

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (ΑΤΕΙ)
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ
ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

ΦΩΤΟΜΟΡΦΟΓΕΝΕΤΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ
ΤΩΝ ΑΜΥΝΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΦΥΤΩΝ ΓΕΡΑΝΙΟΥ
(*Pelargonium x hortorum*) ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΜΙΚΡΗΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ
ΕΚΘΕΣΗ ΣΤΗΝ ΥΠΕΡΙΩΔΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ (UV-C).



Πτυχιακή εργασία
της σπουδάστριας **Μπαλή Ιωάννας**

ΚΑΛΑΜΑΤΑ, 2014

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (ΑΤΕΙ)
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ
ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

ΦΩΤΟΜΟΡΦΟΓΕΝΕΤΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ
ΤΩΝ ΑΜΥΝΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΦΥΤΩΝ ΓΕΡΑΝΙΟΥ
(*Pelargonium x hortorum*) ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΜΙΚΡΗΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ
ΕΚΘΕΣΗ ΣΤΗΝ ΥΠΕΡΙΩΔΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ (UV-C).

Πτυχιακή εργασία
της σπουδάστριας **Μπαλή Ιωάννας**

Εισηγητής – Επιβλέπων καθηγητής
Δρ. Δάρρας Αναστάσιος

ΚΑΛΑΜΑΤΑ, 2014

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΓΕΡΑΝΙ (<i>Pelargonium x hortorum</i>).....	7
1.1. Βοτανική ταξινόμηση	7
1.2. Καλλιέργεια	8
1.2.1. Συνθήκες περιβάλλοντος	9
1.2.2. Σημαντικότεροι εχθροί και ασθένειες.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΤΕΦΡΑ ΣΗΨΗ (<i>Botrytis cinerea</i>)	15
2.1. Μορφολογία – Ταξινόμηση	15
2.2. Κύκλος της ασθένειας	16
2.3. Προσβολή	17
2.4. Αμυντικοί μηχανισμοί του ξενιστή	18
2.4.1. Παθητικοί μηχανισμοί	19
2.4.2. Ενεργητικοί μηχανισμοί.....	19
2.5. Περιβαλλοντικοί παράγοντες.....	20
2.5.1. Θερμοκρασία.....	20
2.5.2. Υγρασία	20
2.6. Αντιμετώπιση.....	21
2.6.1. Χημική αντιμετώπιση	21
2.6.2. Βιολογική αντιμετώπιση	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΝΘΙΣΗ (ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΦΩΤΟΜΟΡΦΟΓΕΝΕΣΗΣ)	23
3.1. Το φαινόμενο της φωτομορφογένεσης.....	23
3.2. Φωτοδέκτες – χρωμοπρωτεΐνες.....	23
3.3. Φαινοτυπικές εκφράσεις – αντιδράσεις.....	25

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΥΠΕΡΙΩΔΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ (UV-C).....	27
4.1. Φύση υπεριώδους ακτινοβολίας.....	27
4.2. Χρήσεις.....	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο - ΓΕΝΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	29
5.1. Φυτικό υλικό.....	29
5.2. Υποστρώματα ανάπτυξης.....	29
5.3. Εφαρμογή UV-C.....	29
5.4. Λοιπές περιποιήσεις και μεταχειρίσεις.....	30
5.5. Μετρήσεις.....	31
5.6. Πειραματικός σχεδιασμός.....	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΕΦΑΡΜΟΓΗ 0-10 kJ/m ² UV-C ΣΕ ΦΥΤΑ ΓΕΡΑΝΙΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΝΘΙΣΗ (ΦΩΤΟΜΟΡΦΟΓΕΝΕΣΗ).....	33
6.1. Περίληψη.....	33
6.2. Σκοπός πειράματος.....	33
6.3 Υλικά και μέθοδος.....	34
6.4. Αποτελέσματα – Συζήτηση.....	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ^ο - ΠΟΛΛΑΠΛΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 1 kJ/m ² UV-C ΣΕ ΦΥΤΑ ΓΕΡΑΝΙΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΝΘΙΣΗ (ΦΩΤΟΜΟΡΦΟΓΕΝΕΣΗ).....	56
7.1. Περίληψη.....	56
7.2. Σκοπός πειράματος.....	56
7.3 Υλικά και μέθοδος.....	57
7.4. Αποτελέσματα – Συζήτηση.....	57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ^ο - ΕΠΙΔΡΑΣΗ 1 kJ/m ² UV-C ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ ΑΜΥΝΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΣΕ ΦΥΤΑ ΓΕΡΑΝΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΗΣ ΤΕΦΡΑΣ ΣΗΨΗΣ (<i>Botrytis cinerea</i>).....	68
8.1. Περίληψη.....	68
8.2. Σκοπός πειράματος.....	68
8.3 Υλικά και μέθοδος.....	69
8.4. Αποτελέσματα – Συζήτηση.....	70
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	73

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ77

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η φύση των φυτών τα ορίζει να βρίσκονται καθηλωμένα σε μία θέση, εκτεθειμένα σε περιβαλλοντολογικούς παράγοντες και να έχουν ως μόνη άμυνα τον ίδιο τον οργανισμό τους. Έτσι, αναπτύσσουν μηχανισμούς άμυνας σε εχθρούς αλλά και σε στρεσογόνες συνθήκες. Μια από αυτές είναι και η ακτινοβολία UV-C που εξετάζεται στη παρούσα εργασία. Φυτά γεράνια (*Pelargonium x hortorum*) των ποικιλιών Victor και Glacis ακτινοβολούνται με διαφορετικές ποσότητες ακτινοβολίας και καταγράφονται οι μεταβολές στην ανάπτυξη και άνθισή τους, σε σχέση με μη ακτινοβολημένα φυτά. Χρησιμοποιούνται μικρές δόσεις ακτινοβολίας, μία φορά την εβδομάδα, αυτές των 0,5, 1, 2,5, 5 και 10 kJ/m² και διαφορετικές συχνότητες με 1 kJ/m² στο επόμενο πείραμα, κάθε 2 εβδομάδες, μια εβδομάδα, 2 φορές την εβδομάδα και 3 φορές την εβδομάδα. Έτσι λαμβάνονται αποτελέσματα και για την καλύτερη δόση ακτινοβολίας και για την καλύτερη συχνότητα. Τα θετικά αυτά αποτελέσματα είναι ότι δημιουργείται ένα φυτό πιο συμπαγές και εύρωστο, με πολλές ταξιανθίες που ανθίζουν γρηγορότερα από μη ακτινοβολημένα φυτά, ειδικά στις μεταχειρίσεις των 1 και 2,5 kJ/m² μία ή τρεις φορές την εβδομάδα. Επιπλέον, φυτά που ακτινοβολούνται με 1 kJ/m² μία φορά συνολικά, προσβάλλονται τεχνητά με το μύκητα *Botrytis cinerea* σε διαφορετικές περιόδους μετά την ακτινοβολήση, δηλαδή 0, 12, 24, 48 ώρες και 1 εβδομάδα και μετά λαμβάνονται στοιχεία που αφορούν την άμυνα του φυτού με βάση τη διάμετρο νεκρωτικής κηλίδας που έχει δημιουργηθεί στα φύλλα των φυτών αυτών και συγκρίνονται με μη ακτινοβολημένα φυτά αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι φυτά που ακτινοβολήθηκαν 24 ώρες πριν την επικείμενη προσβολή έχουν αναπτύξει μηχανισμό άμυνας που μειώνει δραστικά τη προσβολή του μύκητα. Έτσι, τα ακτινοβολημένα φυτά συνολικά φαίνεται να είναι πολύ εύρωστα, εμπορικά και ανθεκτικά και δίνουν τη παρότρυνση για χρήση της UV-C ακτινοβολίας σε παραγωγικό επίπεδο για φυτά εμπορικότερα με τρόπο πιο οικονομικό και φιλικό στο περιβάλλον.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το γεράνι (*Pelargonium x hortorum*) είναι ένα πολύ διαδεδομένο φυτό τόσο στην Ελλάδα όσο και στις χώρες του εξωτερικού. Αυτό συμβαίνει διότι πέραν της εμφάνισής του, που είναι ένα όμορφο φυτό, και της μεγάλης ποικιλίας στα χρώματα των ανθέων του, είναι πολύ ανθεκτικό. Είναι μια πολυετής πόα που χρησιμοποιείται ιδιαίτερα στη Μεσογειακή αρχιτεκτονική τοπίου, αν και η προέλευσή του φαίνεται να είναι από τη Ν. Αφρική. Λόγω αυτής της εμπορικότητάς του αλλά και της ανθεκτικότητας που φαίνεται να έχει επιλέχτηκε για να δοκιμαστεί σε ακτινοβολία UV-C αλλά και προσβολή από μυκητολογική ασθένεια, τη τεφρά σήψη (*Botrytis cinerea*).

Η τεφρά σήψη είναι και αυτή μια πολύ συχνή μυκητολογική ασθένεια. Προσβάλλει όλα τα υπέργεια όργανα του φυτού όσο αυτό είναι εν ζωή αλλά και μετασυλλεκτικά. Στο γεράνι είναι μια συχνή προσβολή, κι αν είναι ανθεκτικό φυτό. Χαρακτηριστικό του γνώριμα είναι η γκρι εξάνθηση αλλά και οι υδαρείς νεκρωτικές κηλίδες στα φύλλα. Υπάρχουν πολλοί τρόποι πρόληψης και αντιμετώπισής του, χημικοί, βιολογικοί, πρακτικές τεχνικές και στην παρούσα εργασία (όπως και σε άλλες πειραματικές έως τώρα) θα χρησιμοποιηθεί η ακτινοβολία UV-C ως προληπτικό μέτρο.

Η ακτινοβολία UV-C χρησιμοποιείται στην πράξη για την απολυμαντική της ιδιότητα, περισσότερο σε χώρους όπως νοσοκομεία, εργαστήρια και βιομηχανίες τροφίμων, που η ολοκληρωμένη αποστείρωση με ασφαλή τρόπο είναι απαραίτητη. Ξεκίνησε όμως και πριν χρόνια πειραματικά η χρήση της στη μετασυλλεκτική μεταχείριση φρούτων και λαχανικών και στις μέρες μας εφαρμόζεται σε μικρή κλίμακα και στην πράξη. Φάνηκε λοιπόν ότι μπορεί να απολυμάνει, αλλά και οι διάφοροι καρποί να κρατήσουν την απολυμαντική αυτή ιδιότητα, για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από άλλες μεθόδους που χρησιμοποιούνταν.

Έως τώρα, έχουν γίνει μελέτες μετασυλλεκτικά σε διάφορα φρούτα και λαχανικά για την απολυμαντική δράση της ακτινοβολίας UV-C είτε για την αντιμετώπιση παθογόνων είτε προληπτικά πριν τη μόλυνσή τους. Τα πειράματα έχουν δώσει θετικά αποτελέσματα τόσο για την απολυμαντική δράση της UV-C που ήταν αναμενόμενη, αλλά και ότι οι καρποί που έχουν ακτινοβληθεί κρατούν την απολυμαντική αυτή δράση και για επερχόμενες μυκητολογικές προσβολές. Όλα αυτά, έχουν γίνει σε διάφορους καρπούς, όπως φράουλα, ροδάκινα, γλυκοπατάτα, σταφύλια, κλπ, αλλά όχι σε ανθοκομικά είδη σε γλάστρα, δηλαδή όσο το φυτό ολόκληρο είναι στη ζωή. Αυτή η δοκιμή γίνεται για πρώτη φορά στα πειράματα που εκτελούνται στο Εργαστήριο Ανθοκομίας του ΑΤΕΙ

Πελοποννήσου – Καλαμάτας, υπό την επίβλεψη του καθηγητή Δρ. Αναστάσιου Δάρρα και η παρούσα εργασία είναι μέρος αυτών.

Τα πειράματα που περιλαμβάνονται στη παρούσα εργασία έγιναν την άνοιξη – καλοκαίρι του 2011 και περιλαμβάνουν μια σειρά από δοκιμές της UV-C ακτινοβολίας στα γεράνια (ποικιλίες Victor και Glacis), τόσο για την αντίδρασή τους ως προς την ανάπτυξη, αλλά και για την πιθανή άμυνά τους προς τη τεφρά σήψη. Διενεργώντας πειράματα στα γεράνια με ακτινοβολία UV-C προληπτικά, για την πιθανή ανθεκτικότητα του είδους σε μυκητολογική προσβολή, παρατηρήθηκε ότι τα ακτινοβολημένα φυτά είχαν διαφορετική εμφάνιση από τα μη ακτινοβολημένα. Αυτό έδωσε το έναυσμα να γίνουν τα πειράματα της εργασίας αυτής, όπου ακτινοβολούνται φυτά με διάφορες μεταχειρίσεις, είτε ως προς την ποσότητα της ακτινοβολίας που χρησιμοποιείται είτε ως προς τη συχνότητα, και καταγράφεται η μορφολογία τους με μέτρο, το ύψος, τον αριθμό των φύλλων, τον αριθμό ταξιανθιών αλλά και ανθισμένων ταξιανθιών, όπως και τις μέρες έως την άνθιση, αλλά και το βάρος τους, νωπό και ξηρό και τέλος ο αριθμός των βλαστών κάθε φυτού όταν πλέον είναι σε εμπορικό επίπεδο. Όλα τα παραπάνω δεδομένα έχουν συλλεχτεί και παρουσιάζονται στη παρούσα εργασία (κεφάλαια 6 και 7).

Επίσης, γίνεται μελέτη ως προς την ανάπτυξη αμυντικών μηχανισμών των φυτών αυτών με τη χρήση της UV-C ακτινοβολίας σε επικείμενη προσβολή με το μύκητα *B. cinerea*. Τα αποτελέσματα έχουν καταγραφεί και παρουσιάζονται και αυτά στη παρούσα εργασία (κεφάλαιο 8).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΓΕΡΑΝΙ (*Pelargonium x hortorum*)

Το γεράνι (*Pelargonium x hortorum*) είναι μια πολυετής πόα και ένα από τα πιο κοινά ανθοκομικά είδη που απαντώνται στην Ελλάδα. Ειδικά στη χώρα μας είναι πολύ διαδεδομένο λόγω της συνεχής άνθισής του, από τις αρχές της Άνοιξης έως τις αρχές του Χειμώνα (Δάρρας, 2010). Ανήκει στην οικογένεια Geraniaceae και η ποικιλία αυτή προκλήθηκε από διασταύρωση των ειδών *P. zonale*, *P. inquinans*, *P. scandens* και *P. frutetorum* (Δάρρας, 2008).

Σύμφωνα με τον Taylor (1994), το πρώτο *Pelargonium* που λέγεται ότι εμφανίστηκε στην Ολλανδία ήταν τον 17ο αιώνα, και πιθανώς ένα *Pelargonium zonale*. Ένα από τα πρώτα γεράνια που βρέθηκε στην Βρετανία ήταν από το Ακρωτήριο Καλής Ελπίδας μέσω της Ευρώπης το 1631. Έχει κυρίως προέλευση τη Ν. Αφρική (Δάρρας, 2008; Taylor, 1994) αλλά μικρότερες ομάδες βρίσκονται αυτοφυείς και στη Μαδαγασκάρη, την Ανατολική Αφρική, και από την Αραβία, τη Συρία έως τη Δυτική Ινδία (Taylor, 1994).

1.1. Βοτανική ταξινόμηση

Το γεράνι ανήκει στην οικογένεια Geraniaceae και πιο συγκεκριμένα,

Άθροισμα Magnoliophyta

Κλάση Magnoliopsida

Κλάση Geraniales

Οικογένεια Geraniaceae

Γένος *Pelargonium*

Είδος *Pelargonium x hortorum*, L.H. Bailey

Πρόκειται για φυτό ποώδες, με σαρκώδεις βλαστούς, φύλλα νεφροειδή, κατ' εναλλαγή, με παράφυλλα και με τριχίδια στην άνω και κάτω επιφάνεια τους (Δάρρας, 2008, Σαρλής, 1999) (εικόνα 1.1). Έχει ωοθήκη με 5 μακριά καρπόφυλλα που καταλήγουν σε ισχυρό ράμφος και καρπό μεριστόκαρπο, από 5 μονόσπερμα καρδιοειδή καρπίδια, που αποχωρίζονται, μετά την ωρίμανση του καρπού, από την κορυφή του παραμένοντα μεσαίου στύλου. Τα σπέρματα δεν έχουν ενδοσπέρμιο και το έμβρυο είναι κυρτό (Σαρλής, 1999). Για το μέγεθος του φυτού, τα ριζικά τριχίδια είναι μικρά και σπάνε εύκολα, ειδικά

όταν είναι νεαρά ενώ η κεντρική ρίζα, που συνήθως είναι μια, είναι πιο ισχυρή και μπορεί να φτάσει σε μεγάλο βάθος για να βρει θρεπτικά στοιχεία, ακόμα και σε βραχώδη εδάφη (Taylor, 1994).



Εικόνα 1.1: Γεράνια *Pelargonium x hortorum* 'Vogue Pure White'

(Πηγή: Plant database of Landscape Horticulture at Auburn University

http://www.ag.auburn.edu/hort/landscape/BEDDING_pelargonium_'Vogue_Pure_White'.html)

1.2. Καλλιέργεια

Το γεράνι είναι φυτό που το ευνοεί το θερμό κλίμα και η ηλιακή ακτινοβολία, ενώ είναι ουδέτερο φωτοπεριόδου (Δάρρας, 2008). Πολλαπλασιάζεται με σπόρο και με μοσχεύματα, αν και συνηθίζεται η δεύτερη μέθοδος, μιας και πολλαπλασιάζεται εύκολα με φυλλοφόρα μοσχεύματα 10-15 εκ. κατά την περίοδο της άνοιξης (Δάρρας, 2010). Καλλιεργείται περισσότερο σε γλάστρες, αλλά μπορεί να μεταφυτευτεί στο έδαφος αργά την άνοιξη (Taylor, 1994). Η χορήγηση λιπάσματος ενδείκνυται σε όλη τη περίοδο της ανθοφορίας (Δάρρας, 2010). Υπάρχουν πολλές ασθένειες και έντομα που μπορούν να προσβάλλουν το γεράνι, αλλά τα περισσότερα εμφανίζονται σποραδικά ή και καθόλου, κυρίως λόγω του ανθοκομικού και φυτοπαθολογικού ελέγχου που ενεργείται από τους μεγάλους εμπορικούς οίκους (Παναγόπουλος, 2003).

1.2.1. Συνθήκες περιβάλλοντος

Χαρακτηριστικό του γερανιού είναι η μεγάλη προσαρμοστικότητά του στις συνθήκες περιβάλλοντος. Αντέχει σε ζέστη και κρύο, στον ήλιο και στη σκιά και ακόμα και οι εδαφικές του ανοχές είναι μεγάλες, όπως έχει φανεί στην πράξη στο ελληνικό τοπίο.

1.2.1.1. Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία στο γεράνι διαφέρει την περίοδο της ανάπτυξης με τη περίοδο της ανθοφορίας, όπως στα περισσότερα φυτά.

