. Μέτρια υπολειμματικότητα εμφανίζει και στον υδάτινο χώρο από μελέτες που έγιναν σε αερόβιες συνθήκες, μπορεί να γίνει πολύ τοξικό για τους υδρόβιους οργανισμούς ωστόσο έχει μικρή τοξικότητα στην επιφάνεια του υδρόβιου περιβάλλοντος. Το 2-ναφθυλοξικό οξύ έχει χαμηλή πτητικότητα με εκτιμώμενη ατμοσφαιρική ημιζωή μικρότερη από τις 2 ημέρες. Επομένως δεν αναμένεται η μεταφορά του μέσω της ατμόσφαιρας για μεγάλες αποστάσεις (EFSA, 2011).

7.2.3 2,4-D

7.2.3.1 Αρνητικές επιπτώσεις στους ανθρώπους

Σύμφωνα με την EFSA (2014) το 2,4-D απορροφάται αμέσως και σχεδόν πλήρως χορηγείται μέσω του στόματος. Υψηλότερα επίπεδα της ουσίας βρίσκονται στα νεφρά και στο ήπαρ, αλλά αυξημένα επίπεδα της ουσίας ανιχνεύτηκαν επίσης στον εγκέφαλο και στο εγκεφαλονωτιαίο υγρό μετά από επαναλαμβανόμενες δόσεις, γεγονός που υποδηλώνει ότι η λειτουργία τους μπορεί να επηρεαστεί από την έκθεση σε 2,4-D. Η δραστική ουσία μεταβολίζεται ελαφρώς και εξαλείφεται γρήγορα, κυρίως μέσω της απέκκρισης ούρων.

Το 2,4-D μπορεί να απορροφηθεί από τον γαστρεντερικό σωλήνα, με εισπνοή και σε μικρότερο βαθμό από το άθικτο δέρμα (Toxicology Data Network, 2015). Το 2015, ο Διεθνής Οργανισμός Έρευνας για τον Καρκίνο αποφανθεί ότι το 2, 4-D είναι πιθανός καρκινογόνος παράγοντας για τους ανθρώπους, με βάση την απόδειξη ότι βλάπτει τα ανθρώπινα κύτταρα. Σε αρκετές μελέτες, προκάλεσε καρκίνο σε πειραματόζωα. Άλλοι υποστηρίζουν ότι δεν υπάρχουν αρκετά στοιχεία για να το αποδείξουμε αυτό καθώς το 2,4-D συνήθως είναι αναμιγμένο με άλλα παρασιτοκτόνα. (National Pesticide Information Center, 2009) Η EFSA δηλώνει ότι δεν υπάρχουν στοιχεία που να υποδηλώνουν καρκινογόνο δράση ή μεταλλάξεις.

Πιο εμπειριστατωμένα το 2,4-D εμπίπτει σε μια κατηγορία ενώσεων που είναι χημικές ουσίες που προκαλούν ενδοκρινικές διαταραχές. Οι ενώσεις αυτές μπορούν να μιμηθούν ή αναστείλουν τις ορμόνες του σώματος. Εργαστηριακές μελέτες υποδηλώνουν ότι το 2,4-D μπορεί να εμποδίσει την κανονική δράση των οιστρογόνων, ανδρογόνων και πιο συγκεκριμένα του θυρεοειδούς. (Danielle Sedbrook, 2016)

Υπάρχουν αναφορές ότι η 2,4-D μπορεί να μειώσει τη γονιμότητα και την επιβίωση των απογόνων και να αυξήσει τον κίνδυνο εμφάνισης γενετικών ανωμαλιών. Στους απογόνους των ποντικών εμφανίζεται αυξημένη συχνότητα σκελετικών και σπλαγγικών μεταβολών, μειωμένο σωματικό βάρος, και αυξημένη θνησιμότητα ενώ στις μητέρες παρατηρείται μειωμένο σωματικό βάρος και νεφρική ανεπάρκεια. Ωστόσο, παρόλο που τα έμβρυα, τα βρέφη και τα παιδιά βρίσκονται σε υψηλότερο κίνδυνο από αυτά, δεν έχουν μελετηθεί άμεσα οι επιδράσεις των 2,4-D στις ομάδες αυτές.

Το 2,4-D προκαλεί ερεθισμό του δέρματος, των ματιών και της αναπνευστικής οδού. Κατά την εισπνοή μπορεί να προκαλέσει αίσθηση καψίματος στο ρινοφάρυγγα και το θώρακα, βήχα και /ή ζάλη ακόμα και ιδιαίτερη οσμή στην αναπνοή. Κεφαλαλγία, έμετος και διάρροια είναι πιθανές επιπτώσεις. Ταυτόχρονα μπορεί να επηρεάσει την συμπεριφορά του ατόμου που ήρθε σε επαφή με το 2,4-D προκαλώντας σύγχυση, παράξενη ή επιθετική συμπεριφορά. Επίσης είναι υπεύθυνο για νεφρική ανεπάρκεια και αυξημένους καρδιακούς παλμούς. (Kegley S.E. et, 2016) Έχει παρατηρηθεί μέτρια έως χαμηλή τοξικότητα όταν χορηγήθηκε 2,4-D μέσω των στοματικών, δερματικών ή εισπνεόμενων οδών. Η ουσία δεν διαπιστώθηκε ότι είναι έντονα ερεθιστική για το δέρμα ή ότι έχει πιθανότητα ευαισθητοποίησης του δέρματος. Μετά από επανειλημμένη δερματική έκθεση με το 2,4-D προκαλείται ερύθημα και επιδερμικό "ξεφλούδισμα". (EFSA, 2014)

Το όργανο που επηρεάζεται περισσότερο από το 2,4-D κατά τη βραχυπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη έκθεση είναι κυρίως τα νεφρά (αυξημένο βάρος, πρόωμη χρόνια νεφρική ανεπάρκεια), και το ήπαρ.

7.2.3.2 Επίδραση στο περιβάλλον

Σύμφωνα με πηγές από την αμερικανική εθνική βιβλιοθήκη ιατρικής (U.S. National Library Medicine, 2015) οι καραβίδες εκτέθηκαν σε τρία επίπεδα 2,4-D για 96 ώρες και τοποθετήθηκαν σε σύστημα λαβύρινθου σε σχήμα Y με κίνητρο τροφής ζελατίνη από ψάρια τοποθετημένα τυχαία μέσα στον χώρο αυτό. Οι καραβίδες είχαν αδυναμία στον εντοπισμό της τροφής με αποτέλεσμα να μην γίνεται επαρκής κατανάλωσης ποσοτήτων τροφής που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε χαμηλότερα σωματικά βάρη και τελικά σε μείωση του πληθυσμού των καραβίδων που εκτίθενται σε 2,4-D σε φυσικούς βιότοπους. (Toxicology Data Network, 2015) Στην Αμερική το 2014 η Υπηρεσία Προστασία Περιβάλλοντος ενέκρινε ως νόμιμη σε διάφορες πολιτείες των ΗΠΑ την συνδυασμένη χρήση του 2,4-D με το γνωστό ζιζανιοκτόνο Roundup. Αυτά τα δυο χρησιμοποιούνται ευρέως σε γεωργικές καλλιέργειες με γενετικά τροποποιημένα προϊόντα όπως καλαμπόκι και σόγια. Το 2,4-D χρησιμοποιείται για να κάνει πιο αποδοτική την δράση του Roundup. Το Υπουργείο Γεωργίας των ΗΠΑ εκτιμά ότι μέχρι το 2020, η χρήση 2,4-D στις γεωργικές εκμεταλλεύσεις της Αμερικής θα μπορούσε να αυξηθεί μεταξύ 100% και 600%.(Danielle Sedbrook, 2016).