Κατά την ανάπτυξη η θερμοκρασία του περιβάλλοντος έχει μεγάλες επιπτώσεις στο φυτό. Οι ιδανικές θερμοκρασίες είναι 10-29 °C στην επιχειρηματική ανθοκομία (Δάρρας, 2008). Σε καμία περίπτωση δε πρέπει η θερμοκρασία να κατεβαίνει τους 10 °C (Kazcperski *et al.* 1996, Taylor 1994). Αλλά και θερμοκρασίες άνω των 30 °C για παρατεταμένη διάρκεια έχει αρνητικές επιπτώσεις στο φυτό, όπως κιτρίνισμα των νεότερων φύλλων. Σε μη ιδανικές θερμοκρασίες τα φυτά δεν αναπτύσσονται κανονικά και εμφανίζουν καχεξία. Στις χώρες της Ευρώπης, οι θερμοκρασίες που χρησιμοποιούν στην παραγωγή των γερανιών είναι 18 °C και ειδικότερα, οι ιδανικές θερμοκρασίες είναι 18 - 20 °C τη μέρα και 14 - 16 °C τη νύχτα (Δάρρας, 2008).

Κατά την περίοδο της ανθοφορίας οι ιδανικές θερμοκρασίες είναι διαφορετικές από την περίοδο ανάπτυξης. Συγκεκριμένα όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία τόσο γρηγορότερη είναι η άνθιση. Οι ιδανικές συνθήκες για να παραχθούν υψηλής ποιότητας γεράνια είναι 15 – 17 °C τη νύχτα και 21 °C την ημέρα (Δάρρας, 2008; Gagnon & Dansereau, 1992).

1.2.1.2. Φωτισμός

Τα γεράνια είναι ουδέτερα της φωτοπεριόδου, δηλαδή ανθίζουν ανεξαρτήτως φωτισμού. Ωστόσο, για να περάσουν τα φυτά από το στάδιο της ανωριμότητας στην ωριμότητα και το αναπαραγωγικό στάδιο ο φωτισμός παίζει σπουδαίο ρόλο. Όσο υψηλότερη είναι η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας τόσο γρηγορότερα το φυτό φτάνει στην άνθιση (Δάρρας, 2008).

Όσον αφορά τον τεχνητό φωτισμό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί 18 ώρες την μέρα μετά την εμφάνιση των πρώτων φύλλων για τις πρώτες 6 εβδομάδες, αλλά μετά το πέρας αυτών δεν ενδείκνυται, περισσότερο για λόγους οικονομίας (Δάρρας, 2008).

1.2.1.3. Υποστρώματα ανάπτυξης

Το ιδανικό υπόστρωμα ανάπτυξης για το γεράνι είναι οποιοδήποτε μείγμα που προϋποθέτει καλό αερισμό των ριζών. Η επιλογή γίνεται συνήθως αναλόγως των διαθέσιμων πόρων και των οικονομικών παραγόντων. Γενικότερα, η χρήση τύρφης, κομπόστ, άμμου, περλίτη και βερμικουλίτη που βελτιώνουν το εδαφικό πορώδες ενδείκνυται για την επιχειρηματική καλλιέργεια, μιας και το πορώδες πρέπει να καλύπτει το 70-80% του μείγματος. Επίσης, το pH που προτιμούν τα γεράνια είναι ελαφρώς όξινο, μεταξύ 5,5-6,5 (Δάρρας, 2008; Taylor, 1994).

1.2.1.4. Λίπανση

Εφόσον έχουν ριζοβολήσει τα μοσχεύματα ή έχουν αναπτυχθεί επαρκώς τα νεαρά φυτάρια από σπόρο, μπορεί να ξεκινήσει η λίπανση. Γενικότερα, τα γεράνια ευνοούνται από την αυξημένη χορήγηση θρεπτικών στοιχείων. Για την λίπανση των γερανιών συνίσταται η χορήγηση σύνθετου λιπάσματος τύπου 15-15-15 ή 300 ppm από κάθε βασικό στοιχείο (άζωτο – φώσφορο – νάτριο) σε υπόστρωμα χωρίς έδαφος σε κάθε πότισμα. Επιπρόσθετη εβδομαδιαία λίπανση αζώτου και καλίου στα 500 ppm μπορεί να χορηγηθεί με τη χρήση σύνθετου, αργής αποδέσμευσης, λιπάσματος. Όσον αφορά την αζωτούχο λίπανση, προτιμάται το νιτρικό από το αμμωνιακό άζωτο. Μπορούν επίσης να εμφανιστούν τροφοπενίες μαγνησίου με τη μορφή μεταμεσονεύριων χλωρώσεων και περιφερειακών ξηράνσεων στα φύλλα. Αυτές διορθώνονται με τη χορήγηση θεικού μαγνησίου στο υπόστρωμα (Δάρρας, 2008; Σάββας, 2003).

1.2.2. Σημαντικότεροι εχθροί και ασθένειες

Τα γεράνια είναι ανθεκτικά φυτά, αν και είναι αρκετοί οι εχθροί και οι ασθένειες που μπορούν να το προσβάλλουν.

1.2.2.1. Εχθροί

Οι εντομολογικοί εχθροί δεν αποτελούν ιδιαίτερο πρόβλημα στο γεράνι στην παραγωγική ανθοκομία (Δάρρας, 2008) αν και ποικίλουν. Το γεράνι μπορεί να προσβληθεί από αφίδες, αλευρώδεις, θρίπες, προνύμφες - κάμπιες φυλλώματος, προνύμφες – κάμπιες μπουμπουκιών και ψευδόκοκκους.

Η πράσινη αφίδα της ροδακινιάς (*Myzus persicae*) μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στην ανάπτυξη του φυτού, μέσω της απομύζησης των χυμών των κυττάρων

που προκαλούν τα ακμαία έντομα (Δάρρας, 2008; Taylor, 1994). Πέραν αυτού, στις μελιτώδεις εκκρίσεις που αφήνουν στα φύλλα μπορεί να σχηματιστεί καπνιά με την παρουσία και την επιμόλυνση μυκήτων. Αντιμετωπίζονται βιολογικά με τη χρήση είτε οργανοφωσφορικών είτε καρβαδιμικών εντομοκτόνων (Δάρρας, 2008; Δημόπουλος, 2010).

Τα γεράνια μπορούν να προσβληθούν από δύο είδη αλευρώδη., τον αλευρώδη του θερμοκηπίου και τον αλευρώδη της πατάτας (Δάρρας, 2008). Τα έντομα αυτά βρίσκονται στην κάτω επιφάνεια των φύλλων, όπου και σιτίζονται τρυπώντας και απομυζώντας τους φυτικούς χυμούς. Τα συμπτώματα της προσβολής είναι εμφανή λόγω της ελαφριάς κίτρινης όψης που δίνουν στα φύλλα ανά κουκίδες στην πάνω επιφάνεια του φύλλου. Επίσης στην κάτω επιφάνεια υπάρχουν οβάλ νύμφες ανά αποικίες (Thomas, 2012). Με παγίδες μπορεί να γίνει επίσης εκτίμηση του πληθυσμού (Δάρρας, 2008). Αντιμετωπίζονται είτε βιολογικά είτε χημικά με εντομοκτόνα επαφής (Thomas, 2012) με τη χρήση οργανοφωσφορικών ή καρβαμιδικών εντομοκτόνων (Δημόπουλος, 2010).

Οι θρίπες προσβάλουν τα φυτά αυτά επίσης, δημιουργώντας ασημόχρωμες γραμμές, παραμόρφωση ή κίτρινες κηλίδες στα φυτικά όργανα. Η προσβολή γίνεται με τα ξεο-μυζητικού στοματικά μόρια που φέρουν, αν και το σημαντικότερο πρόβλημα είναι η επιμόλυνση του φυτού από διάφορους ιούς (Δάρρας, 2010).

Όπως στα περισσότερα ποώδη φυτά που αποτελούνται από σαρκώδεις βλαστούς και τρυφερά φύλλα, έτσι και το γεράνι προσβάλλεται από προνύμφες. Υπάρχουν αυτές που προκαλούν περισσότερο ζημιές στα φύλλα, κατατρώγοντας τις φυτικές επιφάνειες (Δάρρας, 2010) και αυτές που προσβάλλουν τα μπουμπούκια των ταξιανθιών (Cranshaw, 2013). Οι πρώτες είναι εύκολα ελεγχόμενες και καταπολεμούνται είτε χημικά είτε βιολογικά (Δάρρας, 2008). Αντίθετα, οι προνύμφες που προσβάλλουν τα μπουμπούκια καταπολεμούνται δυσκολότερα μιας και η προσβολή δεν είναι εμφανής μέχρι να ανοίξει το άνθος και να είναι κατεστραμμένο, με λευκές κηλίδες, διότι η προσβολή γίνεται όταν είναι ακόμα κλειστό από μία μικρή τρύπα. Η καταπολέμηση αυτών των προνυμφών γίνεται είτε με συνθετικές πυρεθρίνες είτε βιολογικά με εντομοκτόνα που περιέχουν *Bacillus thuringiensis* (Thuricide, Dipel, κλπ.) (Cranshaw, 2013).

Τέλος, υπάρχει και η προσβολή από ψευδόκοκκους που μπορούν να αποτελέσουν και αυτοί πρόβλημα στα γεράνια. Και αυτός ο εντομολογικός εχθρός απομυζά φυτικούς χυμούς από το φυτό και μπορεί να δημιουργήσει ένα λευκό κηρώδες υπόστρωμα μήκους έως 0,5 εκ, συνήθως ανάμεσα στο βλαστό και το πίσω μέρος των φύλλων. Σε αυτό μπορεί να υπάρξει επιπλέον προσβολή από μύκητες. Η αντιμετώπιση γίνεται σε μεγάλες

καλλιέργειες με εντομοκτόνα (Thomas, 2012).

1.2.2.2. Ασθένειες

Είναι γνωστές πάνω από 45 μεταδοτικές ασθένειες που προσβάλλουν τα γεράνια, αν και πολλές από αυτές εμφανίζονται σποραδικά ή και καθόλου (Παναγόπουλος, 2003). Οι πιο σημαντικές είναι ο Βοτρύτης, η προσβολή λαιμού, ριζών και στελεχών από παθογόνα εδάφους, η σκωρίαση, η αδρομύκωση, οι κηλιδώσεις φύλλων, η βακτηριακή κηλίδωση και μάρανση και οι ιώσεις.

Η πιο διαδεδομένη ασθένεια στη καλλιέργεια του γερανιού είναι ο βοτρύτης ο οποίος οφείλεται στο μύκητα *Botrytis cinerea* (Ζευγαδάκης, 2005). Αποτελεί δύσκολα καταπολεμήσιμη ασθένεια λόγω της μεγάλης ανθεκτικότητας που αναπτύσσει σε συγκεκριμένες δραστικές ουσίες (Δάρρας, 2008). Μπορεί να προσβάλλει οποιοδήποτε υπέργειο τμήμα του φυτού (Douglas, 2003) υποβιβάζοντας την ποιότητα του φυτού (Δάρρας, 2008). Στις προσβαλλόμενες θέσεις εμφανίζονται υδατώδεις, καστανές περιοχές που τελικά νεκρώνονται και πάνω σε αυτές σχηματίζονται τεφροκάστανες εξανθήσεις (Παναγόπουλος, 2003). Η προσβολή είναι συχνότερη σε υγρά και ψυχρά θερμοκήπια (Παναγόπουλος, 2003), λόγω του ότι αναπτύσσεται σε συνθήκες υψηλής υγρασίας (>80%) (Δάρρας, 2008). Για αποφυγή της μόλυνσης, σημαντικός είναι ο έλεγχος της υγρασίας (έως 70%) και για την καταπολέμηση του παθογόνου υπάρχουν αρκετά φυτοφάρμακα, αν και γίνεται και βιολογική καταπολέμηση με τον επίσης μύκητα *Trichoderma harzianum* T-22 (Douglas, 2003).

Τα γεράνια είναι ευαίσθητα σε παθογόνα εδάφους, όπως το πύθιο (*Pythium ultimum*), η ριζοκτόνια (*Rhizoctonia solani*), η φυτόφθορα (*Phytophthora nicotianae*) και η θιελλαβίωσης (*Thielaviopsis basicola*) (Δάρρας, 2008; Παναγόπουλος, 2003; Taylor, 1994). Οι προσβολές αφορούν κυρίως τα νεαρά φυτάρια (τήξεις φυταρίων) αλλά και τα φυτά στο εμπορικό στάδιο και η προσβολή γίνεται στη βάση του φυτού και στις ρίζες και εμφανίζεται με καστανούς μεταχρωματισμούς (Δάρρας, 2008; Παναγόπουλος, 2003). Προληπτικά πρέπει να χρησιμοποιείται απολυμασμένο υπόστρωμα και υγιή φυτά και σε περίπτωση προσβολής μπορούν να χρησιμοποιηθούν εντομοκτόνα είτε μέσω ψεκασμών είτε μέσω της άρδευσης (Παναγόπουλος, 2003).

Η σκωρίαση είναι από τις σοβαρότερες ασθένειες του γερανιού (Παναγόπουλος, 2003; Taylor, 1994) και οφείλεται στον μύκητα *Puccinia pelargonii-zonalis* (Δάρρας, 2008; Παναγόπουλος, 2003; Taylor, 1994). Τα συμπτώματα της ασθένειας είναι

ερυθροκάστανι ουρεδοσπορί που εμφανίζονται κυρίως σε ομάδες που έχουν σχήμα κυκλικό μέχρι ακανόνιστο και συνήθως σχηματίζουν συγκεντρικούς δακτύλιους. Για την πρόληψη της μόλυνσης με το μύκητα αυτό είναι καλό να αποφεύγεται η διαβροχή του υπέργειου τμήματος του φυτού, μιας και η βλάστηση των σπορίων απαιτούν μια τουλάχιστον σταγόνα νερό (Παναγόπουλος, 2003). Για τη θεραπεία της ασθένειας χρησιμοποιούνται χημικά λιπάσματα, όπως επίσης και για την πρόληψη (Δάρρας, 2008).

Η αδρομύκωση εκδηλώνεται συνήθως στα γεράνια με τα συνήθη συμπτώματα ελλείψεως νερού, όπως καχεξία, μαρασμός, χλώρωση, κλπ. Οφείλεται σε δύο είδη *Verticillium*, το *V. dahliae* και το *V. albo-atrum* (Παναγόπουλος, 2003). Τα συμπτώματα της αδρομύκωσης μοιάζουν πολύ με την διασυστηματική μορφή της βακτηριακής μάρανσης που οφείλεται στο παθογόνο *Xanthomonas campestris* pv *pelargonii*, γι' αυτό η ασφαλής διάγνωση της ασθένειας πρέπει να γίνεται με απομόνωση και προσδιορισμό του παθογόνου (Ζευγαδάκης, 2005). Η αδρομύκωση δεν καταπολεμείται, αλλά μπορεί να προληφθεί με τη χρησιμοποίηση υγιούς πολλαπλασιαστικού υλικού και καλές συνθήκες υγιεινής.

Ένας ακόμα μύκητας που προσβάλλει τα γεράνια είναι η *Alternaria alternata* και προκαλεί κηλιδώσεις στα φύλλα (Ζευγαδάκης, 2005; Παναγόπουλος, 2003). Τα συμπτώματα στην αρχή είναι εμφανή στα κατώτερα φύλλα που παρουσιάζουν μικρές περιοχές υδατώδεις οι οποίες γρήγορα εξελίσσονται σε μεγαλύτερα καφέ σημάδια τα οποία συχνά συγχέονται με τη βακτηριακή κηλίδωση, αλλά στη περίπτωση της αλτερνάρια, οι κηλίδες είναι μεγαλύτερες και σε συνθήκες υψηλής υγρασίας δημιουργείται και μυκήλιο με σπόρια (Douglas, 2003).

Η βακτηριακή κηλίδωση και μάρανση αποτελεί μια από τις σημαντικότερες και πιο καταστροφικές ασθένειες για το γεράνι (Δάρρας, 2008) και προκαλείται από το βακτήριο *Xanthomonas campestris* pv. *pelargonii* (Douglas, 2003). Προσβάλλει τα φύλλα, τους βλαστούς και τα άνθη προκαλώντας νεκρωτικές κηλίδες και έλκη (Δάρρας, 2008; Παναγόπουλος, 2003) και δρα συχνά διασυστηματικά χωρίς να είναι εμφανής η μόλυνση σε όλα τα όργανα με αποτέλεσμα να συγχέεται με προσβολή από εντομολογικούς εχθρούς (Douglas, 2003). Συνήθως εμφανίζονται κηλίδες στα φύλλα οι οποίες με την πάροδο του χρόνου μεγαλώνουν και γίνονται νεκρωτικές. Η καταπολέμηση γίνεται με τη χρήση υγιούς πολλαπλασιαστικού υλικού και ψεκασμούς με χαλκούχα (Δάρρας, 2008).

Λόγω του αγενή πολλαπλασιασμού των γερανιών, οι ιώσεις είναι ένας σημαντικός εχθρός των φυτών αυτών. Τα συμπτώματα που προκαλούνται ποικίλουν αλλά τα βασικότερα είναι η ποικιλόχρωση, το μωσαϊκό, κιτρίνισμα των νεύρων, παραμόρφωση,

κυπελλοειδές φύλλο, κλπ. Οι συνηθέστεροι ιοί που προσβάλουν τα γεράνια είναι: το καρούλιασμα των φύλλων που οφείλεται στον ιό *Pelargonium leaf curl tombusvirus* (PLCV), ο ιός *Pelargonium flower break Carmovirus* (PFBV), ο ιός *Pelargonium line pattern Carmovirus* (PLPV) και ο ιός *Cucumber mosaic virus* (CMV) (Παναγόπουλος, 2003; Douglas, 2003). Για την καταπολέμηση των ιώσεων είναι απαραίτητο το πολλαπλασιαστικό υλικό να λαμβάνεται από υγιείς μητρικές ποικιλίες και τα μολυσμένα ή ύποπτα φυτά να καταστρέφονται (Παναγόπουλος, 2003).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΤΕΦΡΑ ΣΗΨΗ (*Botrytis cinerea*)

Η τεφρά σήψη προκαλείται από το μύκητα *Botrytis cinerea*, ένα παμφάγο φυτοπαθογόνο, που προσβάλλει όλα τα κηπευτικά και καλλωπιστικά που καλλιεργούνται σε θερμοκήπιο, αλλά και ταξιανθίες και καρπούς καρποφόρων δέντρων και αμπέλου (Τζάμος, 2007).

Ο μύκητας αυτός προσβάλλει τη βάση, τα στελέχη των φυτών, τα άνθη, τους καρπούς αλλά και τα φύλλα (Τζάμος, 2007). Δηλαδή όλα τα υπέργεια τμήματα του φυτού, σε όλα τα στάδια της ανάπτυξής του (Ηλιόπουλος, 2004). Το κύριο σύμπτωμα του μύκητα είναι η σήψη των οργάνων και ιστών που προσβάλλονται με χαρακτηριστική ανάπτυξη γκριζας εξάνθησης (Τζάμος, 2007) κάτω από κατάλληλες συνθήκες υγρασίας (Αγrios, 2005).

2.1. Μορφολογία – Ταξινόμηση

Το παθογόνο αίτιο της τεφράς σήψης είναι ο μύκητας *Botrytis cinerea*, ο οποίος ανήκει στην οικογένεια Moniliaceae, της τάξης Hyphomycetales (Moniliales), της κλάσης Hyphomycetes των Δευτερομυκήτων (Ηλιόπουλος, 2004). Η τέλεια μορφή του μύκητα είναι ο Ασκομύκητας *Botryotinia fuckeliana* της τάξης Leotiales, της οικογένειας Sclerotiniaceae (Darras 2003, Παναγόπουλος 2003).