Το 2,4-D συσσωρεύεται στο οικοσύστημα. Ανάλογα με τη σύνθεση του, μπορεί να μεταφερθεί στον αέρα από τα πεδία όπου ψεκάζεται ή να εντοπιστεί μέσα σε σπίτια στα κατοικίδια ζώα ή στα παιδιά. Το 2,4-D έχει ήδη ανιχνευθεί στα υπόγεια και στα επιφανειακά ύδατα, καθώς και στο πόσιμο νερό. Αυστραλοί επιστήμονες ανέφεραν ότι το 2012 βρέθηκαν σε δείγματα που πήραν γύρω από γεωργικές περιοχές περισσότερο από 90 % 2,4-D. Για πολλά ψάρια, το ζιζανιοκτόνο μπορεί να είναι τοξικό. Μπορεί επίσης να δηλητηριάζει μικρά θηλαστικά, όπως των σκύλων που μπορούν να το καταναλώσουν τρώγοντας γρασίδι ψεκασμένο με 2,4-D. (Danielle Sedbrook, 2016). Η EFSA (2014) υποστήριξε ότι η τοξικότητα που εμφανίζεται στα σκυλιά δεν πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν και για τα υπόλοιπα είδη και κυρίως για τον άνθρωπο καθώς τα σκυλιά βρέθηκαν να έχουν μειωμένη ικανότητα στην έκκριση ασθενών οργανικών οξέων, όπως 2,4-D, που οδηγούν σε υψηλότερο χρόνο ημιζωής στο πλάσμα και υψηλότερη ευαισθησία των σκύλων στις τοξικές επιδράσεις του 2,4-D σε σύγκριση με άλλα είδη, συμπεριλαμβανομένου και του ανθρώπου. (EFSA,2014)

7.2.4 2,4,5-T

7.2.4.1 Αρνητικές επιδράσεις στον άνθρωπο

Δυσμενής (βραχύχρονες) επιδράσεις στην υγεία μπορούν να συμβούν άμεσα ή σύντομα μετά από την έκθεση με 2,4,5-T.

1. Επαφή μπορεί να προκαλέσει ερεθισμό και κάψιμο στο δέρμα και στα μάτια με πιθανή οφθαλμική ζημιά.
2. Εισπνέοντας το μπορεί να προκαλέσει ερεθισμό στη μύτη, το λαιμό, τον φάρυγγα και τους πνεύμονες.
3. Έκθεση σε υψηλά επίπεδα μπορεί να προκαλέσει αδυναμία, ναυτία, πτώση της πίεσης του αίματος, δυσκολία στην αναπνοή, ρίγος, σπασμοί και κόμα.(PubChem, 2005)

Χρόνιες (μακροχρόνιες) επιδράσεις στην υγεία που εμφανίζονται σε κάποιο χρόνο μετά την έκθεση με 2,4,5-T και μπορεί να διαρκέσει για μήνες ή χρόνια:

- ❖ *Κίνδυνος καρκίνου.* Δεν έχει αναγνωριστεί ως καρκινογόνο, ωστόσο πρέπει να χρησιμοποιείται με προσοχή καθώς μερικές σχετιζόμενες ενώσεις είναι καρκινογόνες.
- ❖ *Κίνδυνος αναπαραγωγικού.* Σύμφωνα με πληροφορίες που πρόσφατα παρατέθηκαν στο Τμήμα υγείας και Υπηρεσιών ηλικιωμένων του Νιου Τζέρζι το 2,4,5-T έχει εξεταστεί και δεν έχει δείξει κάποια επίδραση στην αναπαραγωγή (New Jersey Department of Health and Senior Services Hazardous Substance Fact Sheet, 2006). Το μόνο που έχει παρατηρηθεί είναι μείωση του βάρους των απογόνων των αρουραίων σε μελέτες που έγιναν σε πειραματόζωα. (United States Environmental Protection Agency, 2000) Υπάρχει μια υποψία ότι προκαλεί τετατογενέσεις και μεταλλάξεις (New Jersey Department of Health and Senior Services Hazardous Substance Fact Sheet, 2006). μπορεί να βλάψει τη γονιμότητα ή το αγέννητο παιδί (H360) σύμφωνα με το GHS(PubChem, 2005)

- ❖ *Άλλες μακροχρόνιες επιδράσεις.* Δεν υπάρχουν άλλες χρόνιες επιδράσεις στην υγεία αυτή την στιγμή. (New Jersey Department of Health and Senior Services Hazardous Substance Fact Sheet, 2006). Επίσης η μακροχρόνια έκθεση σε αρουραίους μέσω διατροφής προκάλεσε κάποια ελαφρά μείωση στο ήπαρ και στα νεφρά. (United States Environmental Protection Agency, 2000)
- ❖ Μπορεί να προκαλέσει βλάβες στα όργανα λόγω παρατεταμένης ή επαναλαμβανόμενης έκθεσης (H372 και H373) (PubChem, 2005). Σε μια μελέτη, παρατηρήθηκαν ελαφριά εκφυλιστικές μεταβολές στο ήπαρ και στους νεφρούς των αρουραίων που εκτέθηκαν χρονίως σε 2,4,5- T στη διατροφή τους. Μελέτες σε πειραματόζωα έχουν αναφέρει επιδράσεις στο αίμα (αυξημένη αιμάτωμα της σπλήνας) και στο ήπαρ (ηπατική υπερπλασία) από χρόνια έκθεση από κατάποση του 2,4,6-T, ενώ δεν υπάρχουν επιδράσεις στο καρδιαγγειακό σύστημα, στο γαστρεντερικό σύστημα, στα νεφρά, στο δέρμα, στο ανοσοποιητικό σύστημα, ή στο κεντρικό νευρικό σύστημα (United States Environmental Protection Agency, 2000)

Η πιο πιθανή οδός έκθεσης του 2,4,5-T είναι η εισπνοή και η δερματική έκθεση των εργαζομένων που εμπλέκονται στην παρασκευή, τον χειρισμό ή την εφαρμογή 2,4,5-T. Το ευρύ κοινό θα μπορούσε ενδεχομένως να εκτεθεί με εισπνοή σωματιδίων ή κατάποση φρούτων, γάλακτος ή πόσιμου νερού που έχουν μολυνθεί με 2,4,5-T. (Toxicology Data Network, 2009)

7.2.4.2 Αρνητικές επιδράσεις στο περιβάλλον

Σύμφωνα με το GHS το 2,4,5-T μπορεί να είναι πολύ τοξικό για τα υδρόβια ζώα (H400) και ακόμα πιο πολύ όταν είναι μακροχρόνια η έκθεση (H410). (PubChem, 2005) Εάν εκλυθεί στο έδαφος, το 2,4,5-T βιοαποικοδομείται και η κινητικότητά του ποικίλλει από εξαιρετικά κινητό σε αμμώδες έδαφος έως ελαφρώς κινητό σε μούχλα (λόγω προσρόφησης σε χουμικά οξέα και άλλες οργανικές ουσίες). Η απομάκρυνση από τη βιοαποικοδόμηση περιορίζει προφανώς την έκταση της έκπλυσης και η μόλυνση των υπόγειων υδάτων είναι πιθανή μόνο με ταχεία ροή μέσω μεγάλων και βαθιές ρωγμές στο έδαφος. Η παραμονή του 2,4,5-T στο έδαφος αναφέρεται ότι κυμαίνεται μεταξύ 14 και 300 ημερών, αλλά συνήθως δεν υπερβαίνει την περίοδο

πλήρους καλλιέργειας, ανεξάρτητα από το ποσοστό εφαρμογής.(Toxicology Data Network, 2009)

7.2.5 NAA

7.2.5.1 Τοξικότητα στα θηλαστικά

Πειράματα που έχουν γίνει δείχνουν ότι το 1-ναφθυλοξικό οξύ (NAA) είναι επιβλαβές στους αρουραίους μετά από κατάποση. Επίσης, μετά από παρατεταμένη έκθεση του δέρματος αλλά και εισπνοής αυτού εμφανίζει χαμηλή τοξικότητα καθώς δεν έδειξε κάποιο δερματικό ερεθισμό, ενώ είναι ερεθιστικό για τα μάτια, Ωστόσο, η ημερήσια χορήγηση 1-ναφθυλοξικού οξέος για 6 μήνες προκάλεσε πολύ μικρές ενδείξεις περιχολαγγίτιδας σε χαμηλές δόσεις, ελαφρύ έως μέτριο βαθμό ηπατικής προσβολής σε μέτριες δόσεις και ελαφρά έως σοβαρό βαθμό ηπατικής προσβολής σε υψηλές δόσεις. (EFSA, 2011)

Φαίνεται πώς το NAA και το 2,4-D αν χρησιμοποιηθούν μαζί μπορεί να έχουν τοξικό αποτέλεσμα καθώς οι αλληλεπιδράσεις αυτών των ενώσεων με το ήπαρ και τις μεμβράνες κυττάρων μυϊκού ιστού μπορούν να προκαλέσουν δομική διαταραχή.(KatarzynaHąc-Wydro and MichałFlasiński, 2015)

7.2.5.2 Επίδραση στο περιβάλλον

Σύμφωνα με τον EFSA (2011) εργαστηριακές επώσεις που έγιναν στο εδάφος υπό αερόβιες συνθήκες στο σκοτάδι, παρουσίασαν ότι το 1-ναφθυλοξικό οξύ έχει χαμηλή έως μέτρια τοξικότητα. Μέσω της διατροφικής έκθεσης εκτιμήθηκε στα εντομοφάγα πτηνά και στα θηλαστικά χαμηλή τοξικότητα όπως και χαμηλή υπολλειματικότητα. Επίσης, η κατανάλωση μολυσμένου νερού με την επικείμενη ορμόνη επιφέρει χαμηλή τοξικότητα σε πουλιά και θηλαστικά. Ωστόσο το 1-ναφθυλοξικό οξύ είναι τοξικό για τους υδρόβιους οργανισμούς. Στην επιφάνεια του υδρόβιου περιβάλλοντος παρατηρείται χαμηλή τοξικότητα. (EFSA, 2011)

7.3 Κυτοκινίνες

Μελέτες που έχουν γίνει σε πειραματόζωα αποδεικνύουν ότι έχουν πολύ χαμηλή τοξικότητα. Είναι ελαφρώς τοξικές όσον αφορά τον ερεθισμό του δέρματος και των οφθαλμών και κατά την εισπνοή(π.χ. ζεατίνη). Παρατηρήθηκε ότι η φυσική και συνθετική κυτοκινίνη λόγω της χαμηλής τοξικότητας στα θηλαστικά και το ποσοστό των χαμηλών χρήσεων, δεν αυξάνεται σημαντικά κατά τη διατροφική πρόσληψη. Με βάση τις μεθόδους εφαρμογής που αναφέρονται στις ετικέτες προϊόντων κυτοκινίνης υπάρχει μια πιθανότητα έκθεσης των οφθαλμών, του δέρματος και των αναπνευστικών οδών των γεωργών με το προϊόν (United States Environmental Protection Agency, 1995). Οι πιθανοί κίνδυνοι από την έκθεση σε φυτά που έχουν υποστεί την συγκεκριμένη αγωγή μπορούν να μετριαστούν με τη χρήση ατομικού προστατευτικού εξοπλισμού που απαιτείται από τον κανονισμό προστασίας των εργαζομένων. Δεν έχουν βρεθεί στοιχεία για το αν οι κυτοκινίνες είναι καρκινογόνες και μεταλλαξιογόνες. Επίσης δεν έχει αρνητικές επιδράσεις στην αναπαραγωγή όπως και στην μετέπειτα ανάπτυξη. (Pesticide Properties Data Base, 2018)

Λόγω χαμηλής τοξικότητας δεν υπάρχουν στοιχεία για τις επιπτώσεις που μπορεί να προκαλέσει στο περιβάλλον όπως και την πορεία της υπολειματικότητας.

Όσον αφορά την 6-βενζυλαδενίνη σύμφωνα με την EFSA (2010) φαίνεται να είναι επιβλαβής σε περίπτωση κατάποσης. Η ουσία είναι χαμηλής τοξικότητας μετά από έκθεση στο δέρμα και εισπνοή, δεν είναι ερεθιστική για το δέρμα ή τα μάτια ούτε δημιουργεί ευαισθησία στο δέρμα. Η απορρόφηση από κατάποση φτάνει το 80%. Πειράματα που έχουν γίνει σε αρουραίους σε διάστημα 13 εβδομάδων φαίνεται ότι κυρίως επηρεάζεται ο νεφρός. Παράλληλα δεν υπάρχουν στοιχεία μεταλλάξεων, καρκινογένεσεων και τερατογένεσεων χωρίς όμως να τις αποκλείει. Δεν παρατηρήθηκαν ανεπιθύμητες επιδράσεις στη γονιμότητα ή τις αναπαραγωγικές παραμέτρους, αλλά παρατηρήθηκε μικρότερη αύξηση σωματικού βάρους και καθυστέρηση της σεξουαλικής ωρίμανσης στους απογόνους. Στην μελέτη ανάπτυξης του αρουραίου παρατηρήθηκε χαμηλότερο σωματικό βάρος του εμβρύου, αυξημένη συχνότητα εμφάνισης υδροκεφαλισμός.



Εικόνα 11: Υδροκεφαλισμός

Η 6-βενζυλαδενίνη έχει χαμηλή υπολειμματικότητα λόγω ότι είναι φυσική ορμόνη στα φυτά άρα δεν υπάρχει κίνδυνος σε φυτά και σε ζώα. Η παραμονή στο έδαφος διαρκεί 1-2 μέρες και μετά αποικοδομείται. Ωστόσο, έχει υψηλή τοξικότητα στους υδρόβιους οργανισμούς.