Εικόνα 2.1: Διακλαδιζόμενος κονιδιοφόρος με κονίδια του μύκητα *Botrytis cinerea* απομονωμένος από φυτό τομάτας.

(Πηγή: Forestry Images, U.S. Forest Service (USDA))

<http://www.forestryimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5405264>)

Ο μύκητας σχηματίζει μικρά υαλώδη ωοειδή κονίδια διαστάσεων 10-15 x 6-10 μm κατά ομάδες πάνω σε διακλαδιζόμενους κονιδιοφόρους που μοιάζουν μικροσκοπικά με τσαμπιά σταφυλιού (Ηλιόπουλος, 2004; Agrios, 2005) (εικόνα 2.1).

Στην ατελή μορφή του, περιστασιακά σχηματίζει και *Botryotinia*, τα οποία όταν βλαστήσουν σχηματίζουν αποθήκια με ασκούς ή απλώς βλαστική υφή (Ηλιόπουλος, 2004; Agrios, 2005).

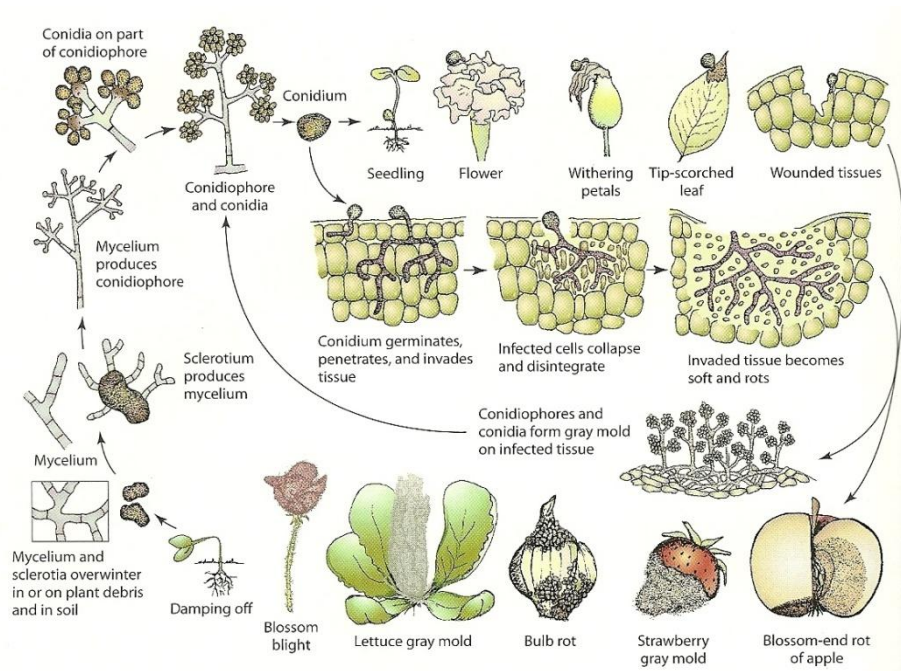
2.2. Κύκλος της ασθένειας

Ο βοτρυτής ανήκει στους Δευτερομύκητες ενώ η τέλεια μορφή του στους Ασκομύκητες. Έτσι ο βιολογικός του κύκλος είναι αυτός των δευτερομυκήτων, εκτός και αν πρόκειται να παράξει σκληρότια για τη διατήρηση του, όπου χρησιμοποιεί τον κύκλο των Ασκομυκήτων (εικόνα 2.2). Οι Ασκομύκητες και οι Δευτερομύκητες είναι δύο είδη μυκήτων οι οποίοι μοιάζουν πολύ ο ένας στον άλλον: και οι δύο παράγουν απλοειδή μυκήλιο το οποίο διαπερνά τα τοιχώματα και παράγουν κονίδια τα οποία προκαλούν όμοιου τύπου ασθένειες στα φυτά (σημεία στα φύλλα, εξανθήσεις, καρκινώματα, στίγματα στους καρπούς, μυκήλια στις ρίζες, ανθρακώσεις, εξανθήσεις στους βλαστούς και μαράνσεις) (Agrios, 2005). Η μόνη διαφορά των Ασκομυκήτων είναι η εγγενής παραγωγή σπορίων, ενώ οι δευτερομύκητες παράγουν σπόρια μόνο μέσω της μείωσης και όχι της μίτωσης (Agrios, 2005).

Στους μύκητες με μυκήλιο ο βιολογικός κύκλος ξεκινάει με τη βλάστηση ενός σπορίου, το οποίο θα βλαστήσει όταν βρεθεί σε κατάλληλο περιβάλλον από άποψη υποστρώματος και περιβαλλοντικών συνθηκών (υγρασία – θερμοκρασία). Από τη βλάστηση του σπορίου σχηματίζεται μια βλαστική υφή η οποία στην άκρη της αναπτύσσεται στη φυτική επιφάνεια *appressorium* που προσκολλάται σταθερά στην επιφάνεια και σχηματίζει διατρητική υφή, με την οποία διατρύπαι την εφυμενίδα ή και το κυτταρικό τοίχωμα (σε ορισμένες περιπτώσεις ο μύκητας μπορεί να εισέλθει και από στομάτια ή ανοιχτές πληγές). Μετά την είσοδο της η διατρητική υφή παίρνει το κανονικό της πάχος και αναπτύσσεται το μυκήλιο του μύκητα (Ηλιόπουλος, 2004) (εικόνα 2.2).

Το ενδοκυττάριο μυκήλιο που έχει δημιουργηθεί, απορροφά θρεπτικά στοιχεία απευθείας από το κυτόπλασμα των κυττάρων του ξενιστή μέσω του κυτταρικού τοιχώματος των υφών του. Το επιφανειακό και το μεσοκυττάριο μυκήλιο εξαπολύουν μυζητήρες εντός των κυττάρων του ξενιστή και μέσω αυτών απορροφούν τα θρεπτικά στοιχεία από το κυτόπλασμα. Αφού το μυκήλιο εποικίσει σημαντικό μέρος του

υποστρώματος σχηματίζει τα αναπαραγωγικά όργανα του μύκητα. Τα αγενή σπόρια σχηματίζονται απευθείας πάνω στις υφές του μυκηλίου σε κονιδιοφόρους σε σχήμα βότρυ. Ο βιολογικός κύκλος με την αγενή αναπαραγωγή πραγματοποιείται πολλές φορές, ενώ η εγγενής αναπαραγωγή για τη δημιουργία σκληρωτίων μία (Ηλιόπουλος, 2004; Agrios, 2005). Τα σκληρώτια, όπως και τα σπόρια, σε κατάλληλες συνθήκες μπορούν να βλαστήσουν εφόσον έχουν επιβιώσει σε δυσμενείς συνθήκες.



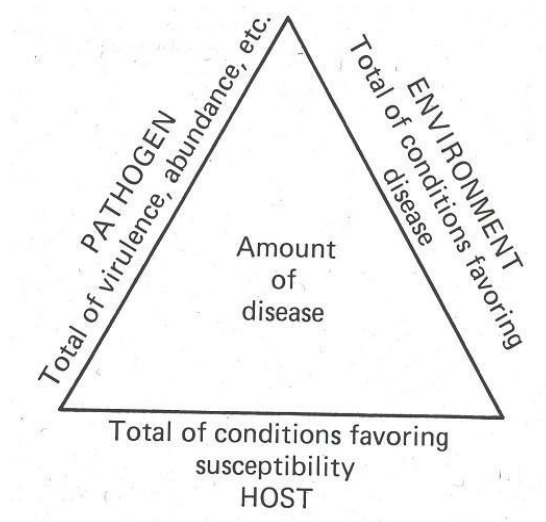
Εικόνα 2.2: Ο κύκλος της ασθένειας του *Botrytis cinerea*. (Πηγή: Agrios, 2005)

2.3. Προσβολή

Ο μύκητας *Botrytis cinerea* διατηρείται στα νεκρά υπολείμματα των φυτών ως σαπροφυτικό μυκήλιο ή ως σκληρώτια στο έδαφος (Ηλιόπουλος, 2004; Τζάμος, 2007). Επίσης, δε φαίνεται να προσβάλλει τους σπόρους των φυτών, αλλά μπορεί να μεταδοθεί με αυτούς, μιας και τα σκληρώτια μοιάζουν με τους σπόρους των φυτών. Τα σπόρια μολύνουν συνήθως από πληγές κλαδέματος και μπορούν ακόμα να προκαλέσουν λανθάνουσες προσβολές προκαλώντας το σύμπτωμα «κηλίδα φάντασμα» (Τζάμος, 2007).

Όμως, για να επιφέρει μόλυνση ο μύκητας στο φυτό πρέπει να αλληλεπιδράσουν φυτό με παθογόνο. Αν όμως τη στιγμή της επαφής αυτών τω δύο και οι συνθήκες δεν είναι κατάλληλες πάλι δε μπορεί να προκληθεί προσβολή. Έτσι καταλήγουμε στη θεωρία του «τριγώνου της ασθένειας», όπου η κάθε πλευρά είναι ένα από τα τρία συστατικά που

χρειάζονται για να προκύψει προσβολή και κατά πόσο θα είναι αυτή εκτενής ή όχι. Τα τρία αυτά στοιχεία είναι το παθογόνο, το περιβάλλον και το φυτό-ξενιστής. Αν αυτά τα τρία μπορούσαν να είναι μετρήσιμα, η περιοχή του τριγώνου θα παρουσίαζε τη ποσότητα της ασθένειας στο φυτό ή σε ένα φυτικό πληθυσμό. Αν ένα από τα παραπάνω στοιχεία μηδενιζόταν, δε θα μπορούσε να προκύψει προσβολή (Agrios, 2005) (εικόνα 2.3).



Εικόνα 2.3: Το τρίγωνο της ασθένειας.

(Πηγή: Landscape and Plant Pathology, Environmental Horticulture, University of California
http://ceventura.ucanr.edu/Environmental_Horticulture/Landscape/Problems/Pathology/)

2.4. Αμυντικοί μηχανισμοί του ξενιστή

Παρατηρώντας τα φυτά στο φυσικό τους περιβάλλον φαίνονται πλήρως εκτεθειμένα σε εξωτερικές απειλές από παθογόνα. Όμως η πραγματικότητα δεν είναι αυτή. Τα φυτά έχουν αναπτύξει ανθεκτικότητα στις επιθέσεις αυτές, αλλά και μηχανισμούς άμυνας προς αυτούς. Πρωτίστως, το αν κάποιο φυτό προσβληθεί από κάποιο παθογόνο αλλά και η ένταση της προσβολής οφείλεται στη γενετική σύσταση τόσο του φυτού, όσο και του παθογόνου και δευτερευόντως από άλλους μορφολογικής και βιοχημικής φύσεως αμυντικούς μηχανισμούς του φυτού (Ηλιόπουλος, 2004).

Τα φυτά έχουν παθητικούς ή προϋπάρχοντες μηχανισμούς αμύνης που περιλαμβάνουν φυσικούς και χημικούς μηχανισμούς, διεγερόμενους ενεργητικούς μηχανισμούς που περιλαμβάνουν ιστολογικούς και βιοχημικούς μηχανισμούς αλλά και αντίδραση υπεραισθησίας, όπως και επαγόμενη και επίκτητη διασυστηματική ανοχή η οποία αναφέρεται στην ανοσοποίηση των φυτών κατά των ασθενειών με διέγερση

λανθανόντων μηχανισμών αντοχής (Τζάμος, 2007).

2.4.1. Παθητικοί μηχανισμοί

Οι παθητικοί μηχανισμοί άμυνας των φυτών χωρίζονται σε φυσικούς παράγοντες και κατασκευές και σε χημικούς. Οι πρώτοι αναφέρονται περισσότερο σε κατασκευές που έχουν τα φυτά, οι οποίοι εμποδίζουν τη προσβολή από παθογόνα και οι δεύτεροι σε χημικές ουσίες που προϋπάρχουν στα φυτά και εμποδίζουν τη προσβολή εξίσου.

Οι κηροί των φύλλων και η εφυμενίδα πρωτίστως, δεν επιτρέπουν στα παθογόνα να διαπεράσουν εύκολα στο εσωτερικό του φυτού. Έπειτα, υπάρχουν τα κυτταρικά τοιχώματα, τα οποία όμως μπορούν να παρακαμφτούν από τα στομάτια, τα οποία με τη σειρά τους «επιλέγουν» αν θα μείνουν ανοιχτά ή κλειστά δυσχεραίνοντας την είσοδο των παθογόνων. Επίσης, οι νευρώσεις των φύλλων περιορίζουν σημαντικά τη εξάπλωση των παθογόνων, όπως και το πάχος της ενδοδερμίδας εμποδίζει στη διείσδυση στα αγγεία του ξύλου. Τέλος, τα επιφανειακά τριχίδια αναλόγως την πυκνότητά τους και της κατασκευής τους εμποδίζουν το σχηματισμό στρώσεων νερού και την απευθείας επαφή του παθογόνου με τα κυτταρικά τοιχώματα (Τζάμος, 2007).

Ως χημικοί παράγοντες άμυνας, υπάρχουν τα θρεπτικά στοιχεία (όπως σάκχαρα, αμινοξέα, πρωτεΐνες και βιταμίνες) τα οποία όταν λείπουν από κάποιους ξενιστές τους κάνουν πιο ανθεκτικούς στη προσβολή. Επίσης οι τοξικοί μεταβολίτες (όπως οι φαινολικές ενώσεις, ταννίνες, διένια, σαπωνίνες και γλυκοαλκοειδή) που βρίσκονται σε μεγάλες ποσότητες σε αναπτυσσόμενα φυτικά όργανα δρουν ως χημικοί παρεμποδιστές παθογόνων σε νεαρούς ιστούς. Τέλος, υπάρχουν και οι παρεμποδιστές ενζύμων, που είναι πρωτεϊνικής φύσης και μπορούν ακόμα να αδρανοποιήσουν ξένα ριβοσώματα ή να αυξήσουν την ημιπερατότητα των κυτταρικών μεμβρανών των μυκήτων (Τζάμος, 2007).

2.4.2. Ενεργητικοί μηχανισμοί

Οι ενεργητικοί μηχανισμοί διακρίνονται σε ιστολογικούς και βιοχημικούς. Οι πρώτοι αναφέρονται σε κατασκευές των φυτών για την άμυνά τους και οι δεύτεροι σε ουσίες που δρουν ενάντια στα παθογόνα.

Η εναπόθεση της λιγνίνης ως μηχανισμού αντοχής αυξάνει τη μηχανική αντοχή των κυτταρικών τοιχωμάτων των φυτών και παράλληλα μειώνει την ευαισθησία τους, περιορίζει τη διάχυση των τοξινών των παθογόνων και τη διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων για το παράσιτο και παρακωλύει την ανάπτυξη του παθογόνου με τη

λιγνιτοποίηση των κυτταρικών τοιχωμάτων του ίδιου του μύκητα. Έπειτα, η εναπόθεση καλλόζης, στις θέσεις διεισδύσεως μυκηλιακών υφών στα κυτταρικά τοιχώματα δρα επίσης κατασταλτικά ως προς την προσβολή (Τζάμος, 2007).

Ο έγκαιρος σχηματισμός τυλώσεων, που είναι μικρές διογκώσεις της κυτταρικής μεμβράνης, είναι ένας ακόμα παράγοντας που δρα παρεμποδιστικά στη διέλευση του παθογόνου, όπως και οι θύλακες λιγνίνης που λαμβάνει χώρα στις δευτερογενείς ρίζες των φυτών. Τέλος, ο σχηματισμός φελλωδών στρωμάτων είναι μία επουλωτική διαδικασία του φυτού σε θέσεις πληγών με τη δημιουργία αφοριστικών ιστών (Τζάμος, 2007).

Ως βιοχημικοί μηχανισμοί αντοχής των φυτών υπάρχουν οι φυτοαλεξίνες. Πρόκειται για αντιμικροβιακές ουσίες που παράγονται και συσσωρεύονται στα φυτικά κύτταρα είτε ως αποτέλεσμα μόλυνσεως από φυτοπαθογόνα είτε ως απόρροια καταπονήσεων. Οι ουσίες αυτές αποτρέπουν την εγκατάσταση ή την προέλαση των φυτοπαθογόνων στους ιστούς του ξενιστή (Τζάμος, 2007).

2.5. Περιβαλλοντικοί παράγοντες

Ο βοτρώτης απαιτεί δροσερό και υγρό καιρό για την καλύτερη βλάστησή και ανάπτυξή του, αν και μπορεί να αναπτυχθεί και σε πιο δυσμενείς συνθήκες (Ηλιόπουλος, 2004; Agrios, 2005).

2.5.1. Θερμοκρασία

Ο βοτρώτης περνάει το χειμώνα στο έδαφος σε μυκήλιο σε διάφορα φυτικά υπολείμματα και ως σκληρότια. Δεν φαίνεται να υπάρχει επίπτωση στους σπόρους των φυτών, αλλά μπορεί να διαδοθεί μέσω αυτών λόγω του μεγέθους και του σχήματός τους. Ο μύκητας αυτός απαιτεί δροσερό κλίμα με θερμοκρασία (18-23 °C), αν και μπορεί να αναπτυχθεί σε θερμοκρασίες και από -1 έως 40 °C (Ηλιόπουλος, 2004; Agrios, 2005). Όπως επίσης και υγρό καιρό για την καλύτερη βλάστηση, παραγωγή σπορίων, γονιμοποίηση και εγκατάσταση της μόλυνσης. Το παθογόνο είναι ενεργό σε χαμηλές θερμοκρασίες και προκαλεί απώλειες σε αποθηκευμένες σοδιές ακόμα και σε θερμοκρασίες 0 έως 10 °C (Agrios, 2005).

2.5.2. Υγρασία

Η υγρασία αποτελεί πολύ σημαντικό παράγοντα στην ανάπτυξη της ασθένειας του βοτρώτη. Υπό συνθήκες υψηλής υγρασίας παράγονται άφθονα κονίδια, τα οποία

πραγματοποιούν τις πρώτες μολύνσεις, συνήθως μέσω κάποιας πληγής, που έχει προκληθεί από έντομα ή άλλες αιτίες. Απευθείας μολύνσεις με διάρρηξη της εφυμενίδας επιτυγχάνεται μόνο όταν η υγρασία είναι μεγαλύτερη από 90%. Ο άριστος όμως συνδυασμός θερμοκρασίας και υγρασίας για την βλάστηση των σπορίων και τη μόλυνση, είναι θερμοκρασία στους 18 °C και σχετική υγρασία 95% (Ηλιόπουλος, 2004).

2.6. Αντιμετώπιση

Ο βοτρώτης ωφελείται από υψηλή υγρασία σε θερμοκρασίες γύρω στους 18 °C αν και μπορεί να αναπτυχθεί σε θερμοκρασίες 0-40 °C όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω. Επομένως ως μέτρο πρόληψης είναι η διατήρηση της υγρασίας σε χαμηλά επίπεδα. Ειδικά την άνοιξη οι συνθήκες αυτές επικρατούν στην ατμόσφαιρα και έτσι τα φυτά χρειάζονται καλό αερισμό. Ακόμα περισσότερο στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες που η υγρασία αυξάνεται πολύ εύκολα, είναι απαραίτητος ο καλός αερισμός του θερμοκηπίου, η αφαίρεση των κάτω φύλλων των φυτών και η αποφυγή υπερβολικών αρδεύσεων (Ηλιόπουλος, 2004; Τζάμος, 2007). Προληπτικά μπορούν επίσης να γίνουν και ψεκασμοί, οι οποίοι πρέπει να αρχίζουν με τα πρώτα κλαδέματα και να επαναλαμβάνονται ανάλογα τη θερμοκρασία και την υγρασία, κάθε 7 ημέρες (Τζάμος, 2007).

Πέρα από προληπτικά μέτρα, εφόσον επέλθει μόλυνση στα φυτά, υπάρχει αντιμετώπιση τόσο χημική, με διάφορα μυκητοκτόνα, όσο και βιολογική, με φυσικούς ανταγωνιστές του βοτρώτη.

2.6.1. Χημική αντιμετώπιση

Η σύγχρονη πρακτική φυτοπροστασίας βασίζεται σημαντικά στη χρήση χημικών ενώσεων, αφού μέχρι σήμερα, η χρησιμοποίηση φυτοπροστατευτικών προϊόντων που μπορούν να θανατώσουν το παθογόνο, να παρεμποδίσουν ή να επιβραδύνουν την ανάπτυξή του, αποτελεί κυριότερη, αποτελεσματικότερη αλλά και οικονομικότερη μέθοδο αντιμετώπισης των ασθενειών των φυτών. Η προσθήκη όμως μεγάλων ποσοτήτων χημικών ουσιών στο περιβάλλον, ξένων ως προς το οικοσύστημα, συνεπάγεται σημαντικούς κινδύνους, ιδίως όταν πρόκειται μη εκλεκτικές ενώσεις, με ευρύ φάσμα δράσης και μεγάλη υπολειμματική διάρκεια (Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2010).

Τα συνιστώμενα μυκητοκτόνα κατά του βοτρώτη προληπτικά είναι: dichlofluanid, chlorothalonin, folpet και thiram (Ηλιόπουλος, 2004). Για την καταπολέμηση του χρησιμοποιούνται: boscalid, 8-hydroxyquinoline, captan, captan+carbendazim,

carbendazim, chlorothalonil, cyprodinil+fludioxonil, dicloran, fenhexamid, folpet, folpet+χαλκός, fluazinam, iprodione, maneb+cymoxanil, procymidone, pyrimethanil, thiophanate-Me, thiram και vinclozoni (Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2010).

2.6.2. Βιολογική αντιμετώπιση

Η βιολογική αντιμετώπιση πραγματοποιείται με φυτοπροστατευτικά προϊόντα που περιέχουν ως δραστικό παράγοντα ανταγωνιστικούς ή παρασιτικούς μικροοργανισμούς του φυτοπαθογόνου (Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2010). Για τον βοτρυτή υπάρχουν 3 τέτοια είδη σκευασμάτων. Το ένα προέρχεται από βακτήρια και τα άλλα δύο από μύκητες και αναλύονται παρακάτω.

Το σκεύασμα Bio-Save 10 προέρχεται από απομόνωση ESC 10 του βακτηρίου *Pseudomonas syringae*, που είναι αποτελεσματικό εναντίον των μυκήτων που προκαλούν μετασυλλεκτικές σήψεις σε μηλοειδή, εσπεριδοειδή, πυρηνόκαρπα, κερασιές και πατάτες όπως ο *Botrytis cinerea* (Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2010; Agrios, 2005).

Aspire, λέγεται το σκεύασμα που αυτή τη φορά προέρχεται από την απομόνωση της ζύμης *Candida oleophila* (στέλεχος I-182). Είναι αποτελεσματική για την αντιμετώπιση διάφορων μετασυλλεκτικών ασθενειών που προκαλούνται από μύκητες, όπως και ο βοτρυτής, σε φρούτα και λαχανικά, αλλά και εσπεριδοειδή και πυρηνόκαρπα (Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2010; Agrios, 2005). Κυκλοφορεί στην Ελλάδα σε μορφή βρέξιμης σκόνης και εφαρμόζεται με ψεκασμό ή μέσω του συστήματος άρδευσης (Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2010).

Επίσης, τα Trichodex και Trichopel, που αποτελούνται από απομονώσεις του μύκητα *Trichoderma harzianum* (KRL-AG2), κατάλληλες για την αντιμετώπιση διάφορων ασθενειών, όπως του βοτρυτή και βρίσκει χρήση σε διάφορα είδη καλλιέργειας (Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2010; Agrios, 2005). Συγκεκριμένα στο βοτρυτή αποδείχτηκε ότι μειώνει την ενζυμική δραστηριότητα του παθογόνου, επομένως δεν είναι τόσο εύκολη η προσβολή (Zimand *et al.*, 1996). Στην Ελλάδα κυκλοφορεί το Trichodex σε μορφή βρέξιμης σκόνης (Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2010).

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί το σκεύασμα του *Bacillus licheniformis* N1, το οποίο υπάρχει σε μορφή βρέξιμης σκόνης N1E και δρα προληπτικά σε επικείμενη προσβολή από βοτρυτή. Με βάση τους Kim *et al.* (2007) έχει μεγαλύτερα ποσοστά επιτυχίας έναντι του χημικού μυκητοκτόνου iprodione σε φυτά φράουλας αν δράσει προληπτικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΝΘΙΣΗ (ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΦΩΤΟΜΟΡΦΟΓΕΝΕΣΗΣ)

Οι φυτικοί οργανισμοί σε αντίθεση με τα άλλα έμβια όντα, είναι αναγκασμένοι να ζουν σε ένα σημείο χωρίς να μπορούν να μετακινηθούν, με συνέπεια να είναι εκτεθειμένοι στο περιβάλλον και να προσαρμόζονται σε αυτό. Το φως είναι ο βασικότερος παράγοντας ζωής των φυτών, γιατί δίχως αυτό δε θα μπορούσαν να παράξουν ενέργεια (μέσω της φωτοσύνθεσης). Όμως πέρα από τη φωτοσύνθεση, για τα φυτά χρησιμοποιούμε πολλές ακόμα λέξεις με πρώτο συνθετικό το φως λόγω της σημασία του για αυτά, όπως φωτοπερίοδος, φωτοτροπισμός, φωτομορφογένεση και άλλες (Kendrick and Kronenberg, 1994). Στη φωτομορφογένεση αναφέρθηκε πρώτος, ο πατέρας της βοτανικής, Θεόφραστος από την Ερεσό (380-187 π.Χ.), όταν κατέγραψε ότι τα έλατα που αναπτύσσονται στη σκιά, γίνονται πολύ ψηλά αλλά η ποιότητα του ξύλου είναι χαμηλή και χρησιμοποιούνται για καδρόνια και κατάρτια πλοίων, λόγω του μεγάλου ύψους (Schäfer and Nagy, 2006).

3.1. Το φαινόμενο της φωτομορφογένεσης

Με τον όρο φωτομορφογένεση εννοείται η επιρροή του φωτός στην εξέλιξη του φυτού. Τα φυτά έχουν δέκτες φωτεινής ενέργειας, τους λεγόμενους φωτοδέκτες με τους οποίους εγκλωβίζουν το φως και με τη βοήθεια της φωτοσύνθεσης το μετατρέπουν σε ενέργεια που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από το φυτό. Στους φωτοδέκτες υπάρχουν διάφορες χρωμοπρωτεΐνες που απορροφούν το φως ανάλογα το είδος τους. Το αποτέλεσμα της λήψης αυτής είναι η βλάστηση των σπερμάτων, η ανάπτυξη των φυτών, η καρποφορία και η άνθηση αλλά και διάφορες άλλες φαινοτυπικές εκφράσεις και αντιδράσεις όπως ο φωτοτροπισμός, η φωτοπερίοδος και ο κίρκαδικός ρυθμός (Παπαδοπούλου, 2014; Briggs and Onley, 2001; Kami *et al.*, 2010).

3.2. Φωτοδέκτες – χρωμοπρωτεΐνες

Οι φωτοδέκτες είναι πρωτεΐνες ευαίσθητες στο φως, οι οποίες δέχονται τη φωτεινή ενέργεια και ανταποκρίνονται σε αυτή. Είναι υπεύθυνες για διάφορες μεταβολές του φυτού που εξαρτώνται από το φως, όπως ο φωτοτροπισμός. Χωρίζονται στους φωτοδέκτες ερυθρού φωτός, τα φυτοχρώματα, στους φωτοδέκτες του κυανού φωτός, τα κρυπτοχρώματα και τις φωτοτροπίνες και τους φωτοδέκτες UV (Παπαδοπούλου, 2014).

Το φυτόχρωμα είναι μία υδατοδιαλυτή πρωτεΐνη (βιλιπρωτεΐνη), η οποία υπάρχει σε όλες τις ομάδες του φυτικού βασιλείου (εκτός των μυκήτων). Στα ανώτερα φυτά, έχει ανιχνευθεί σε όλα τα όργανα και τμήματα του φυτού, όπως σπέρματα, ρίζες, φύλλα, μίσχους, βλαστικούς οφθαλμούς, ταξιανθίες και καρπούς. Σε φυσιολογικές θερμοκρασίες για το φυτό, το φυτόχρωμα απαντάται σε δύο φωτοαλληλομετατρέψιμες μορφές, την Pr με μέγιστο απορρόφησης το ερυθρό (600 nm) και την Pfr με μέγιστο απορρόφησης στο υπέρυθρο (730 nm) (Καράταγλης, 1994; Taiz and Zeiger, 1998). Η σημαντικότερη λειτουργία του μηχανισμού του φυτοχρώματος φαίνεται να αφορά την αντίληψη της ποιότητας της ακτινοβολίας που δέχονται τα φυτά, και με το τρόπο αυτό να μπορούν να ανταποκριθούν κάθε χρονική στιγμή στις ισχύουσες συνθήκες. Συγκεκριμένα ο μηχανισμός του φυτοχρώματος ελέγχει τη βλάστηση σπορίων των πτεριδόφυτων, τη βλάστηση φωτοευαίσθητων σπερμάτων, την ανάπτυξη οργανιδίων (πλαστίδια, μιτοχόνδρια και περοξυσώματα), τον έλεγχο δραστηριότητας και σύνθεσης ενζύμων, την επιμήκυνση μεσογονατίων διαστημάτων, τις «κινήσεις ύπνου» των φύλλων, την ανάπτυξη χλωροπλαστών, την πτώση φύλλων φυλλοβόλων, την άνθηση στα φωτοευαίσθητα είδη, το λήθαργο των οφθαλμών, το σχηματισμό καταβολών ρίζας και φύλλων και τη σύνθεση ανθοκυανινών (Παπαδοπούλου, 2014).

Πέρα από τα φυτοχρώματα, υπάρχουν και οι φωτοδέκτες κυανού φωτός, οι οποίοι χωρίζονται στα κρυπτοχρώματα και τις φωτοτροπίνες (Παπαδοπούλου, 2014; Briggs, 2001). Αυτοί οι φωτοδέκτες ανταποκρίνονται στο φάσμα του ορατού φωτός από τα 320 έως τα 500 nm (Παπαδοπούλου, 2014).

Τα κρυπτοχρώματα ανήκουν σε μια κατηγορία των φλαβοπρωτεϊνών που είναι ευαίσθητη στο κυανό φως. Συμμετέχουν στο κερκαδικό ρολόι των φυτών και στην άνθιση, όταν εξαρτάται από τη φωτοπερίοδο (Gressel, 1979; Shinkle, 2008; Taiz and Zeiger, 1998). Επίσης, είναι υπεύθυνα για την αναστολή επιμήκυνσης του υποκοτυλίου κατά την αποχλώρωση και για το άνοιγμα και το κλείσιμο των στομάτων (Παπαδοπούλου, 2014).

Όπως και τα κρυπτοχρώματα, έτσι και οι φωτοτροπίνες, είναι και αυτές αποδέκτες του κυανού φωτός και είναι υπεύθυνες για το φωτοτροπισμό όπως μαρτυρά και η ονομασία τους. Εκτός αυτού, αποτελούν και παράγοντα κίνησης των χλωροπλαστών (Παπαδοπούλου, 2014). Όμως οι πληροφορίες μας για τις πρωτεΐνες αυτές είναι αρκετά λιγότερες, μιας και μόλις το 1988 οι Gallagher *et al.* όπως αναφέρουν οι Briggs and Olney (2001), κατέγραψαν ότι το κυανό φως μπορεί να ενεργοποιήσει τη φωσφορυλίωση μιας πρωτεΐνης της κυτταρικής μεμβράνης από περιοχές ανάπτυξης των σπορόφυτων κατά τη

χλώρωση. Έτσι, εφόσον τα φυτά αναπτύσσονταν στο σκοτάδι, έστω και λιγότερο, διαπίστωσαν ότι υπάρχει η πρωτεΐνη αυτή που ενεργοποιείται στο σκοτάδι.

Τέλος, υπάρχει και ο φωτοδέκτης UV, η πρωτεΐνη UVR8, που δεν φέρει χρωμοφόρο, αλλά απορροφά την υπεριώδη ακτινοβολία UV-B (Παπαδοπούλου, 2014). Είναι υπεύθυνη για την ευαισθησία, στο κλάσμα εκείνο του φωτός, στα 280-315 nm και παρακινεί το φυτό να μπει σε κατάσταση στρες. Η πρωτεΐνη αυτή αναγνωρίστηκε ως κύριος μεσολαβητής ανταπόκρισης του φυτού *Arabidopsis thaliana* στη UV-B. Το φυτό αυτό φάνηκε να έχει μεγάλη ποσότητα της πρωτεΐνης UVR8 και υπερευαισθησία στην ακτινοβολία UV-B που προκαλούσε ζημιά στο DNA (Kliebenstein *et al.*, 2002).

3.3. Φαινοτυπικές εκφράσεις – αντιδράσεις

Η μόνη πηγή ενέργειας για τα χλωροφυλλούχα φυτά είναι η ηλιακή ακτινοβολία. Εφόσον αυτή δεσμεύεται από τις φωτοπρωτεΐνες, το φυτό ξεκινάει μια σειρά από αντιδράσεις που είναι βιοτικής σημασίας για το ίδιο, όπως η βλάστηση των σπερμάτων, η φωτοσύνθεση, η διαπνοή, η σύνθεση χλωροφύλλης και πόσες ακόμα άλλες. Σημασία έχει αρχικά η ένταση του φωτός, διότι τα φυτά χρειάζονται τουλάχιστον τόση ώστε να διατηρούνται στη ζωή μέσω αποθησαυριστικών ουσιών που έχουν παράξει σε αυξημένη ένταση. Έπειτα, το ημερήσιο φως είναι επίσης ζωτικής σημασίας, διότι το φυτό ανάλογα την εναλλαγή ημέρας-νύχτας προσαρμόζει το κίρκαδικό του ρυθμό που είναι υπεύθυνος για το βλαστικό φωτοπεριοδισμό αλλά και τον μετέπειτα φωτοπεριοδισμό των φυτών (Καράταγλης, 1994; Taiz and Zeiger, 1998).

Η φωτοπερίοδος, δηλαδή η δυνατότητα του φυτού να εντοπίζει τη διάρκεια της ημέρας, κάνει δυνατό ένα συμβάν να το πραγματοποιεί συγκεκριμένη στιγμή του χρόνου, όποια εποχή δηλαδή επιτρέπεται. Τόσο το κίρκαδικό ρολόι όσο και η φωτοπερίοδος έχουν κοινό παράγοντα την αντίδραση των κύκλων του φυτού στο φως και το σκοτάδι (Taiz and Zeiger, 1998). Στα τροπικά, για παράδειγμα, κλίματα δεν παρατηρείται περιοδικότητα αύξησης όπως στα φυτά στις εύκρατες ζώνες, επειδή η ένταση του φωτός, επομένως και ο φωτοπεριοδισμός, παραμένει σχεδόν σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, άρα και η αύξηση είναι συνεχής. Η μορφή της αύξησης μπορεί να επηρεαστεί άμεσα από την ένταση του φωτός στην οποία εκτίθενται τα φυτά, όπως συμβαίνει στη κατάσταση της χλώρωσης, όπου τα νεαρά φυτά που αυξάνουν στο σκοτάδι, σε σύγκριση με αυτά που αυξάνουν στο φως, έχουν μακρύτερους και λεπτότερους βλαστούς, με ασυνήθιστα επιμήκη μεσογονάτια

διαστήματα και φύλλα που παραμένουν εμβρυώδη χωρίς να παράγουν χλωροφύλλη και έχουν χρώμα λευκοκίτρινο (Καράταγλης, 1994; Kami *et al.*, 2010).

Για να μπορέσει όμως το φυτό να απορροφήσει την ηλιακή ακτινοβολία, πρέπει να έχει και την κατάλληλη θέση ως προς το φως, που την διαμορφώνει ανάλογα την προέλευση της φωτεινής ενέργειας, μέσω του φωτοτροπισμού. Το φυτό αντιλαμβάνεται από πια μεριά δέχεται το φως και αυξάνει τη μάζα του προς τη πηγή αυτή, όπως επίσης στρέφει και τα όργανά του στην ίδια κατεύθυνση (Καράταγλης, 1994).

Όσο αναφορά στις έμμεσες επιδράσεις του φωτός στο φυτό, αυτές είναι η βλάστηση, η ανάπτυξη των σποροφύτων, η καρποφορία και η άνθιση (Kami *et al.*, 2010).

Όταν το φυτό βρίσκεται στη μορφή σπόρου, το έμβρυο είναι σε πολύ καλά προστατευμένη θέση και μπορεί να βλαστήσει κάτω από συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες που περιλαμβάνουν το οξυγόνο, την υγρασία, τη θερμοκρασία και το φως. Οι σπόροι είναι σε θέση να ανταποκριθούν μόνο εφόσον σπάσει ο λήθαργος. Από όλους τους φωτοδέκτες, τα φυτοχρώματα είναι αυτά που παίζουν το σπουδαιότερο ρόλο στη βλάστηση. Μετά τη βλάστηση έρχεται η ανάπτυξη των φυταρίων όπου και αυτή είναι εξαρτώμενη από περιβαλλοντικούς παράγοντες, αλλά το φυτόχρωμα και το κρυτόχρωμα είναι εκείνα που βοηθάνε το φυτό στη χλώρωση και αργότερη στην ανάπτυξη έως ότου φτάσει στην άνθηση και τη καρποφορία (Kami *et al.*, 2010).

Το φως, αλλά και η θερμοκρασία, επηρεάζουν τη μεταβολή του φυτού από τη περίοδο της βλάστησης σε αυτή της καρποφορίας. Τα φυτοχρώματα αλλά και τα κρυπτοχρώματα συμμετέχουν σε αυτό το σύμπλοκο που επηρεάζουν την άνθιση. Μετά την άνθιση, στη καρποφορία, επίσης είναι χρήσιμοι οι διάφοροι φωτοδέκτες και επιτρέπουν τη βελτιστοποίηση της φωτοσύνθεσης σύμφωνα με τις κυρίαρχες συνθήκες φωτός (Kami *et al.*, 2010).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΥΠΕΡΙΩΔΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ (UV-C)

Η ηλιακή υπεριώδης ακτινοβολία (UV) (100-400 nm) αποτελεί ένα πολύ μικρό μέρος του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στο έδαφος της Γης (Μπάης). Κατά τη διάδοσή της στη γήινη ατμόσφαιρα απορροφάται κυρίως από το στρατοσφαιρικό όζον, στη φασματική περιοχή από 180 έως 320 nm. Ειδικότερα, το όζον απορροφά εντονότατα τις επικίνδυνες UV-C (100-280 nm) και τη UV-B (280-320 nm) ηλιακές ακτινοβολίες. Η λιγότερη επικίνδυνη UV-A (320-400 nm) απορροφάται λιγότερο από το όζον. Η μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος γύρω από τον πλανήτη μας στα μέσα γεωγραφικά πλάτη και κυρίως στους πόλους, συνεπάγεται την αύξηση της επικίνδυνης B-υπεριώδους ακτινοβολίας στο επίπεδο του εδάφους (Παπαγιάννης).