7.4 Αιθυλένιο

7.4.1 Τοξικότητα στα θηλαστικά

Σύμφωνα με την βάση δεδομένων της EFSA (2012) όταν υπήρξε περιορισμένης ισχύος εισπνοή, η έκθεση σε αιθυλένιο μπορεί να οδηγήσει στον σχηματισμό συμπλόκων DNA και πρωτεΐνης, σε αιματολογικές αλλαγές, ηπατικές επιδράσεις, επιδράσεις στο νευρικό σύστημα και ασφυξία. Ωστόσο, το επίπεδο της συγκέντρωσης, ο χαρακτηρισμός και το μέγεθος δεν μπορούν να αξιολογηθούν. Δεν υπάρχει κάποια ένδειξη ότι το αιθυλένιο έχει την δυνατότητα να προκαλέσει καρκίνο, τοξικότητα γονιδίου, αναπαραγωγική ή αναπτυξιακή τοξικότητα. Λόγω έλλειψης δεδομένων διαπιστώνεται ένα κενό, όσον αφορά τις τοξικολογικές πληροφορίες που επιτρέπουν τον καθορισμό τιμών αναφοράς για το αιθυλένιο, εάν τα επίπεδα έκθεσης των καταναλωτών, των χειριστών, των εργαζομένων και των παρευρισκόμενων φαίνεται ότι υπερβαίνουν τα φυσικά επίπεδα έκθεσης.(EFSA, 2012)

7.4.2 Επίδραση στο περιβάλλον

Από έρευνες που έγιναν από την EFSA στον αέρα, νερό, έδαφος, στερεά ιζημάτων, αιωρούμενα ιζήματα και ψάρια κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι, εάν εφαρμοστεί σύμφωνα με τις καθορισμένες ποσότητες, το εκπεμπόμενο αιθυλένιο κατανέμεται μόνο στον αέρα και συνεπώς η έκθεση στο έδαφος και στο νερό θεωρείται ελάχιστη. Ο χρόνος ημιζωής στον αέρα είναι 38 ημέρες. Λόγω των αμελητέων επιπέδων έκθεσης, ο κίνδυνος για τα πτηνά και τα θηλαστικά, τους υδρόβιους οργανισμούς, τις μέλισσες, τα αρθρόποδα, τους γαιοσκώληκες, τα μακροφάγα και τους μικροοργανισμούς του εδάφους, τα χερσαία μη στοχευόμενα φυτά, θεωρείται ότι είναι χαμηλή.(EFSA, 2012)

7.5 Αμπισισικό οξύ

Βάσει των δεδομένων που έχουν συγκεντρωθεί δεν υπάρχει ανησυχία για τοξικολογικές επιπτώσεις. Γενικά η απορρόφηση του στους εκάστοτε οργανισμού φτάνει 50%. Δεν είναι έντονα τοξικό μέσω των στοματικών, δερματικών και εισπνεόμενων οδών. Δεν είναι ερεθιστικό για το δέρμα ή τα μάτια, ούτε κάνει ευαίσθητο το δέρμα και δεν εμφανίζει γονοτοξικότητα. Πειράματα που έχουν πραγματοποιηθεί σε αρουραίους φαίνεται ότι δεν προκαλεί καμία επίδραση μέχρι 2171 mg/kg σωματικού βάρους ανά ημέρα. Ταυτόχρονα δεν επηρεάζει την αναπαραγωγή και την ανάπτυξη. Η EFSA(2013) δεν υπέβαλλε μελέτες μακροχρόνιας τοξικότητας ή καρκινογένεσης. Παρά την έλλειψη δεδομένων μακροπρόθεσμης τοξικότητας και καρκινογένεσης, με βάση τις διαθέσιμες μελέτες θεωρείται εξαιρετικά απίθανο να προκαλέσει δυσμενείς επιδράσεις μετά από μακροχρόνιες επαναλαμβανόμενες εκθέσεις. Ως εκ τούτου, μπορεί να οριστεί ημερήσια δόση 13,6 mg/kg.

Το ABA είναι μια φυσική φυτική ορμόνη και συνεπώς το φυτό θα το μεταβολήσει κανονικά. Σε ένα πείραμα που έλαβε χώρα 50 μέρες σε αρουραίους αποδεικνύεται ότι το ABA επηρεάζει το αντιοξειδωτικό αμυντικό σύστημα. Αυτό φαίνεται από την αλλαγή της δραστηριότητας των ενζύμων και της γλουταθειόνης στο σπλήνα, τον πνεύμονα, το στομάχι, την καρδιά και τους νεφρούς από αυτή που είχαν οι αρουραίοι πριν την έναρξη του πειράματος. Επιπλέον, η ABA προκάλεσε σημαντική

μείωση της δραστηριότητας της γλουταθειόνης στους πνεύμονες, αλλά αύξηση αυτής στο στομάχι. Ωστόσο, οι φυτορρυθμιστικές ουσίες μπορεί να οδηγήσουν σε αναστολή της σύνθεσης ενζύμων στους ιστούς ως αποτέλεσμα των μηχανισμών διάσπασης mRNA ή μηχανισμών κυτταρικής μεταγραφής. Επίσης, το οξειδωτικό στρες μπορεί να επηρεάσει τις δραστηριότητες προστατευτικών αντιοξειδωτικών ενζύμων σε οργανισμούς που εκτίθενται σε φυτορρυθμιστικές ουσίες. Οι αλλαγές αυτές υποδηλώνουν ότι πιθανότατά να εμφανίζονται και στα σπονδυλωτά. (IsmailCeliket. 2006)

Όσον αφορά την τοξικότητα που εμφανίζεται στο περιβάλλον μέσα από πειράματα που έγιναν σε πτηνά και θηλαστικά (κατανάλωση τροφής και νερού μολυσμένου με ABA) φαίνεται να είναι χαμηλή. Επίσης χαμηλή τοξικότητα υπήρχε και στα ψάρια, τα ασπόνδυλα υδρόβια και τα φύκια. Το ίδιο ισχύει για τους γαιοσκώληκες, τους μικροοργανισμούς του εδάφους, μέλισσες, αρθρόποδα, και τους οργανισμούς επεξεργασίας λυμάτων. Δεν πραγματοποιήθηκαν μελέτες της EFSA για την υπολειμματικότητα σε προϊόντα ζωικής προέλευσης καθώς τα ζώα δεν τρέφονται με σταφύλια και ντομάτες. Γενικά δεν υπάρχουν πολλά στοιχεία για να μιλήσουμε για την υπολειμματικότητα.(EFSA, 2013)

7.6 Παραδείγματα εσφαλμένης χρήσης των φυτορρυθμιστικών ουσιών

Το 1976 στην Σέβεσο της Ιταλίας, κατά τη διάρκεια παραγωγής του ζιζανιοκτόνου 2,4,5 T (λόγω ταχείας και απροσδόκητης αύξησης της θερμοκρασίας), κατέληξε σε έκρηξη. Ένα σύννεφο χημικών απελευθερώθηκε πάνω από τη γύρω περιοχή, συμπεριλαμβανομένων κυρίως των αβλαβών 2,4,5-T, αλλά και η δυνητικά θανατηφόρα πρόσμειξη, η διοξίνη.(Chemwiki, n.d.) Εκτιμάται ότι 2 kg της διοξίνης ήταν στο σύννεφο και η περιοχή αμέσως εκκενώθηκε.