4.1. Φύση υπεριώδους ακτινοβολίας

Η υπεριώδης ακτινοβολία (UV, 100-400 nm) περιλαμβάνει μόνο ένα μικρό μέρος του ηλιακού φάσματος αλλά με πολύ μεγάλη ενέργεια που μπορεί να πλήξει σημαντικά ζωντανούς ιστούς. Ευτυχώς, τα μικρά μήκη κύματος, εκείνα δηλαδή της UV-C στα 100-280 nm φιλτράρονται ουσιαστικά από το ατμοσφαιρικό οξυγόνο (έως τα 240 nm) και από το όζον (έως τα 280 nm) (Madronich and Flocke, 1997) και πολύ μικρή ποσότητα μπορεί να φτάσει στην επιφάνεια της Γης (Hogan, 2012).

Η UV-C ακτινοβολία προκαλεί μεταλλάξεις, καρκινογενέσεις και έχει γενικά αντιμικροβιακή δράση (Hogan, 2012). Συγκεκριμένα, αδρανοποιεί τους μικροοργανισμούς καταστρέφοντας το γενετικό τους υλικό (DNA) και δε τους επιτρέπει να κάνουν μετάφραση για να το επιδιορθώσουν (Harm, 1980).

4.2. Χρήσεις

Η UV-C ακτίνες του ηλίου έχουν τη μεγαλύτερη ποσότητα σε ενέργεια, αλλά εφόσον φιλτράρονται από την ατμόσφαιρα της γης, οι μικροοργανισμοί δεν έχουν αναπτύξει αμυντικούς μηχανισμούς απέναντί της. Έτσι, όταν ένας μικροοργανισμός απορροφά ενέργεια UV-C η κυτταρική ισορροπία διαλύεται γιατί καταστρέφεται το DNA του. Έτσι δε μπορεί το κύτταρο να μεγαλώσει και να αναπαραχθεί και εφόσον η λειτουργία της αναπαραγωγής ακυρώνεται, γρήγορα επέρχεται ο θάνατος (UltraViolet Devices, Inc.). Για το λόγο αυτό η UV-C βρίσκει εφαρμογή ως μικροβιοκτόνο.

Από τις αρχές του 19^{ου} αιώνα άρχισαν να χρησιμοποιούνται λάμπες με ενέργεια UV-C για την καταστροφή μικροοργανισμών. Έμοιαζαν με τις οικιακές λάμπες, αλλά δεν

είχαν το φωσφορίζων περίβλημα που μεταδίδει το απαλό λευκό χρώμα. Μετέδιδαν ενέργεια στα 254 nm, δηλαδή στην περιοχή της UV-C ακτινοβολίας που ήταν ιδανική για να καταστρέφει το DNA των μικροοργανισμών (UltraViolet Devices, Inc.).

Στη σημερινή εποχή, η χρήση των λαμπτήρων που παράγουν ενέργεια στα μήκη κύματος της UV-C ακτινοβολίας, χρησιμοποιούνται για την αποστείρωση. Αυτή μπορεί να είναι επιφανειών, αέρα και νερού, αλλά γίνονται προσπάθειες και στο χώρο της μετασυλλεκτικής μεταχείρισης των γεωργικών προϊόντων.

Η αποστείρωση των επιφανειών γίνεται με χρήση λαμπτήρων UV-C και εξαρτάται από τη διάρκεια της ακτινοβολίας. Χρησιμοποιείται ευρέως για την υγιεινή εργαστηριακών χώρων και εργαλείων, όπως σε θαλάμους βιολογικής ασφάλειας αλλά και σε κέντρα υγείας. Χρήση της μπορεί να γίνει επίσης σε οποιαδήποτε επιφάνεια χρειάζεται αποστείρωση. Η βασική της χρησιμότητα όμως είναι όταν συνδυάζεται με ρεύμα αέρα όπου γίνεται αποστείρωση ολόκληρων χώρων – δωματίων – κτηριακών εγκαταστάσεων. Τότε χρησιμοποιείται σε χώρους υγείας, μεγάλες εγκαταστάσεις όπως πολυκατοικίες, ινστιτούτα, πανεπιστήμια, μουσεία, αεροδρόμια, ξενοδοχεία, φαρμακευτικές εταιρίες και χώρους συσκευασίας τροφίμων (UltraViolet Devices, Inc.).

Όσον αναφορά στην αποστείρωση του νερού με τη χρήση λαμπτήρων UV-C, αυτή έχει ξεκινήσει από το 1909 από το σύστημα παροχής νερού στη Μασσαλία της Γαλλίας. Από τότε έχει εξαπλωθεί η χρήση της μεθόδου αυτής σε όλο τον κόσμο. Πέραν όμως του πόσιμου νερού, χρησιμοποιείται ακόμα για νερό άρδευσης αλλά και νερό που χρησιμοποιείται σε νοσοκομεία, εργοστάσια και εργαστήρια που χρειάζονται υψηλής ποιότητας καθαρό νερό (χωρίς τη χρήση χλωρίου) (UltraViolet Devices, Inc.).

Τέλος, γίνονται συνέχεια έρευνες για τη χρήση λαμπτήρων UV-C στη μετασυλλεκτική μεταχείριση γεωργικών προϊόντων, όπως σε σταφύλια για τη καταπολέμηση του βοτρυτή (*Nigro et al.*, 1998), σε φράουλες (*Pan et al.*, 2004), σε καρπούζια (*Artes-Hernandez et al.*, 2010), σε μάνγκο (*Gonzales-Aguilar et al.*, 2007), σε ρόδια (*Lopez-Rubira et al.*, 2005), σε γκρέιπφρουτ (*D'Hallewin et al.*, 2000; *Droby et al.*, 1993), στο μπρόκολο (*Lemoine et al.*, 2007), στη πιπεριά (*Vicente et al.*, 2005), στο κολοκύθι (*Ertkan et al.*, 2001) και σε πόσα άλλα ακόμα είδη που αυξάνονται συνεχώς. Αντίθετα σε ανθοκομικά είδη η έρευνα είναι πιο περιορισμένη. Έχει γίνει για υπόγεια όργανα όπως σε κορμούς γλαδίου (*Sharma and Tripathi*, 2008) αλλά για δρεπτά άνθη είναι περιορισμένη η έρευνα, εξαίρεση σε φυτά φρέζιας (*Darras et al.*, 2010) και ζέρμπερες (*Darras et al.*, 2012b), και σε ανθοκομικά σε γλάστρα δεν έχει γίνει γνωστή ακόμα κάποια έρευνα πριν από αυτή, στο γεράνι.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο - ΓΕΝΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

5.1. Φυτικό υλικό

Για όλα τα πειράματα χρησιμοποιήθηκαν δύο ποικιλίες γεράνια *Pelargonium x hortotum* L. cvs. Κόκκινα γεράνια Victor (μονά) και λευκά Glacis (μονά). Αγοράστηκαν σε μορφή μονών ριζοβολιμένων μοσχευμάτων, ύψους 15-20 cm από τη MARIGOLD PLANTS AE (Μαραθώνας, Ελλάδα, συντεταγμένες: ύψος 38° 9' 0'' Β και πλάτος 23° 58' 0'' Α) σε 5 x 9 cm χάρτινα γλαστράκια.

5.2. Υποστρώματα ανάπτυξης

Η μεταφύτευση των μοσχευμάτων έγινε σε ατομικές γλάστρες 2,5 l, διαστάσεων 17 x 15 cm. Χρησιμοποιήθηκε 100% ξανθιά τύρφη σε όλα τα πειράματα. PLANTOBALT (Plantoflor, Vechta, Denmark) για τα πρώτα πειράματα και TS2 (Klasmann – Deilmann GmbH, Geeste, Germany) για τα δεύτερα. Δεν έγινε ανάμειξη με κάποιο άλλο υπόστρωμα καθ' όλη τη διάρκεια των πειραμάτων.

5.3. Εφαρμογή UV-C

Για την εφαρμογή UV-C στα φυτά χρησιμοποιήθηκαν 4 λάμπες αποστείρωσης χαμηλής-πίεσης UV (Osram HNS OFR) οι οποίες ήταν στερεωμένες σε οριζόντιο μεταλλικό πλαίσιο (μήκος: 120 cm, ύψος: 100 cm και πλάτος: 80 cm). Η κάθε λάμπα (2,5 cm διάμετρος του κυλίνδρου και 88 cm μήκος) είχαν ονομαστική ενέργεια 30 W και εξέπεμπαν μήκος κύματος στα 253,7 nm. Η ακτινοβολήση γινόταν τοποθετώντας τα φυτά κάτω από τις λάμπες με τη γλάστρα τους, σε απόσταση 20 – 30 cm από το υψηλότερο σημείο του φυτού, όπως φαίνεται και στην εικόνα 1. Η δόση της ακτινοβολήσης υπολογίζονταν κάθε φορά (σε θερμοκρασία δωματίου περίπου 25 °C) χρησιμοποιώντας ένα οπτικό μετρητή κύματος Multi-Sense (αισθητήρα) που ήταν προγραμματισμένος στα 254 nm της UV-C ακτινοβολίας (Steril Air, UV - Technologie, Gräfelfing, Germany). Ακτινοβολήσεις γίνονταν σε δόσεις των 0,5, 1, 2,5, 5 και 10 kJ·m⁻² ή επαναλαμβανόταν η δόση του 1 kJ·m⁻². Υπολογίζονταν με βάση το χρόνο που ήταν στο θάλαμο της ακτινοβολήσης με βάση την απόσταση από τα φύλλα των φυτών (Stevens *et al.*, 1999). Συγκεκριμένα, χρησιμοποιούσαμε τον αισθητήρα για 1 λεπτό μέσα στο θάλαμο και παίρναμε την μέση τιμή μέσα σε εκείνο το λεπτό που γινότανε η μέτρηση και τη

χρησιμοποιούσαμε στον παρακάτω τύπο, Χρόνος Έκθεσης (sec) = [Δόση που θέλουμε να εφαρμόσουμε ($\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$) x 100] / μέτρηση του αισθητήρα (τη μέση τιμή).

Τα φυτά δέχονταν ακτινοβολήσεις ανάλογα το πείραμα στο οποίο ήταν, μία φορά την εβδομάδα ή και παραπάνω, την ίδια ώρα, πρωινή, εφόσον παίρνονταν οι μετρήσεις πρώτα για τη φυσιολογία τους. Οι ακτινοβολήσεις γίνονταν για 6, 7 ή 9 (ανάλογα το πείραμα) εβδομάδες και υπήρχαν 8 ή 14 επαναλήψεις σε κάθε μεταχείριση (μισές σε κάθε χρώμα), όπως και αντίστοιχα τόσα φυτά δεν ακτινοβολούνταν για να χρησιμοποιηθούν ως μάρτυρες. Θα γίνεται πληρέστερη αναφορά σε κάθε πείραμα ξεχωριστά.



Εικόνα 5.1: Τα φυτά τοποθετημένα στο θάλαμο ακτινοβολήσης κάτω από τις λάμπες UV-C ακριβώς πριν τη στιγμή της ακτινοβολήσης

5.4. Λοιπές περιποιήσεις και μεταχειρίσεις

Τα φυτά ποτίζονταν με νερό βρύσης (πόσιμο), που παροχετεύεται ολόκληρο το ΑΤΕΙ – Πελοποννήσου στην Καλαμάτα κάθε δεύτερη μέρα. Τα μακροστοιχεία N, P, K τροφοδοτούσαν τα φυτά μία φορά την εβδομάδα μέσω υδρολίπανσης. Χρησιμοποιήθηκε το λίπασμα Agroleaf (20-20-10, Scotts, Enersis International B.V., Geldermalsen, The Netherlands) το οποίο διαλυόταν στο νερό. Κάθε φυτό προσλάμβανε 500 ppm κάθε στοιχείου σε 200 ml νερού εβδομαδιαίως.

5.5. Μετρήσεις

Για τις φαινοτυπικές μεταβολές των φυτών γίνονταν μετρήσεις ύψους, αριθμού φύλλων και αριθμού ταξιανθιών. Στο τέλος γίνονταν και μετρήσεις νωπού και ξηρού βάρους του υπέργειου τμήματος των φυτών, ακτινοβολημένων και μη και αριθμός βλαστών.

Το ύψος των φυτών μετριόταν με χάρακα από την επιφάνεια του υποστρώματος έως το υψηλότερο σημείο του φυτού, όποιο και αν ήταν αυτό (φύλλα ή ταξιανθία). Τα φύλλα μετριόνταν συνολικά κάθε φορά, από το ίδιο άτομο για να είναι ίδια η κρίση του πότε εμφανίζεται φύλλο ή όχι, όπως και στις ταξιανθίες, όπου υπολογίζονταν από όταν εμφανίζονταν σε αρχικό στάδιο και όχι όταν ανθούσαν.

Στο τέλος των πειραμάτων γίνονταν καταστροφή των φυτών, αποκόβοντας το υπέργειο τμήμα από το ριζικό σύστημα. Γινόταν καταγραφή του βάρους λαμβάνοντας μετρήσεις από ψηφιακό ζυγό ακριβείας της εταιρίας Precisa (Series 320 XB – Model XB2200C) που μετράει ως και εκατοστά του γραμμαρίου για πιο ακριβή αποτελέσματα. Μετά τοποθετούνταν τα φυτά σε αλουμίνια ταψάκια (είχαν ζυγιστεί και αυτά ένα-ένα από πριν για να μπορεί να υπολογιστεί το καθαρό βάρος του φυτού μετά την αποξήρανση γιατί η αφαίρεση του φυτού από εκεί και το ζύγισμά του θα επέφερε απώλειες φυτικού ιστού). Έπειτα, όπως φαίνεται και στην εικόνα 2, τοποθετούνταν σε αποξηραντήρα LabTech 750 1 της εταιρίας Daihan Labtech Co. Ltd. (του εργαστηρίου Φυσιολογίας Φυτών του ΤΕΙ Πελοποννήσου – Καλαμάτα) σε θερμοκρασία 75 °C για 72 ώρες.

Τέλος γινόταν πάλι μέτρηση του βάρους στον ίδιο ζυγό που γίνονταν και η μέτρηση του νωπού, όπως φαίνεται και στην εικόνα , μαζί με το δισκάκι και υπολογίζονταν το καθαρό ξηρό βάρος.



Εικόνα 5.2: Το εσωτερικό του ξηραντήρα εφόσον έχουν τοποθετηθεί κάποια δισκάκια με φυτά και το εξωτερικό του



Εικόνα 5.3: Ο ζυγός ακριβείας με τοποθετημένο το δισκάκι που περιέχει αποξηραμένο φυτό για μέτρηση

5.6. Πειραματικός σχεδιασμός

Τα γεράνια μετά τη μεταφύτευση τοποθετήθηκαν σε εξωτερικό χώρο του Εργαστηρίου Ανθοκομίας του ΤΕΙ Πελοποννήσου στην Καλαμάτα, σε αλουμινένιους πάγκους διαστάσεων 180 x 200 cm, όπως φαίνεται και από την εικόνα 4. Τα φυτά στους πάγκους ήταν με τυχαία σειρά και συχνά αλλάζανε θέση. Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν από το Μάρτιο του 2011 έως τον Αύγουστο του ίδιου έτους.



Εικόνα 5.4: Τα φυτά στον εξωτερικό χώρο του Εργαστηρίου Ανθοκομίας τοποθετημένα τυχαία πάνω στους μεταλλικούς πάγκους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΕΦΑΡΜΟΓΗ 0-10 kJ/m² UV-C ΣΕ ΦΥΤΑ ΓΕΡΑΝΙΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΝΘΙΣΗ (ΦΩΤΟΜΟΡΦΟΓΕΝΕΣΗ)

6.1. Περίληψη

Μέχρι τώρα η ακτινοβολία UV-C χρησιμοποιείται τόσο πειραματικά όσο και πρακτικά για την απολυμαντική της ιδιότητα. Σε αυτό το πείραμα γίνεται μια διαφορετική προσέγγιση της φωτεινής αυτής ενέργειας. Πραγματοποιείται μία μελέτη ως προς τις μεταβολές που προκαλεί η ακτινοβολία αυτή στην ανάπτυξη και την άνθιση γερανιών (*Pelargonium x hortorum*), στις ποικιλίες Victor και Glacis, τα οποία ακτινοβολούνται με μικρής διάρκειας ακτινοβολία UV-C. Οι δόσεις που χρησιμοποιούνται είναι 0,5, 1, 2,5, 5 και 10 kJ/m² κάθε 7 ημέρες και μετρήσεις γίνονται μία φορά την εβδομάδα και αφορούν τις μορφολογικές τους διαφορές, όπως το ύψος, τον αριθμό των φύλλων, τον αριθμό ταξιανθιών, τον αριθμό ανθισμένων ταξιανθιών, τις ημέρες έως την άνθιση και έπειτα καταστροφικό πείραμα, όπου μετρήσεις γίνονται στο νωπό και ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος καθώς και στον αριθμό πλάγιων βλαστών. Για τα πειράματα αυτά επιλέχθηκαν τα γεράνια διότι πέραν της μεγάλης εμπορικότητας και ανθεκτικότητας τους, η άνθισή τους δεν είναι εξαρτώμενη από τη διάρκεια της ημέρας, αλλά από τη θερμοκρασία και το φως του ήλιου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το νωπό και το ξηρό βάρος, ο αριθμός των πλάγιων βλαστών και ο αριθμός ταξιανθιών των φυτών που ακτινοβολήθηκαν με UV-C, στις περισσότερες περιπτώσεις, είχαν σημαντική αύξηση σε σχέση με τα μη ακτινοβολημένα φυτά. Αν και καμία σημαντική διαφορά δε παρατηρήθηκε στον αριθμό των φύλλων, η βιομάζα των ακτινοβολημένων φυτών ήταν χαρακτηριστικά μεγαλύτερη. Επίσης γίνεται και μια συσχέτιση με τις τότε καιρικές συνθήκες όσον αναφορά τη θερμοκρασία και την PAR. Παρουσιάζονται επίσης και άλλες μορφολογικές διαφορές που εμφάνισαν τα ακτινοβολημένα φυτά, όπως διμορφισμός των φύλλων τους και στο τέλος δίνεται και η μικρότερη –περισσότερο αποτελεσματική δόση για την κάθε ποικιλία.

6.2. Σκοπός πειράματος

Η ανάγκη διενέργειας αυτών των πειραμάτων προήλθε από την παρατήρηση των φυτών γερανιού που είχαν ακτινοβοληθεί σε προηγούμενα πειράματα, με ακτίνες UV-C, μιας και έγινε αντιληπτό φαινομενικά ότι τα ακτινοβολημένα φυτά είχαν διαφορετική ανάπτυξη. Έτσι, ενώ στο παρελθόν είχαν χρησιμοποιηθεί γεράνια ακτινοβολημένα και μη για τον έλεγχο της ανθεκτικότητας τους σε μυκητολογική προσβολή, τώρα κρίθηκε

σκόπιμο να ακτινοβοληθούν γεράνια με διαφορετικές μεταχειρίσεις για να παρατηρηθούν τυχόν μεταβολές στην ανάπτυξη και την άνθιση.

6.3 Υλικά και μέθοδος

Το πείραμα αυτό χωρίζεται σε 2 επαναλήψεις. Η πρώτη επανάληψη έγινε την άνοιξη, 31 Μαρτίου έως 26 Μαΐου 2011 (9 εβδομάδες μετρήσεων) και η επόμενη το καλοκαίρι, 10 Ιουνίου με 22 Ιουλίου 2011, ακριβώς μετά (7 εβδομάδες μετρήσεων). Στο χρόνο αυτό πρέπει να προστεθεί και ο χρόνος των εκάστοτε καταστροφικών πειραμάτων. Η διαφορά στις εβδομάδες μετρήσεων οφείλεται στο ότι το καλοκαίρι τα φυτά ήταν σε συντομότερο χρονικό διάστημα σε εμπορικό στάδιο όπου και σταματούσαν τα πειράματα.

Στο πρώτο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν 7 φυτά σε κάθε χρώμα (λευκό-Glaciς και κόκκινο-Victor) σε 5 διαφορετικές μεταχειρίσεις συν τους μάρτυρες. Οι μεταχειρίσεις ήταν 0,5, 1, 2,5, 5 και 10 kJ/m² και γίνονταν μια φορά την εβδομάδα πρωινή ώρα και πάντα την ίδια. Επομένως το σύνολο των φυτών ήταν σε αυτό το πείραμα 84. Και στο δεύτερο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν 4 φυτά σε κάθε χρώμα στις ίδιες επαναλήψεις με προηγουμένως, επομένως το σύνολο των φυτών ήταν 48.

Οι διάφορες μεταχειρίσεις των φυτών όπως φύτευση, πότισμα, λίπανση, ακτινοβολήση, μετρήσεις και πειραματικός σχεδιασμός έγινε όπως αναλυτικά περιγράφεται στο κεφάλαιο 5.

Οι μετρήσεις που έγιναν σε αυτά τα πειράματα αφορούν τις μορφολογικές τους διαφορές, όπως το ύψος, τον αριθμό των φύλλων, τον αριθμό ταξιανθιών, τον αριθμό ανθισμένων ταξιανθιών, τις ημέρες έως την άνθιση και στο καταστροφικό πείραμα, νωπό και ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος καθώς και τον αριθμό πλάγιων βλαστών.

6.4. Αποτελέσματα – Συζήτηση

Τα αποτελέσματα θα παρουσιαστούν για τα δύο πειράματα αντίστοιχα σε κάθε μία κοινή μέτρηση, δηλαδή πρώτα το ύψος των κόκκινων στο 1^ο πείραμα και στο 2^ο, μετά το ύψος των λευκών στο 1^ο και στο 2^ο πείραμα, έπειτα ο αριθμός φύλλων των κόκκινων και στα δύο πειράματα κ.ο.κ. Στο δεύτερο πείραμα έχουν γίνει και κάποιες παραπάνω μετρήσεις, ως προς τον αριθμό των ημερών μέχρι την άνθιση της πρώτης ταξιανθίας και τον αριθμό ανθισμένων ταξιανθιών ανά εβδομάδα, λόγω του ότι στο πρώτο πείραμα παρατηρήθηκε μακροσκοπικά ότι ενώ μπορεί να είχαν τον ίδιο αριθμό ταξιανθιών τα ακτινοβολημένα ή και μικρότερο, άνθισαν γρηγορότερα. Όλες οι μετρήσεις που θα είναι

στα διαγράμματα αφορούν τη μέση τιμή των εκάστοτε φυτών στη κάθε μεταχείριση, είτε αυτά είναι 7 στο πρώτο πείραμα, 4 στο επόμενο και στα καταστροφικά 5 και 4 αντίστοιχα.

Το ύψος των κόκκινων γερανιών φαίνεται στα παρακάτω διαγράμματα.



Γράφημα 6.1: Ύψος φυτών (cm), κόκκινων γερανιών στο 1^ο πείραμα για 9 εβδομάδες σε ακτινοβολήσεις 0,5, 1, 2,5, 5 και 10 kJ/m² συν το μάρτυρα.

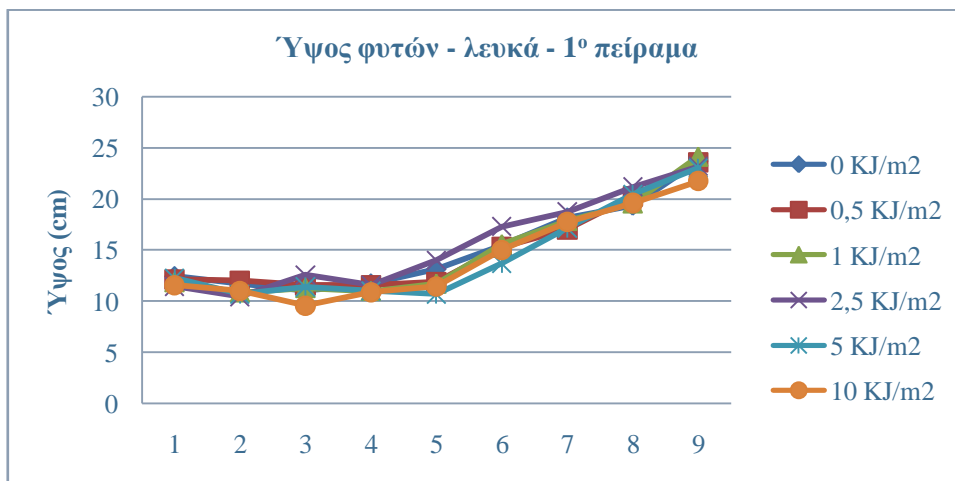


Γράφημα 6.2: Ύψος φυτών (cm), κόκκινων γερανιών στο 2^ο πείραμα για 7 εβδομάδες σε ακτινοβολήσεις 0,5, 1, 2,5, 5 και 10 kJ/m² συν το μάρτυρα.

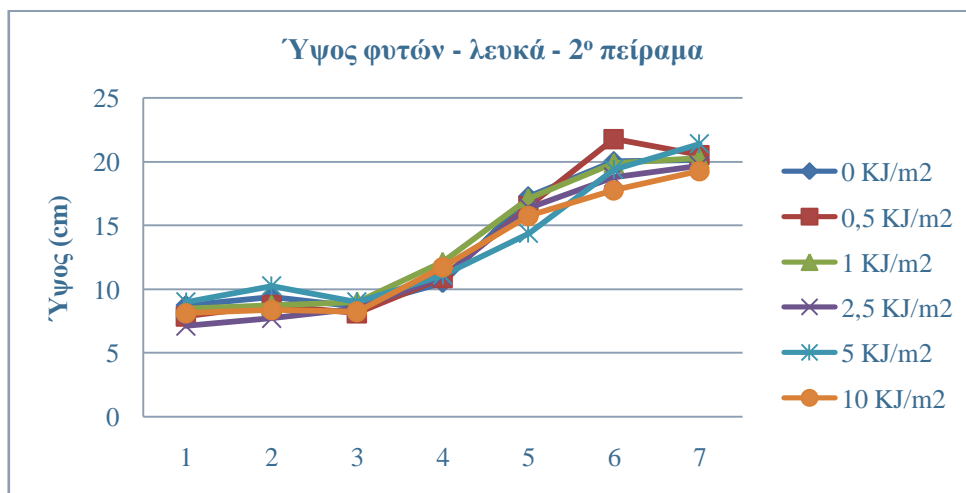
Η ανάπτυξη των κόκκινων φυτών όπως φαίνεται στα δύο διαγράμματα είναι διαφορετική, πιθανόν λόγω εποχής. Όμως σαν τελικά αποτελέσματα είναι παρεμφερή. Στο 1^ο πείραμα μεγαλύτερο ύψος έχουν τα φυτά που ακτινοβολήθηκαν με 1 και 2,5 kJ/m² και στο δεύτερο αυτά των 0,5, 1 και 5 kJ/m² με κοινό παρονομαστή το 1 kJ/m². Επίσης

χαρακτηριστικό είναι ότι και στα δύο πειράματα τα φυτά που ήταν στα 10 kJ/m² είχαν το μικρότερο ύψος με διαφορά. Ο μάρτυρας είναι και στις δύο περιπτώσεις κάπου σε ενδιάμεσες τιμές.

Ακολουθεί και το ύψος στα λευκά γεράνια.



Γράφημα 6.3: Ύψος φυτών (cm), λευκών γερανιών στο 1^ο πείραμα για 9 εβδομάδες σε ακτινοβολήσεις 0,5, 1, 2,5, 5 και 10 kJ/m² συν το μάρτυρα.

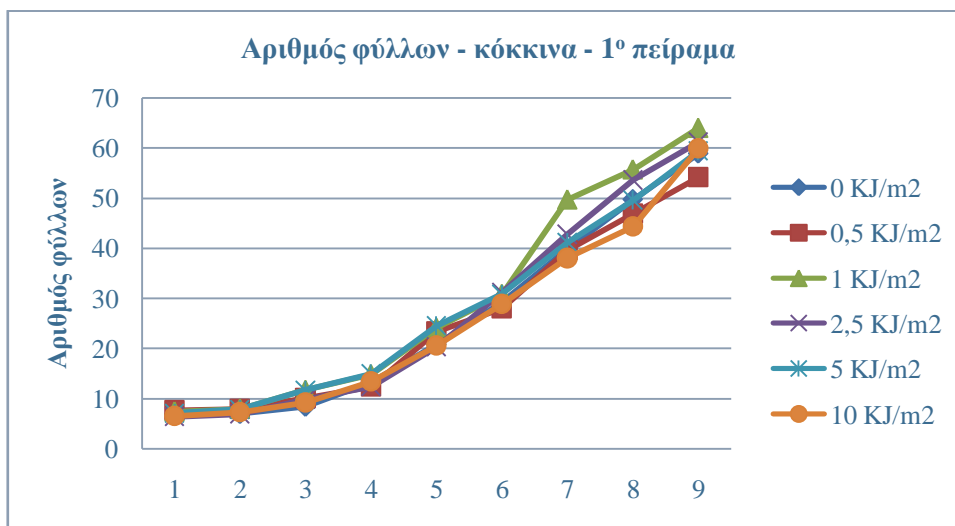


Γράφημα 6.4: Ύψος φυτών (cm), λευκών γερανιών στο 2^ο πείραμα για 7 εβδομάδες σε ακτινοβολήσεις 0,5, 1, 2,5, 5 και 10 kJ/m² συν το μάρτυρα.

Στα λευκά γεράνια η ανάπτυξη είναι παρόμοια με αυτή των κόκκινων. Στο πρώτο πείραμα το μεγαλύτερο ύψος τελικά το είχαν τα φυτά που ακτινοβολούνταν με 1 kJ/m², όπως και στα κόκκινα στο πρώτο πείραμα. Και στο δεύτερο πείραμα μεγαλύτερο ύψος

είχαν τα φυτά των 5 kJ/m² και ακολουθούν αυτά των 0,5 και 1 kJ/m² όπως δηλαδή και στα κόκκινα. Πάντα το μικρότερο ύψος το έχουν αυτά των 10 kJ/m².

Μετά το ύψος, μετρήσεις έγιναν και στον αριθμό των φύλλων κάθε εβδομάδα συνολικά για κάθε φυτό (όχι πόσα νέα φύλλα έχει, αλλά το σύνολο των φύλλων κάθε φυτού). Και παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα πρώτα των κόκκινων φυτών και στα δύο πειράματα και μετά των λευκών.



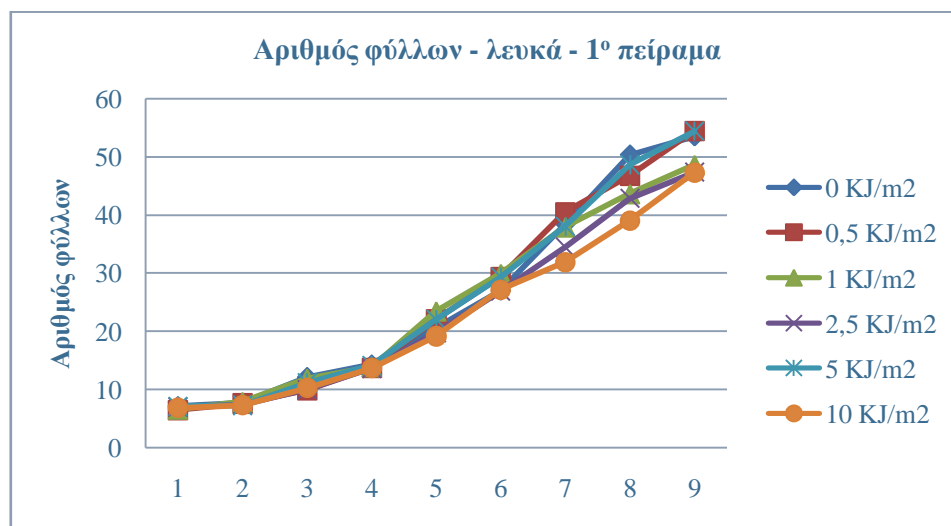
Γράφημα 6.5: Αριθμός φύλλων, κόκκινων γερανιών στο 1^ο πείραμα για 9 εβδομάδες σε ακτινοβολήσεις 0,5, 1, 2,5, 5 και 10 kJ/m² συν το μάρτυρα.



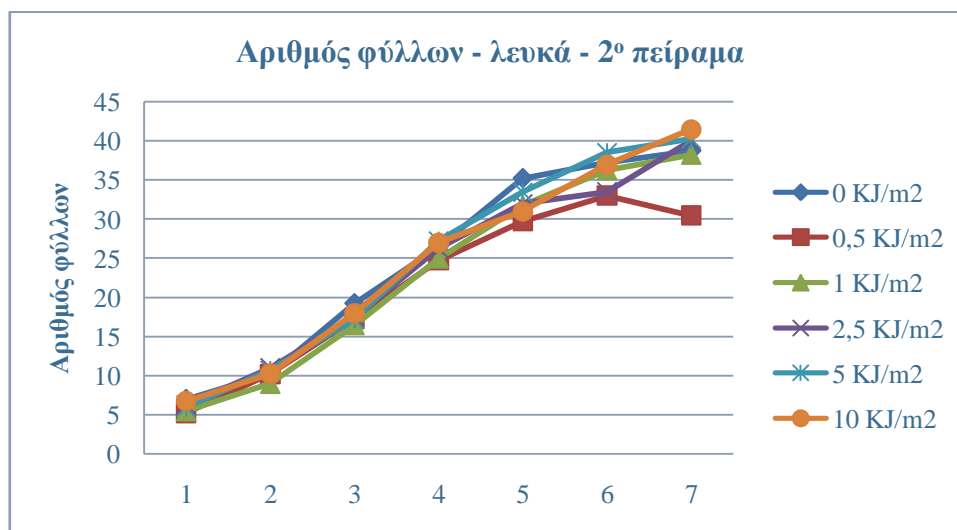
Γράφημα 6.6: Αριθμός φύλλων, κόκκινων γερανιών στο 2^ο πείραμα για 7 εβδομάδες σε ακτινοβολήσεις 0,5, 1, 2,5, 5 και 10 kJ/m² συν το μάρτυρα.

Και στα 2 πειράματα φαίνεται να επικρατούν τα φυτά των 1 kJ/m² τόσο στο τέλος όσο και νωρίτερα, από την 7^η και 5^η αντίστοιχα εβδομάδα, όπου έχουν μεγάλη αύξηση και συνεχίζουν έως και το τέλος του πειράματος την ίδια πορεία.

Ακολουθεί ο αριθμός φύλλων στα λευκά γεράνια και στα 2 πειράματα.



Γράφημα 6.7: Αριθμός φύλλων, λευκών γερανιών στο 1^ο πείραμα για 9 εβδομάδες σε ακτινοβολήσεις 0,5, 1, 2,5, 5 και 10 kJ/m² συν το μάρτυρα.

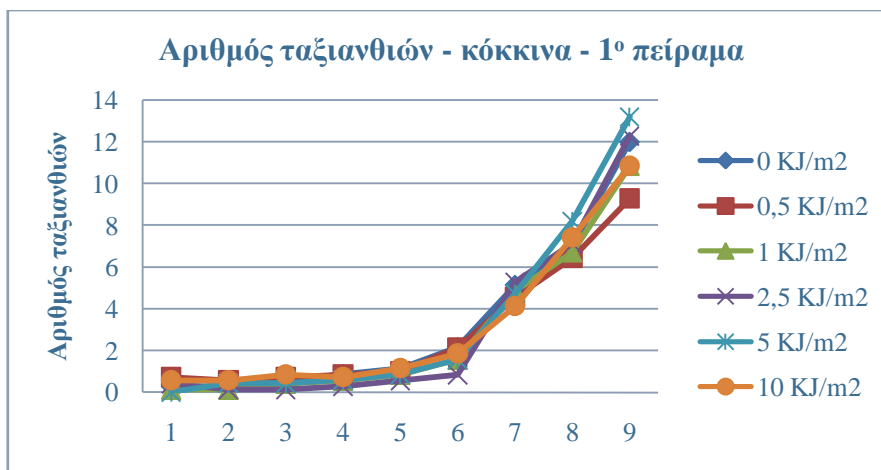


Γράφημα 6.8: Αριθμός φύλλων, λευκών γερανιών στο 2^ο πείραμα για 7 εβδομάδες σε ακτινοβολήσεις 0,5, 1, 2,5, 5 και 10 kJ/m² συν το μάρτυρα.

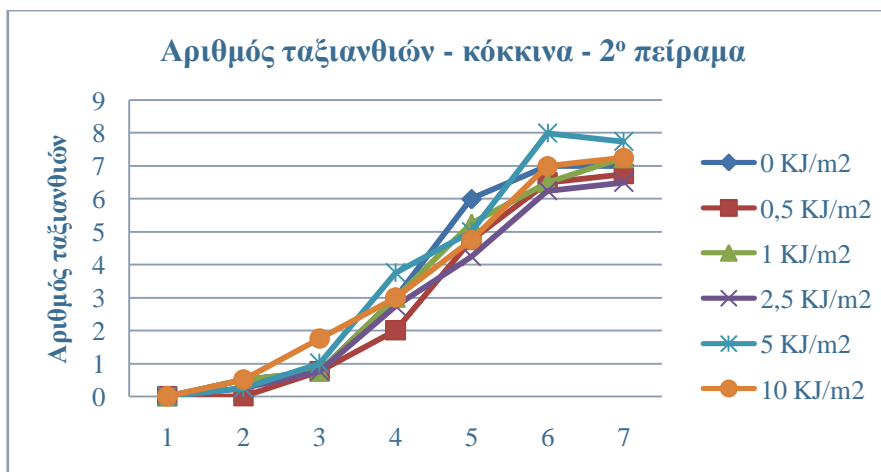
Παρατηρώντας τα αποτελέσματα και των δύο πειραμάτων, δεν φαίνεται κάποια συσχέτιση. Αντιθέτως, ενώ στο πρώτο φαίνεται να έχει περισσότερα φύλλα το 0,5 kJ/m², στο δεύτερο φαίνεται να έχει τα λιγότερα και αντιστρόφως ανάλογα συμβαίνει με αυτά

των 10 kJ/m² που στο πρώτο πείραμα φαίνεται να έχουν τα λιγότερα φύλλα και στο δεύτερο τα περισσότερα. Στην πρώτη περίπτωση η διαφορά είναι στα 7 φύλλα και στη δεύτερη στα 11. Ίσως να οφείλεται και σε άλλους παράγοντες η διαφορά αυτή.