Οι έρευνα όσον αφορά την υγεία, συμπεριλαμβανομένων της ηπατικής λειτουργίας, της ανοσολογικής λειτουργίας, της νευρολογικής ανεπάρκειας και των επιδράσεων στην αναπαραγωγή, απέδωσαν αβέβαια αποτελέσματα. Έχει αποκαλυφθεί αυξημένη θνησιμότητα από καρδιαγγειακές και αναπνευστικές ασθένειες, πιθανώς σε σχέση με τις ψυχοκοινωνικές συνέπειες του ατυχήματος, επιπλέον της χημικής μόλυνσης. Παρατηρήθηκε επίσης περισσότερα περιστατικά διαβήτη. Τα αποτελέσματα

της επίπτωσης του καρκίνου και της παρακολούθησης της θνησιμότητας έδειξαν αυξημένη εμφάνιση καρκίνου των γαστρεντερικών θέσεων και του λεμφικού και αιματοποιητικού ιστού. Ωστόσο, τα αποτελέσματα δεν μπορούν να θεωρηθούν πειστικά, λόγω των διαφόρων περιορισμών (λίγα ατομικά δεδομένα έκθεσης, περίοδος βραχείας καθυστέρησης και μικρό μέγεθος πληθυσμού για ορισμένους τύπους καρκίνου) (Md. Wasim Aktaret, 2009).

Κατά τη διάρκεια του πολέμου του Βιετνάμ, οι στρατιωτικές δυνάμεις των Ηνωμένων Πολιτειών ψέκασαν σχεδόν 19 εκατομμύρια γαλόνια ζιζανιοκτόνου σε περίπου 3,6 εκατομμύρια στρέμματα βιετναμέζικης γης για την απομάκρυνση των δασών, την καταστροφή των καλλιεργειών και την καθαρή βλάστηση από τις περιφέρειες των αμερικανικών βάσεων. Αυτή η προσπάθεια, γνωστή ως Operation Ranch Hand, διήρκεσε από το 1962 έως το 1971. Χρησιμοποιήθηκαν διάφορα σκευάσματα ζιζανιοκτόνων, αλλά τα περισσότερα ήταν μίγματα των 2,4-διχλωροφαινοξυοξικού οξέος (2,4-D) και 2,4,5-τριχλωροφαινοξυοξικού οξέος (2,4,5-T) η οποία ήταν παρούσα σε συγκεντρώσεις μόνο 10-30ppm. Περίπου 3 εκατομμύρια Αμερικανοί υπηρέτησαν στις ένοπλες δυνάμεις στο Βιετνάμ κατά τον πόλεμο του Βιετνάμ. Ορισμένοι από αυτούς (καθώς και ορισμένοι Βιετναμέζοι πολεμιστές και πολίτες και μέλη των ενόπλων δυνάμεων άλλων εθνών) εκτέθηκαν, συμπεριλαμβανομένου του Agent Orange. Υπήρξαν ενδείξεις για τον κίνδυνο καρκίνου βετεράνων του Βιετνάμ, εργαζομένων που εκτέθηκαν σε ζιζανιοκτόνα ή διοξίνες (δεδομένου ότι οι διοξίνες μολύνουν τα μίγματα ζιζανιοκτόνων που χρησιμοποιούνται στο Βιετνάμ) και του πληθυσμού του Βιετνάμ (Md. Wasim Aktaret, 2009). Ήταν υπεύθυνη για την παραγωγή δυσπλασιών σε μωρά θηλαστικών και για γενετικά ελαττώματα στα παιδιά τους και ανάπτυξη καρκίνου. Στη Γερμανία και τις ΗΠΑ έχει απαγορευτεί πλήρως, αλλά στο Ηνωμένο Βασίλειο μπορεί και το χρησιμοποιεί ακόμα για ορισμένες γεωργικές (Chemwiki, n.d.)



Εικόνα 12: Απόδειξη των επιπτώσεων τις χρήσης φυτορρυθμιστικών ουσιών Πηγή: Vietnam News(2014)

Το παράδειγμα του πορτοκαλί παράγοντα (Agent Orange) που είχε συμβεί στο Βιετνάμ με την χρήση μίγματος 2,4-D και 2,4,5-T. (Alastair Hay, 1982) δεν είναι το μόνο. Στην Ιταλία το 2001 παρουσιάστηκαν 22 περιπτώσεις οξείας ασθένειας λόγω έκθεσης σε μια φυτορρυθμιστική ουσία, το Dormex (έχει το υδροκυαναμίδιο ως το δραστικό συστατικό). Οι ασθενείς παρουσίασαν σοβαρό ερεθισμό και έλκος των ματιών, του δέρματος και της αναπνευστικής οδού. Αναστέλλει επίσης την αφυδρογόνωση της αλδεϋδης και μπορεί να παράγει το σύνδρομο της ακεταλδεϋδης (π.χ. εμετό, παρασυμπαθητική υπερδραστηριότητα, δύσπνοια, υπόταση, ταχυκαρδία και σύγχυση) όταν η έκθεση συμπίπτει με τη χρήση αλκοόλ (Centers for Disease Control and Prevention, 2001). Δεν είναι γνωστό αν οι εργαζόμενοι τηρούσαν τους κανόνες ατομικής υγιεινής και ήταν προστατευμένοι. Το Υπουργείο Υγείας της Ιταλίας (IMH) ανέστειλε τη χρήση του προϊόντος στην Ιταλία.

Συμπέρασμα

Καταλήγοντας από την ανάλυση της καλλιέργειας φράουλας φαίνεται ότι είναι ένα απαιτητικό και ταυτόχρονα ευαίσθητο φυτό που χρήζει μεγάλης φροντίδας. Το έδαφος με την κλίση που πρέπει να έχει ώστε να έχει καλή αποστράγγιση μέχρι την χρήση σωστών λιπασμάτων (K, Mg, P κ.τ.λ.). Σε συνδυασμό με τον τρόπο φύτευσης η παραγωγή της φράουλας καταφέρνει να γίνεται σε μεγάλες ποσότητες. Εκτός από την υπαίθρια φύτευση, μεγάλες ποσότητες καλλιεργούνται μέσα σε θερμοκήπια όπως υδροπονικό θερμοκήπιο.

Παράλληλα, η χρήση φυτορρυθμιστικών ουσιών δεν γίνεται να λείπει από μια τέτοια καλλιέργεια. Αυξίνες, γιββερελλίνες, κυτοκινίνες, αιθυλένιο και αμπισισικό οξύ είναι αυτά που επηρεάζουν στο μέγιστο την όλη διαδικασία. Στην καλλιέργεια της φράουλας αυτά που χρησιμοποιούνται είναι οι γιββερελλίνες, IAA, NAA, κυτοκινίνες και αμπισισικό οξύ. Αιθυλένιο χρησιμοποιείται μόνο στην αρχή στον σπόρο η φράουλα είναι ένα φυτό που παράγει την απαιτούμενη ποσότητα αιθυλενίου που χρειάζεται για να ωριμάσει.

Το βασικό θέμα που τίθενται είναι η επίδραση αυτών στον άνθρωπο είτε έμμεσα από το περιβάλλον είτε άμεσα από την επαφή του ανθρώπου με τις συγκεκριμένες ουσίες. Οι γνώμες είναι αμφιλεγόμενες σε αυτό το θέμα. Οι αρνητικές συνέπειες των φυτορρυθμιστικών ουσιών εμφανίζονται σε μεγάλες ποσότητες χρήσης τους. Σε μικρές ποσότητες επι το πλῆστον δεν έχουν εμφανείς επιπτώσεις. Οι ουσίες αυτές παράγονται φυσικά στα φυτά εκτός από τις συνθετικές. Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν ότι τα δεδομένα δεν είναι αρκετά για να προκύψουν εμπειριστατωμένες γνώμες. Μέσα από τα πειράματα πάνω σε ζώα έχουν φαίνεται ότι οι ουσίες αυτές μπορούν να προκαλέσουν από δερματικούς ερεθισμούς μέχρι και παραμορφώσεις (π.χ. υδροκέφαλος). Στοιχεία για καρκινογενέσεις δεν είναι ακόμα έτοιμα. Πρέπει να υπάρξουν περαιτέρω έρευνες που θα καλύψουν τα κενά των ήδη υπάρχοντων μελετών.