Έπειτα, μετά τον αριθμό των φύλλων, μετρήθηκε ο αριθμός των ταξιανθιών, όταν αυτή εμφανιζόταν σε αρχικό στάδιο και πάντα η μέτρηση γινόταν συνολικά και όχι πόσες νέες ταξιανθίες εμφανίζονταν. Πρώτα στα κόκκινα φυτά.



Γράφημα 6.9: Αριθμός ταξιανθιών, κόκκινων γερανιών στο 1^ο πείραμα για 9 εβδομάδες σε ακτινοβολήσεις 0,5, 1, 2,5, 5 και 10 kJ/m² συν το μάρτυρα.

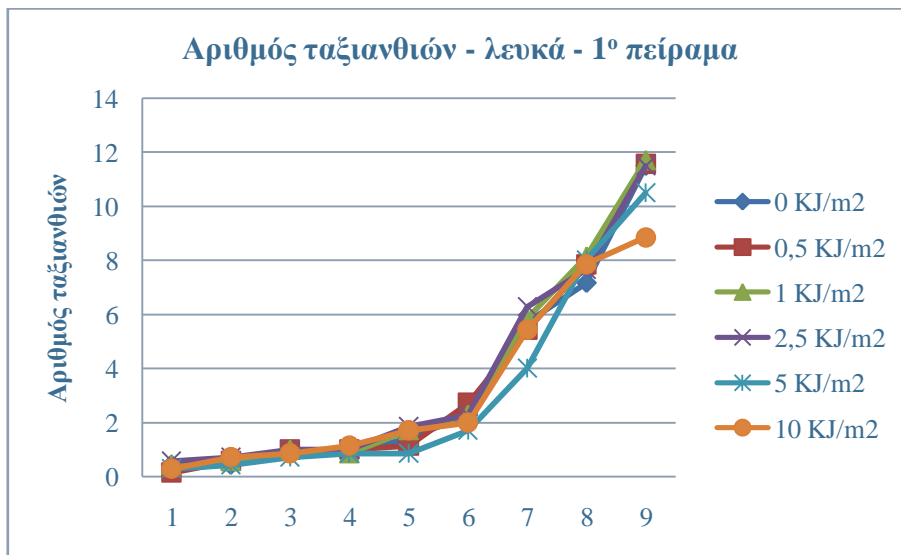


Γράφημα 6.10: Αριθμός ταξιανθιών, κόκκινων γερανιών στο 2^ο πείραμα για 7 εβδομάδες σε ακτινοβολήσεις 0,5, 1, 2,5, 5 και 10 kJ/m² συν το μάρτυρα.

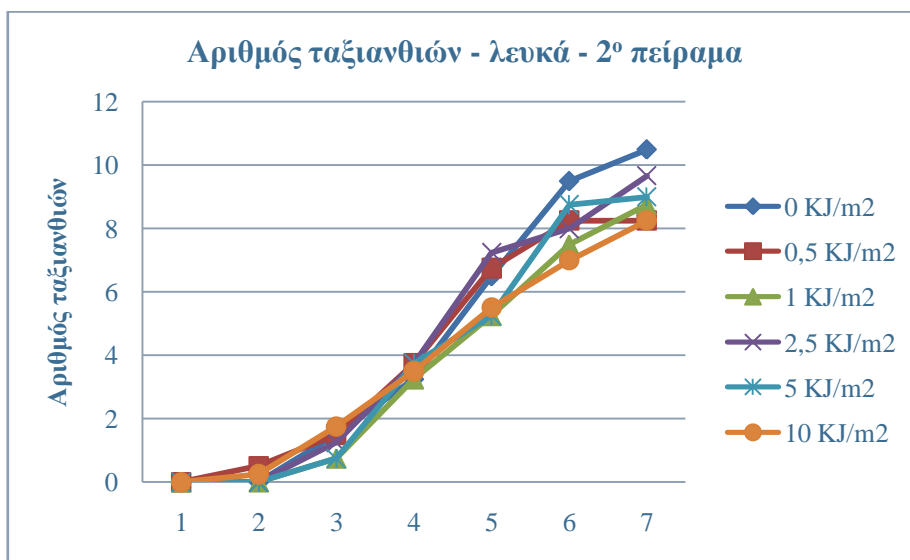
Όσο αναφορά στον αριθμό των ταξιανθιών και στα 2 πειράματα περισσότερες έχουν τα φυτά των 5 kJ/m² και ακολουθούν αυτά των 1, 2,5 και 10 kJ/m². Ενώ τις

λιγότερες τις έχουν και στις δύο περιπτώσεις τα φυτά που ακτινοβολούνται με $0,5 \text{ kJ/m}^2$ αλλά στο δεύτερο πείραμα και αυτά των $2,5 \text{ kJ/m}^2$.

Και εν συνεχεία τα λευκά γεράνια.



Γράφημα 6.11: Αριθμός ταξιανθιών, λευκών γερανιών στο 1^ο πείραμα για 9 εβδομάδες σε ακτινοβολήσεις $0,5$, 1 , $2,5$, 5 και 10 kJ/m^2 συν το μάρτυρα.



Γράφημα 6.12: Αριθμός ταξιανθιών, λευκών γερανιών στο 2^ο πείραμα για 7 εβδομάδες σε ακτινοβολήσεις $0,5$, 1 , $2,5$, 5 και 10 kJ/m^2 συν το μάρτυρα.

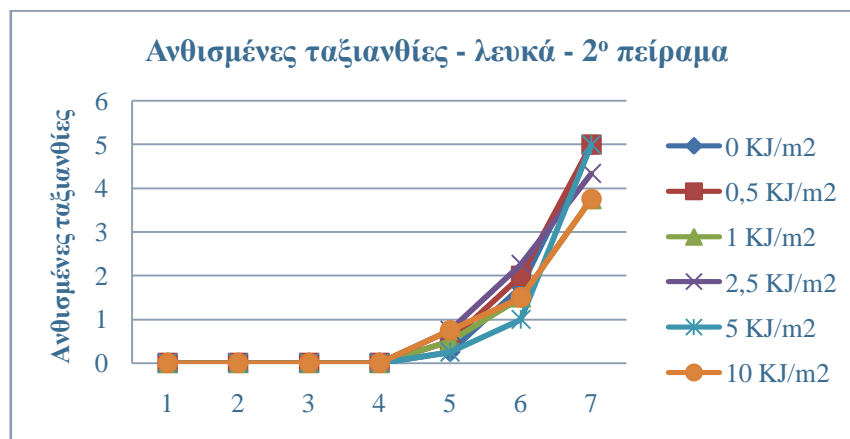
Στα λευκά γεράνια, τις λιγότερες ταξιανθίες τις έχουν και στα δύο πειράματα τα φυτά που ακτινοβολούνται με 10 kJ/m^2 και στο δεύτερο συμπίπτουν και αυτά των $0,5$

kJ/m^2 . Όμως, όσον αναφορά τις περισσότερες ταξιανθίες, δεν είναι κοινά τα αποτελέσματα. Στο πρώτο πείραμα περισσότερες έχουν τα φυτά του 1 kJ/m^2 με πολύ μικρή διαφορά από αυτά στα $0,5$ και $2,5 \text{ kJ/m}^2$ και ακολουθεί και ο μάρτυρας, ενώ στο δεύτερο πείραμα, τις περισσότερες ταξιανθίες τις έχει ο μάρτυρας και ακολουθούν τα φυτά των $2,5 \text{ kJ/m}^2$.

Όπως προαναφέρθηκε, στο δεύτερο πείραμα έγιναν μετρήσεις ως προς τις ανθισμένες ταξιανθίες ανά εβδομάδα, αλλά και για τις ημέρες μέχρι την άνθιση και στις δυο ποικιλίες.



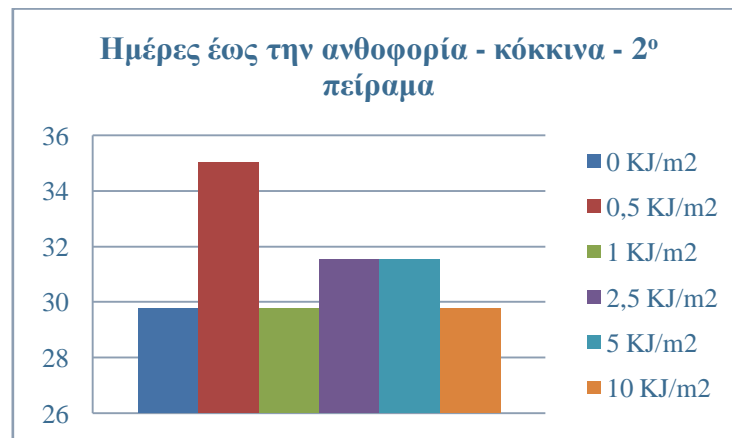
Γράφημα 6.13: Αριθμός ανθισμένων ταξιανθιών, κόκκινων γερανιών στο 2^ο πείραμα σε 7 εβδομάδες σε ακτινοβολήσεις $0,5$, 1 , $2,5$, 5 και 10 kJ/m^2 συν το μάρτυρα.



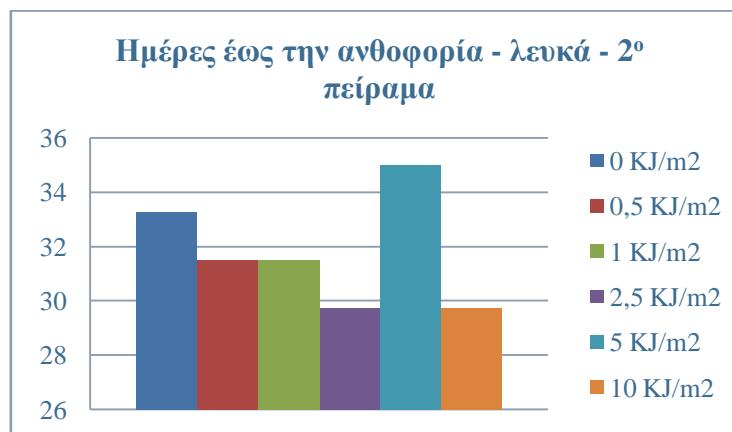
Γράφημα 6.14: Αριθμός ανθισμένων ταξιανθιών, λευκών γερανιών στο 2^ο πείραμα σε 7 εβδομάδες σε ακτινοβολήσεις $0,5$, 1 , $2,5$, 5 και 10 kJ/m^2 συν το μάρτυρα.

Φαίνεται λοιπόν στα κόκκινα φυτά, ότι ενώ περισσότερες ταξιανθίες στο ίδιο πείραμα είχαν τα φυτά στα 5 kJ/m², περισσότερες ανθισμένες ταξιανθίες είχαν τα φυτά στα 10 kJ/m². Όπως επίσης, παρατηρείται και στα δύο διαγράμματα ότι τα φυτά των 10 kJ/m² είχαν γρηγορότερα περισσότερες ανθισμένες ταξιανθίες και μετά συνέχισαν με σταθερό ρυθμό. Στα λευκά όμως συνολικά είχαν περισσότερες ανθισμένες ταξιανθίες τα φυτά των 0,5 και 5 kJ/m² μαζί με τον μάρτυρα.

Παρακάτω παρουσιάζονται και οι μέρες έως την ανθοφορία για το δεύτερο πείραμα και στις 2 ποικιλίες φυτών.



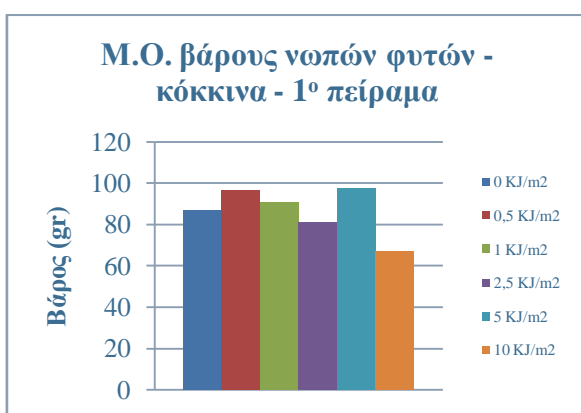
Γράφημα 6.15: Ημέρες έως την ανθοφορία, κόκκινων γερανιών στο 2^ο πείραμα σε ακτινοβολήσεις 0,5, 1, 2,5, 5 και 10 kJ/m² συν το μάρτυρα.



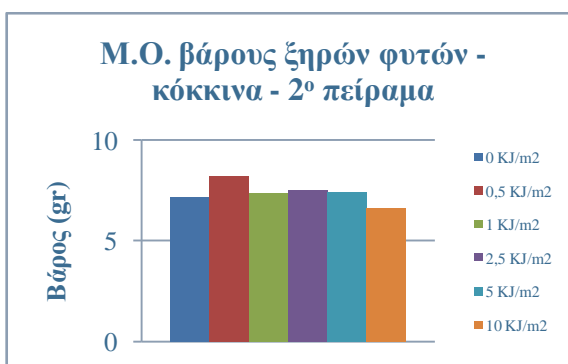
Γράφημα 6.16: Ημέρες έως την ανθοφορία, λευκών γερανιών στο 2^ο σε ακτινοβολήσεις 0,5, 1, 2,5, 5 και 10 kJ/m² συν το μάρτυρα.

Φαίνεται λοιπόν ότι στα κόκκινα γεράνια, ο μάρτυρας, τα φυτά των 1 και 10 kJ/m² άνθισαν στις ίδιες ημέρες, ενώ στα λευκά ο μάρτυρας άργησε να ανθίσει κατά πολύ σε σχέση με τα φυτά των 2,5 και 10 kJ/m², αλλά και με αυτά των 0,5 και 1 kJ/m². Και στα δύο χρώματα παρατηρούμε ότι τα φυτά των 10 kJ/m² άνθισαν νωρίτερα.

Μετά την κανονική διάρκεια των πειραμάτων, έγινε καταστροφικό πείραμα και στις δύο περιπτώσεις όπου μετρήθηκε νωπό και ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος των φυτών και αριθμός βλαστών. Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αυτά παρακάτω ανά χρώμα και στα 2 εκάστοτε πειράματα. Αρχικά εμφανίζεται το νωπό και ξηρό βάρος των κόκκινων και στα 2 πειράματα.



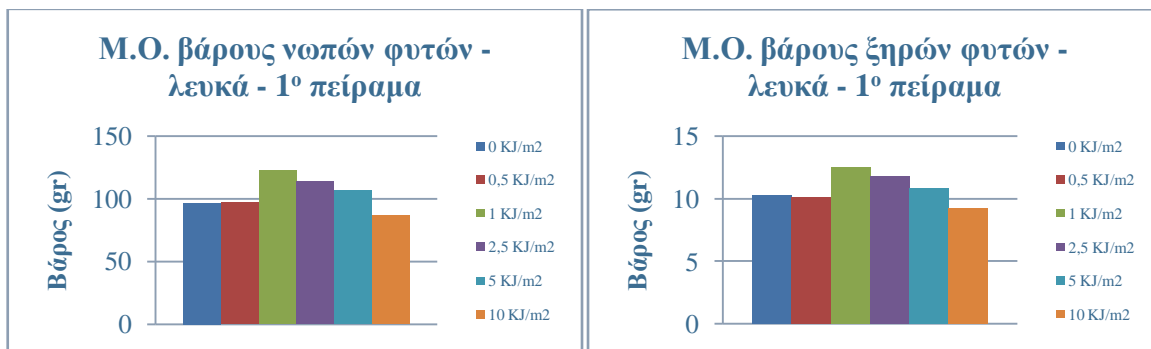
Γραφήματα 6.17 & 6.18: Μ.Ο. βάρους νωπού και ξηρού φυτού αντίστοιχα, κόκκινων γερανιών στο 1^ο πείραμα σε ακτινοβολήσεις 0,5, 1, 2,5, 5 και 10 kJ/m² συν το μάρτυρα.



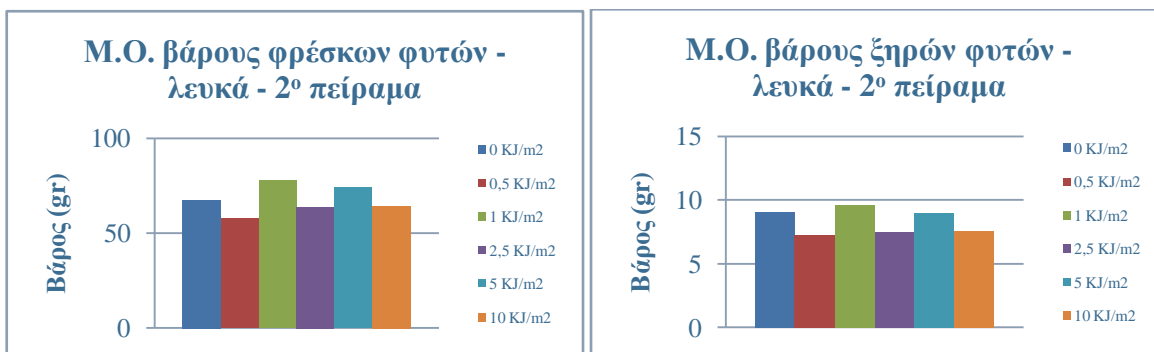
Γραφήματα 6.18 & 6.19: Μ.Ο. βάρους νωπού και ξηρού φυτού αντίστοιχα, κόκκινων γερανιών στο 2^ο πείραμα σε ακτινοβολήσεις 0,5, 1, 2,5, 5 και 10 kJ/m² συν το μάρτυρα.

Παρατηρώντας όλα τα παραπάνω διαγράμματα, φαίνεται ότι και στα δύο πειράματα το μεγαλύτερο νωπό και ξηρό βάρος το έχουν τα φυτά στο 0,5 kJ/m² και

ακολουθούν αυτά των 5 kJ/m². Σε όλες τις περιπτώσεις το μικρότερο βάρος έχουν τα φυτά στα 10 kJ/m². Επίσης παρατηρείται ότι στο 1 kJ/m² ενώ το νωπό βάρος είναι μεγαλύτερο από το μάρτυρα και στα δύο πειράματα, στο πρώτο το ξηρό φτάνει στα ίδια με το μάρτυρα και στο δεύτερο πέφτει κάτω από αυτόν. Έχει επομένως μεγάλο ποσοστό υγρασίας σε σχέση με το μάρτυρα ή ο μάρτυρας μικρότερο.



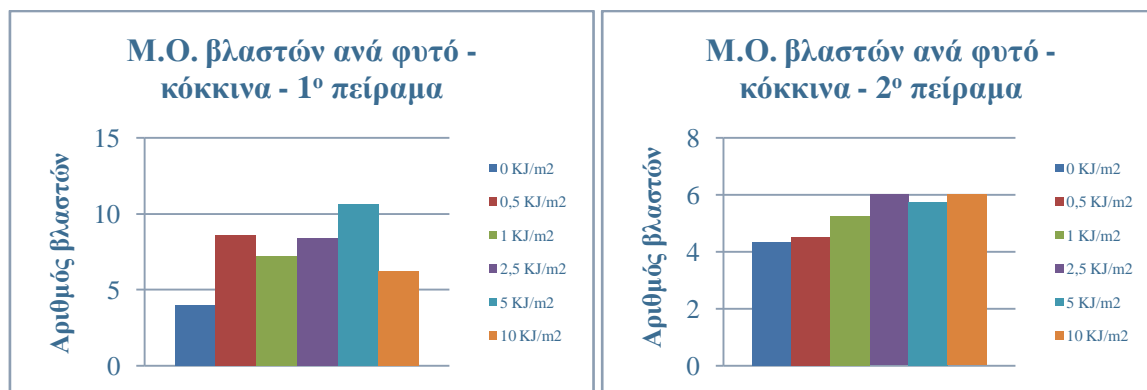
Γραφήματα 6.19 & 6.20: Μ.Ο. βάρους νωπού και ξηρού φυτού αντίστοιχα, λευκών γερανιών στο 1^ο πείραμα σε ακτινοβολήσεις 0,5, 1, 2,5, 5 και 10 kJ/m² συν το μάρτυρα.