Βιβλιογραφία

- 1) Adda Bjarnadottir (2015) Strawberries 101: Nutrition Facts and Health Benefits Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <https://www.healthline.com/nutrition/foods/strawberries>
- 2) Alastair Hay (1982) The Chemical Scythe: Lessons of 2,4,5-T and Dioxin New York: Plenum Press
- 3) Ali Momenpour, Toktam, Sadat Taghavi, Shokofeh Manochehr (2011) Effects of banzyladenine and gibberellin on runner production and some vegetative traits of three strawberry cultivars. African Journal of Agricultural Research Vol. 6(18), pp. 4357-4361 Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: http://www.academicjournals.org/article/article1380815452_Momenpour%20et%20al.pdf
- 4) Antonio Segura Carretero, Carmen Cruces-Blanco, Alberto Fernández-Gutiérrez (1998) Heavy Atom Induced Room Temperature Phosphorescence Method for the Determination of the Plant Growth Regulator β -Naphthoxyacetic Acid. Journal of Agricultural and Food Chemistry Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: https://www.researchgate.net/publication/231739512_Heavy_Atom_Induced_Room_Temperature_Phosphorescence_Method_for_the_Determination_of_the_Plant_Growth_Regulator_b-Naphthoxyacetic_Acid
- 5) Anu Rastogi, Ameena Siddiqui, Brij K Mishra, Mrinalini Srivastava, Rawli Pandey, Pratibha Misra, Munna Singh, Sudhir Shukla(2013) Effect of auxin and gibberellic acid on growth and yield components of linseed (*Linum usitatissimum* L.) Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-70332013000200006
- 6) Biology online (n.d.) Growth and Plant Hormones - Plant Biology. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: https://www.biologyonline.org/11/10_growth_and_plant_hormones.htm
- 7) British Columbia (2015) Berries Production Guide: Strawberries Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <http://productionguide.agrifoodbc.ca/guides/14/section/50/chapter/54>

- 8) Canna (n.d.) Plant hormones Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: http://www.canna-uk.com/plant_hormones
- 9) Centers for Disease Control and Prevention (2001) Pesticide-Related Illnesses Associated with the Use of a Plant Growth Regulator --- Italy, 2001 Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5039a1.htm>
- 10) Chandigarh University (2014) Plant Hormones {κεφάλαιο 32 σελίδα 916-955} Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: http://www.cuchd.in/e-library/resource_library/University%20Institutes%20of%20Sciences/Fundamentals%20of%20Biochemistry/Chap-32.pdf
- 11) Chemwiki (n.d.) 2,4,5-T (Agent Orange) Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <http://www.ch.ic.ac.uk/rzepa/mim/environmental/html/245t.htm>
- 12) Daniel S Kirschbaum(1998) Temperature and growth regulator effects on growth and development of strawberry (Fragaria x ananassa Duch.) Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:http://www.academia.edu/10238545/Temperature_and_growth_regulator_effects_on_growth_and_development_of_strawberry_Fragaria_x_ananassa_Duch_
- 13) Daniel S. Kirschbaum(1998) Temperature and growth regulator effects on growth and development of strawberry (Fragaria x ananassa Duch.) Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:https://www.researchgate.net/publication/237114876_Temperature_and_growth_regulator_effects_on_growth_and_development_of_strawberry_Fragaria_x_ananassa_Duch
- 14) Danielle Sedbrook (2016) 2,4-D: The Most Dangerous Pesticide You've Never Heard Of Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <https://www.nrdc.org/stories/24-d-most-dangerous-pesticide-youve-never-heard>
- 15) Danielle Weber (n.d.) Plant Hormones: Chemical Control of Growth and Reproduction Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <https://study.com/academy/lesson/plant-hormones-chemical-control-of-growth-and-reproduction.html>
- 16) Douglas J Peckenpough (2004) Hydroponic solutions. Volume 1, Hydroponic growing tips. United States of America. Corvallis, Or.: New Moon Pub
- 17) EFSA (2010) Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the

- active substance 6-benzyladenine Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:
<http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/1716>
- 18) EFSA (2011) Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance 2-naphthoxyacetic acid Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:
<http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/2152>
- 19) EFSA (2011) Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance 1-naphthylacetic acid Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:
<http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/2019>
- 20) EFSA (2012) Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance gibberellins (GA4, GA7)1 (approved as giberelline) Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2012.2502/epdf>
- 21) EFSA (2012) Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance ethylene Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2012.2508/epdf>
- 22) EFSA (2013) Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance S-abscisic acid Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:
<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2013.3341>
- 23) EFSA (2014) Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance 2,4-D Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:
<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2014.3812>
- 24) EFSA (2014) Reasoned opinion on the review of the existing maximum residue levels (MRLs) for indolylacetic acid according to Article 12 of Regulation (EC) No 396/20051 Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2014.3747/pdf>
- 25) Francesca Giampieri, Sara Tulipani, José M. Alvarez-Suarez, José L. Quiles, Bruno Mezzetti, Maurizio Battino. (2012) The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S089990071100306>
- 26) G.M. Symons, Y.-J. Chua, J.J. Ross, L.J. Quittenden, N.W. Davies, and J.B. Reid

- (2012) Hormonal changes during non-climacteric ripening in strawberry Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3428006/>
- 27) Gana, A. S. (2010) The role of synthetic growth hormones in crop multiplication and improvement. In African Journal of Biotechnology Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <http://www.academicjournals.org/journal/AJB/article-full-textpdf/760D84F31753>
- 28) Gardenguide (2016) Αγενής πολλαπλασιασμός φυτών Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα <http://www.gardenguide.gr/agenis-pollaplasiasmos-fyton/> (αγενής πολλαπλασιασμός)
- 29) Hooley Richard, Roberts Jeremy A. (1988) Plant Growth Regulators, New York, Chapman and Hall
- 30) Ignacio Garcia (2018) Plant growth regulators Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: http://www.canna-uk.com/plant_growth_regulators
- 31) Ikram Samia, Qureshi Khalid Mahmood, Khalid Nauman (2016) Flowering and fruiting responses of strawberry to growth hormone and chilling grown under tunnel conditions Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: https://www.researchgate.net/publication/309135170_Flowering_and_fruiting_responses_of_strawberry_to_growth_hormone_and_chilling_grown_under_tunnel_conditions
- 32) Investigación y Desarrollo (2015) Biotechnologist achieves larger, stronger fruits with plant hormone crystals Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <https://www.sciencedaily.com/releases/2015/08/150814122900.htm>
- 33) Ismail Celik, Yasin Tuluçe, Ismail Isik (2006) Evaluation of toxicity of abscisic acid and gibberellic acid in rats: 50 days drinking water study in Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry, Pages 219-226 Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14756360600988955%20>
- 34) John JA, Blogg CD, Murray FJ, Schwetz BA, Gehring PJ. (1979) Teratogenic effect of the plant hormone indole-3-acetic acid in mice and rats Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: https://www.researchgate.net/publication/22669361_Teratogenic_effect_of_the_pl

ant_hormone_indole-3-acetic_acid_in_mice_and_rats

- 35) Justyna Góraj, Elżbieta Węgrzynowicz-Lesiak, Marian Saniewski (2014) The Effect Of Some Plant Growth Regulators And Their Combination With Methyl Jasmonate On Anthocyanin Formation In Roots Of Kalanchoe Blossfeldiana Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: [http://www.inhort.pl/files/journal_IO/contents/2014_2/jhr_22\(2\)_03.pdf](http://www.inhort.pl/files/journal_IO/contents/2014_2/jhr_22(2)_03.pdf)
- 36) Katarzyna Hać-Wydro, Michał Flasiński (2015) The studies on the toxicity mechanism of environmentally hazardous natural (IAA) and synthetic (NAA) auxin – The experiments on model Arabidopsis thaliana and rat liver plasma membranes : Colloids and Surfaces B: Biointerfaces Pages 53-60 Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927776515002143?via=ihub>
- 37) Kegley S.E., Hill B.R., Orme S., Choi A.H., (2016) 2,4-D: PAN Pesticide Data Base, Pesticide Action Network, North America. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: http://pesticideinfo.org/Detail_Chemical.jsp#Working
- 38) Kerry Torrens (2017) The health benefits of strawberries Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <https://www.bbcgoodfood.com/howto/guide/ingredient-focus-strawberries>
- 39) Kolle, Susanne (2012) Genotoxicity and carcinogenicity. BASF The chemical company Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <http://www.alternative-methods.basf.com/group/corporate/alternatives/en/microsites/alternatives/methods-in-use/genotoxicity>
- 40) Lookchem (2008) A Danger to Health: Huge Strawberries Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <http://www.lookchem.com/Chempedia/Health-and-Chemical/16532.html>
- 41) Louise Ferguson And James E. Lessenger (2006) Plant Growth Regulators Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <http://eknygos.lsmuni.lt/springer/23/156-166.pdf>
- 42) Lumen Boundless Biology (n.d.) Plant Sensory Systems and Responses Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <https://courses.lumenlearning.com/boundlessbiology/chapter/plant-sensory-systems-and-responses/>

- 43) M.J.Farabee (2007) Plant Hormones, Nutrition, And Transport Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:<https://www2.estrellamountain.edu/faculty/farabee/biobk/BioBookPLANTHORM.html>
- 44) Macháčková Ivana, Zažímalová Eva, George E.F. (2008) Plant Growth Regulators I: Introduction; Auxins, their Analogues and Inhibitors, In Plant Propagation by Tissue Culture 3rd Edition. Dordrecht: Springer: 1-501, Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:
<http://hos.ufl.edu/sites/default/files/courses/hos6373c/february%205/auxin.pdf>
- 45) Maximum Yield(n.d.) Plant Growth Regulator Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:
<https://www.maximumyield.com/definition/1612/plant-growth-regulator-pgr>
- 46) Md. Wasim Aktar, Dwaipayan Sengupta, and Ashim Chowdhury (2009) Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2984095/>
- 47) Mother earth news (2011) All About Growing Strawberries Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:<https://www.motherearthnews.com/organic-gardening/fruits/growing-strawberries-zm0z11zkon>
- 48) National Horticulture Board (2010) Strawberry Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:
http://nhb.gov.in/report_files/strawberry/STRAWBERRY.htm
- 49) National Pesticide Information Center (2009) 2,4-D Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:
<http://npic.orst.edu/factsheets/24Dgen.html>
- 50) Nature.com (n.d.) Plant stress responses Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα
<https://www.nature.com/subjects/plant-stress-responses>
- 51) Nelson Rob (2013) Understanding Plant Hormones Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:
<http://www.untamedscience.com/biology/plants/plant-growth-hormones/>
- 52) New Jersey Department of Health and Senior Services Hazardous Substance Fact Sheet alal al (2006) 2.4.5 Trichlorophenol Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:
<http://www.nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/1895.pdf>
- 53) P.Z. Lopes, I.M. Fornazzari, A.T. Almeida, C.W. Galvão, R.M. Etto, J. Inaba, R.A. Ayub (2015) Effect of ethylene treatment on phytochemical and ethylene-related gene expression during ripening in strawberry fruit *Fragaria x ananassa* cv.

- CaminoReal Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:
<http://pitangui.uepg.br/departamentos/defito/labioveget/2015/gmr6687.pdf>
- 54) Pavel Sluka (2013) Tips on Growing Strawberry Plants Hydroponically in Garden & Greenhouse Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:
<http://www.gardenandgreenhouse.net/articles/october-2013/hydroponics-101-tips-on-growing-strawberry-plants-hydroponically/>
- 55) Pesticide Properties Data Base (2018) 2-naphthylxyacetic acid Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/1331.htm>
- 56) Pesticide Properties Data Base (2018) zeatin Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/1629.htm>
- 57) Place M.(n.d.) Auxin: The Functions, Effects, and Applications of a Plant Growth Hormone Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:
<https://www.ndsu.edu/pubweb/chiwonlee/plsc211/student%20papers/articles00/mplace/mplace.htm>
- 58) Pubchem (2005) (2-Naphthylxy)aceticacid Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:
https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2Naphthoxyacetic_acid#section=Safety-and-Hazards
- 59) PubChem (2005) 2,4,5-Trichlorophenoxyaceticacid Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:
https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2_4_5-trichlorophenoxyacetic_acid#section=Top
- 60) Rakesh K. (2017) Runner production of strawberry, Biotech Articles Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα :<https://www.biotecharticles.com/Agriculture-Article/Runner-Production-of-Strawberry-3802.html>
- 61) Seeram NP (2008) Berry fruits for cancer prevention: current status and future prospects. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18211019>
- 62) Sigma-Aldrich (n.d.) Hazard and Precautionary Statements Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <https://qaci.sial.com/help-welcome/hazard-and-precautionary-statements.html>
- 63) Sylvia Blankenship(2000) Ethylene: The Ripening Hormone Διαθέσιμο στην

- ιστοσελίδα: <http://postharvest.tfrec.wsu.edu/pages/PC2000F>
- 64) Toxicology Data Network (2009) 2,4,5-ΤΔιαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <https://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-in/sis/search/a?dbs+hsdb:@term+@DOCNO+1145>
- 65) Toxicology Data Network (2015) 2,4-D Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <https://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/a?dbs+hsdb:@term+@DOCNO+202>
- 66) United States Environmental Protection Agency (1995) R.E.D. FACTS Cytokinin Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/reregistration/fs_G-29_29-Feb-96.pdf
- 67) United States Environmental Protection Agency (2000) 2,4,5-Trichlorophenol Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-09/documents/2-4-5-trichlorophenol.pdf>
- 68) University of California Agriculture and Natural Resources (2008) Citrus Plant Growth Regulators: General Information Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <http://ipm.ucanr.edu/PMG/r107900111.html>
- 69) Vietnam News (2014) Agent Orange pain - painful images from Tu Du Hospital Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <http://english.vietnamnet.vn/fms/vietnam-in-photos/101247/agent-orange-pain---painful-images-from-tu-du-hospital.html>
- 70) Vishal, V. C., Thippesha, D., Chethana, K., Maheshgowda, B. M., Veerasha, B. G. And Basavraj, A. K (2016) Effect of Various Growth Regulators on Vegetative parameters of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) Cv. Sujatha Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα <http://www.aelsindia.com/rjcesaugust2016/12f.pdf>
- 71) Wim Soppe, Leónie Bentsink (2016) Dormancy in Plants Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <http://www.els.net/WileyCDA/ElsArticle/refId-a0002045.html>
- 72) Yara UK. (n.d.) Strawberry production systems Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα www.yara.co.uk/crop-nutrition/crops/soft-fruit/key-facts/production-systems/
- 73) Yasutaka Kano and Tadashi Asahira(1981) Roles of Cytokinin and Abscisic Acid in the Maturing of Strawberry Fruits Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjshs1925/50/1/50_1_31/_pdf

- 74) Z. Saima, A.Sharma, I.Umar, V.K.Wali (2014) Effect of plant bio-regulators on vegetative growth yield and quality of strawberry cv. Chandler Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:http://www.academicjournals.org/article/article1401281063_Saima%20et%20al.pdf
- 75) Ziba Asadi, Mehrdad Jafarpour, Ahmad Reza Golparvar, Abdolrahman Mohammadkhani (2013) Effect of GA3 application on fruit yield, flowering and vegetative characteristics on early yield of strawberry cv. Gaviota. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:<http://pakacademicsearch.com/pdf-files/agr/70/17161718%20Number%2015,%20VOL.%205.pdf>
- 76) Άννα Ασημακοπούλου (2016) Εφαρμοσμένη Φυσιολογία 1α Αυξίνες eclass TEI Καλαμάτας Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:
<http://www.eclass.teipel.gr/eclass2/modules/document/?course=STEG118>
- 77) Αποθετήριο «Κάλλιπος» Βιβλιοθήκη & Κέντρο Πληροφόρησης Πανεπιστημίου Αιγαίου(n.d.) Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:
<https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/2697/5/KEF.%204.pdf>
- 78) Αποθετήριο «Κάλλιπος» Βιβλιοθήκη & Κέντρο Πληροφόρησης Πανεπιστημίου Αιγαίου(n.d.) Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:
https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/252/1/02_CHAPTER_01.pdf
- 79) Β. Γαλάτης, Δ. Γανωτάκης, Κ. Γκάνη-Σπυροπούλου, Γ. Καραμπουρνιώτης, Κ. Κοτζαμπάσης, Ε.-Ι. Κωνσταντινίδου, Ι. Μανέτας, Κ. Α. Ρουμπελάκη – Αγγελάκη (2014) Φυσιολογία Φυτών από το μόριο στο περιβάλλον, Ηράκλειο, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης
- 80) Βρακάς Σπυρίδων(2011) Καλλιέργεια της φράουλας, η χρήση φυτορρυθμιστικών ουσιών σε αυτήν και μέθοδοι ανίχνευσης υπολειμμάτων στο προϊόν
- 81) Δ. Μπουράνης, Σ. Χωριανοπούλου (n.d.) Φυσιολογία Φυτών – Διακίνηση υλικών μέσα στο φυτικό σώμα Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα
http://www.aua.gr/plph/Tutorial/plph_11.pdf
- 82) Δεκάζος Ηλίας Δ. (1991) Μικροί καρποί Αθήνα Εκδόσεις Σταμούλης
- 83) ΔΠΘ - Τμήμα Δασολογίας & Διαχείρισης Περιβάλλοντος & Φυσικών Πόρων

- (2011) Φυσιολογία Φυτών Ρυθμιστές Της Αύξησης Των Φυτών Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:
<https://eclass.duth.gr/modules/document/file.php/OPE02129/%CE%9C%CE%AC%CE%B8%CE%B7%CE%BC%CE%B1%205.pdf>
- 84) Εμμανουηλίδου Μαρία (2008) Επίδραση της γιββερελλίνης GA3 και της συνθετικής κυτοκινίνης CPPU στα χαρακτηριστικά της σταφύλης και στα επίπεδα ενδογενούς κυτοκινίνης της ποικιλίας της αμπέλου 'ΕΛΛΑΣ'. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:
<http://ikee.lib.auth.gr/record/113210/files/%CE%B5%CE%BC%CE%BC%CE%B1%CE%BD%CE%BF%CF%85%CE%B7%CE%BB%CE%B9%CE%B4%CE%BF%CF%85.pdf>
- 85) Θανόπουλος Χαράλαμπος (2008) Τεχνικές Βιολογικής Καλλιέργειας Πολυετών Λαχανικών 3. Φράουλα Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα
http://www.bioma.gr/images/docs/kalliergitikes_texnikes/biologiki_kalliergeia_fraoulas.pdf
- 86) Θεοχάρης Μενέλαος (2015) Φυσικοί και Περιβαλλοντικοί Κίνδυνοι Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:
<http://eclass.teiep.gr/modules/document/file.php/TEXG117/%CE%94%CE%B9%CE%B4%CE%B1%CE%BA%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C%20%CF%85%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CF%8C/%CE%95%CE%BD%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%203%20%CE%A0%CE%B1%CE%B3%CE%B5%CF%84%CF%8C%CF%82.pdf>
- 87) Ιωάννης Ξυνιάς, Ιωάννης Τοκατλίδης (2014) Σποροπαραγωγή Θεωρία και ασκήσεις Εκδόσεις Έμβρυο
- 88) Κανάκης Ανδρέας Γ. (2004) Καλλιέργεια λαχανικών στο θερμοκήπιο. Τόμος 2^{ος} Αθήνα, Σταμούλη Α.Ε.
- 89) Κοτζαμπάσης Κυριάκος (n.d.) Δομή και Λειτουργία Φυτικών Οργανισμών Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα:
https://opencourses.uoc.gr/courses/pluginfile.php/15945/mod_resource/content/1/%CE%95%CE%BD%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%205.pdf
- 90) Mhplant (2014) The occurrence and prevention of strawberry plant growth

regulator phytotoxicity Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα <http://plantchemical.com/the-occurrence-and-prevention-of-strawberry-plant-growth-regulator-phytotoxicity/>

- 91) Μιλτιάδης Βασιλακάκης (2015) Παραγωγικότητα οπωροφόρων δένδρων Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <http://blog.farmacon.gr/katigories/tehniki-arthrografia/kalliergitikes-praktikes/item/503-paragogikotita-oporoforon-dendron>

Παράρτημα

Το GHS προκειμένου να τακτοποιήσει τις δηλώσεις κινδύνου έχει σχεδιάσει ένα μοναδικό κώδικα που περιλαμβάνει τόσο νούμερα(3 νούμερα) όσο και γράμματα (ένα γράμμα) ως εξής:

1. το γράμμα H (για την “δήλωση κινδύνου”)
2. το νούμερο που υποδηλώνει τον κίνδυνο ως:
 - “2” για φυσικούς κινδύνους
 - “3” για κινδύνους υγείας
 - “4” για περιβαλλοντικούς κινδύνους
3. δύο αριθμοί που αντιστοιχούν στη διαδοχική αρίθμηση των κινδύνων που απορρέουν από τις εγγενείς ιδιότητες της ουσίας ή του μείγματος, όπως εκρηκτικές ιδιότητες (κωδικοί από 200 έως 210), εύφλεκτο (κωδικοί από 220 έως 230) κ.λπ. (Sigma-Aldrich, n.d.)