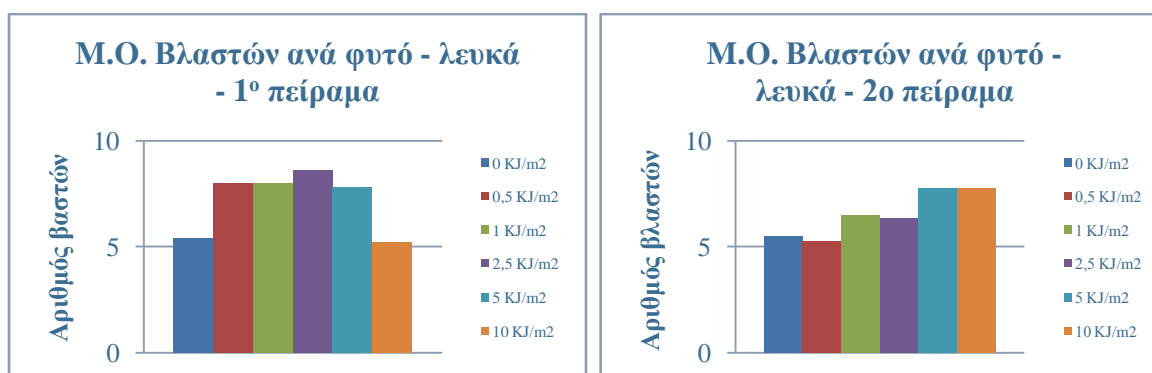
Γραφήματα 6.21 & 6.22: Μ.Ο. βάρους νωπού και ξηρού φυτού αντίστοιχα, λευκών γερανιών στο 2^ο πείραμα σε ακτινοβολήσεις 0,5, 1, 2,5, 5 και 10 kJ/m² συν το μάρτυρα.

Στη λευκή ποικιλία τα δεδομένα είναι λίγο διαφορετικά από την κόκκινη. Εδώ μεγαλύτερο βάρος έχουν και στα δύο πειράματα τα φυτά των 1 kJ/m² και σε νωπό και σε ξηρό βάρος και το μικρότερο βάρος στο πρώτο πείραμα έχουν τα φυτά στα 10 kJ/m² όπως συμβαίνει και την κόκκινη ποικιλία, αλλά στο δεύτερο πείραμα τα φυτά στα 0,5 kJ/m², αν και είναι κοντά με τα 2,5 και 10 kJ/m².

Τέλος, μετρήθηκαν και οι βλαστοί σε κάθε φυτό γιατί φαινόταν μακροσκοπικά ότι κάποια φυτά είχαν μικρότερο ύψος, αλλά μεγαλύτερο ποσοστό φυτικών ιστών. Έτσι παρουσιάζονται και τα παρακάτω αποτελέσματα.



Γραφήματα 6.23 & 6.24: Μ.Ο. βλαστών ανά φυτό, κόκκινων γερανιών στο 1^ο και στο 2^ο πείραμα σε ακτινοβολήσεις 0,5, 1, 2,5, 5 και 10 kJ/m² συν το μάρτυρα.



Γραφήματα 6.25 & 6.26: Μ.Ο. βλαστών ανά φυτό, λευκών γερανιών στο 1^ο και στο 2^ο πείραμα σε ακτινοβολήσεις 0,5, 1, 2,5, 5 και 10 kJ/m² συν το μάρτυρα.

Στο πρώτο πείραμα και στις δυο ποικιλίες φαίνεται ο μάρτυρας και τα φυτά των 10 kJ/m² να έχουν πολύ λιγότερους βλαστούς από τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις και εκείνες με τη σειρά τους πιο όμοια αποτελέσματα. Στο δεύτερο πείραμα όμως φαίνεται να υπάρχει μια αναλογία ως προς την ακτινοβολήση και τους βλαστούς. Όσο μεγαλύτερη ακτινοβολήση τόσο περισσότεροι βλαστοί. Ουσιαστικά στα δύο πειράματα η μεγάλη διαφορά είναι εκείνη των φυτών των 10 kJ/m² που στο 1^ο πείραμα είχαν από τους λιγότερους βλαστούς και στο δεύτερο από τους περισσότερους. Και ως προς το χρώμα πάλι δεν είναι ξεκάθαρη ποια είναι η επιρροή της ακτινοβολήσης και στα δυο πειράματα.

Σε όλες τις μεταχειρίσεις όμως, υπάρχει έντονη διαφορά στον αριθμό των βλαστών σε σχέση με αυτούς των μαρτύρων.

Προσπαθώντας να αποκρυπτογραφηθούν τα αποτελέσματα των πειραμάτων συνολικά, πρέπει πρώτα να γίνει και μια διευκρίνιση ως προς τις ποικιλίες. Φαίνεται ότι η ποικιλία *Glacis* (λευκά) ανταποκρίνεται διαφορετικά στις ακτινοβολήσεις από την *Victor* (κόκκινα) και αυτό οφείλεται και στο γεγονός ότι δεν έχουν ίδιο γενότυπο (Darras *et al.* 2012a, Darras *et al.* 2012c).

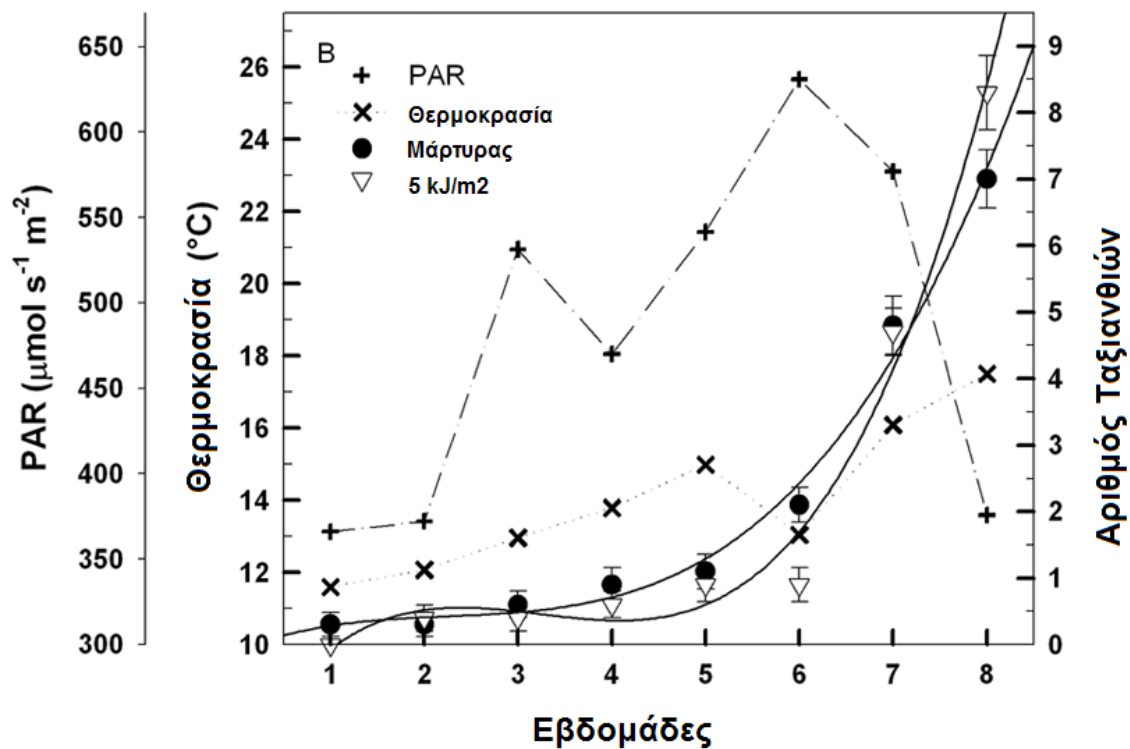
Ως προς το ύψος, το μικρότερο και στις δύο ποικιλίες το έχουν τα φυτά που ακτινοβολούνται με 10 kJ/m² σε όλα τα πειράματα, που δείχνει ότι όση περισσότερη ακτινοβολία δέχονται τόσο μικραίνει και το ύψος, αφού και το μέγιστο ύψος στα κόκκινα είναι στο 1 kJ/m² και στα λευκά τα 0,5 και 5 kJ/m² αντίστοιχα στα 2 πειράματα. Επομένως φαίνεται ότι επηρεάζονται από την ακτινοβολία και μάλιστα σχεδόν αναλογικά. Αυτό πιθανότερα οφείλεται σε διάφορες πρωτεϊνικές διεργασίες (αφού και το φως το απορροφούν φωτοδέκτες – χρωμοπρωτεΐνες) που γίνονται εσωτερικά των φυτών και όχι τόσο σε μεταλλάξεις του DNA των φυτών, μιας και θα ήταν απίθανο να συμβαίνουν τόσες πολλές και αναλογικές σε ένα μόνο πείραμα.

Έπειτα όμως, στη λευκή ποικιλία (*Glacis*), ως προς τον αριθμό των φύλλων, φαίνεται μια αντιστροφή των αποτελεσμάτων από τα περισσότερα του 0,5 kJ/m² στα λιγότερα των 10 kJ/m² μιας και στο επόμενο πείραμα ισχύει το αντίθετο. Ίσως επομένως να μην επηρεάζονται τόσο τα φυτά της ποικιλίας αυτής ως προς τον αριθμό των φύλλων. Ενώ στη λευκή ποικιλία, και στις δύο περιπτώσεις τα περισσότερα φύλλα τα έχουν τα φυτά στο 1 kJ/m² με διαφορά και τα λιγότερα ο μάρτυρας. Δεν δρα αναλογικά η ακτινοβολία με τον αριθμό των φύλλων ούτε στη λευκή ποικιλία, αλλά κάτι συμβαίνει στο 1 kJ/m² και έχει περισσότερα φύλλα από τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις στην ποικιλία αυτή. Σε αντίστοιχα πειράματα (Tardif and Dansereau 1993, Αργυροπούλου 2013) έχει φανεί ότι ακτινοβολημένα φυτά με UV-C στα 2,5 kJ/m² ή απλώς HPS (high pressure sodium) λάμπες, ο αριθμός των φύλλων και η φυλλική επιφάνεια μειώθηκε σε σχέση με τους μάρτυρες. Σε αυτή την περίπτωση όμως δε φαίνεται μείωση. Ίσως μη συσχέτιση και στην περίπτωση του 1 kJ/m² και αρκετή αύξηση.

Επίσης, και στον αριθμό ταξιανθιών, η λευκή ποικιλία φαίνεται ότι επηρεάζεται αρνητικά στα 10 kJ/m² που έχουν το μικρότερο αριθμό ταξιανθιών, αλλά και οι υπόλοιπες μεταχειρίσεις δεν έχουν θετικό αποτέλεσμα μιας και ο μάρτυρας είναι αυτός με τις περισσότερες ή ίσες ταξιανθίες με τα υπόλοιπα φυτά. Αντίθετα στην κόκκινη ποικιλία, αν και η διαφοροποίηση στο πρώτο πείραμα γίνεται την 6η εβδομάδα (πιθανόν λόγω

χαμηλών θερμοκρασιών) και στο δεύτερο την 2η, τα φυτά των 5 kJ/m² έχουν περισσότερες ταξιανθίες, αν και τα φυτά στα 10 kJ/m² έχουν σταθερά ανοδική πορεία σε σχέση με όλα τα υπόλοιπα. Άρα φαίνεται ότι η Victor και πάλι ανταποκρίνεται και μάλιστα θετικά, μιας και τα ακτινοβολημένα φυτά έχουν περισσότερες ταξιανθίες. Εδώ, σε σχέση με τα πειράματα που έγινε η σύγκριση και νωρίτερα (Tardif and Dansereau 1993, Αργυροπούλου 2013) φαίνεται να υπάρχει αναλογική σχέση μιας και στις 2 περιπτώσεις ακτινοβολημένα φυτά είχαν περισσότερες ταξιανθίες από τους μάρτυρες.

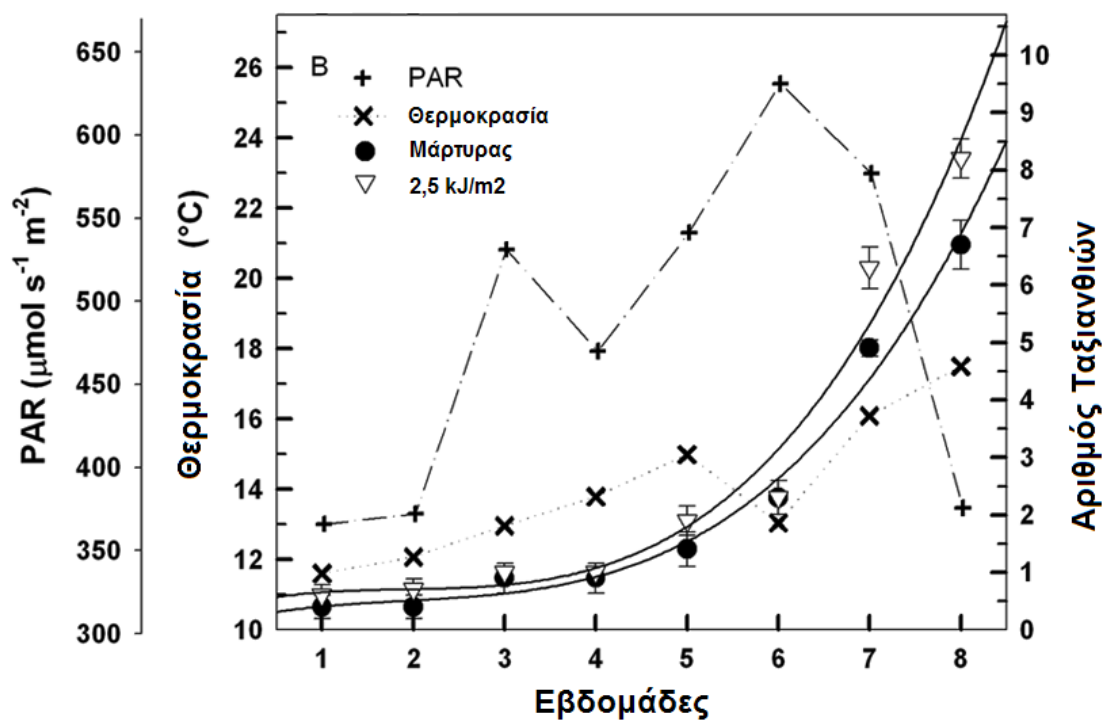
Σε αυτό το σημείο γίνεται μια προσπάθεια σύγκρισης φυτών που είχαν την ελάχιστη δυνατή ακτινοβολία με θετικό αποτέλεσμα, με τα φυτά του μάρτυρα, ως προς την πορεία του αριθμού των ταξιανθιών με το χρόνο, αλλά και με παράγοντες όπως η θερμοκρασία και το PAR (φωτοσυνθετικά ενεργός ακτινοβολία) με στοιχεία από τον Μετεωρολογικό Σταθμό του ΤΕΙ Καλαμάτας, κατά την περίοδο εκείνη με εβδομαδιαίες μετρήσεις. Έτσι, για την ποικιλία Victor (κόκκινα) χρησιμοποιείται η δόση των 5 kJ/m² και για την ποικιλία Glacis (λευκά) χρησιμοποιούνται τα 2,5 kJ/m².



Γράφημα 6.27: Ο αριθμός των ταξιανθιών των φυτών της ποικιλίας Victor (κόκκινα) στα 5 kJ/m² και των μαρτύρων σε συνάρτηση με τον χρόνο (εβδομάδες) αλλά και την εβδομαδιαία θερμοκρασία και PAR που επικρατούσαν την αντίστοιχη περίοδο στην περιοχή (Πηγή: Darras *et al.*, 2012a).

Φαίνεται λοιπόν ότι μετά την έβδομη εβδομάδα έχει ανοδική πορεία και μάλιστα καλύτερη από του μάρτυρα, τη στιγμή που η θερμοκρασία την προηγούμενη εβδομάδα είχε πέσει αρκετά και το PAR είχε μεγάλη άνοδο. Άρα φαίνεται ότι όντως υπάρχει συσχέτιση του αριθμού ταξιανθιών με τη θερμοκρασία και τη φωτοσυνθετικά ενεργό ακτινοβολία αλλά και στις δύο περιπτώσεις, όχι μόνο στα ακτινοβολημένα φυτά. Γενικά, φαίνεται ότι η PAR παίζει σπουδαίο ρόλο στην προώθηση της ανάπτυξης του γερανιού και σε μικρότερη έκταση και στην άνθιση του είδους αυτού (Darras *et al.*, 2012a).

Στην ποικιλία Glacis (λευκά) χρησιμοποιήθηκε για την αντίστοιχη πιθανή συσχέτιση η δόση των 2,5 kJ/m² και παρατίθεται το γράφημα παρακάτω.



Γράφημα 6.28: Ο αριθμός των ταξιανθιών των φυτών της ποικιλίας Glacis (λευκά) στα 2,5 kJ/m² και των μαρτύρων σε συνάρτηση με τον χρόνο (εβδομάδες) αλλά και την εβδομαδιαία θερμοκρασία και PAR που επικρατούσαν την αντίστοιχη περίοδο στην περιοχή (Πηγή: Darras *et al.*, 2012a).

Σε αυτή την περίπτωση φαίνεται από την αρχή μία ομοιομορφία ως προς την αύξηση του αριθμού ταξιανθιών, με τα ακτινοβολημένα φυτά πάντα να υπερέχουν λίγο. Πάλι τη στιγμή που έχει προηγηθεί μείωση της θερμοκρασίας και αύξηση της PAR αρχίζει να αυξάνεται κατά πολύ ο αριθμός ταξιανθιών και ίσως να επηρεάζει τα ακτινοβολημένα

περισσότερο μιας και μεγαλώνει η απόσταση των καμπυλών του διαγράμματος. Άλλωστε γνωρίζουμε ότι το συνολικό ποσό της ενέργειας που προσπίπτει στη φυλλική επιφάνεια μετά από ακτινοβολία UV-C είναι μεγάλο και μπορεί να προκαλέσει αντίδραση υψηλής ακτινοβολίας (HIR: High Irradiance Response) η οποία βοηθάει στην ανάπτυξη και την εξέλιξη του φυτού μέσω ενός σαφώς διαφορετικού φωτοσυνθετικού μονοπατιού (Darras *et al.* 2012a, Darras *et al.* 2014). Αυτό σε συνδυασμό με τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες φαίνεται να επηρεάζει το φυτό ως προς τον αριθμό ταξιανθιών, που είναι και το ζητούμενο η αύξησή του.

Όσο αναφορά τον αριθμό ανθισμένων ταξιανθιών, τα αποτελέσματα της Glacis είναι ανάλογα με αυτά των αριθμών των φύλλων, όπου ο μάρτυρας με τα φυτά των 0,5 και 5 kJ/m² έχουν τις περισσότερες ανθισμένες ταξιανθίες και τα φυτά στα 10 kJ/m² τις λιγότερες. Αλλά και πάλι, αφού ο μάρτυρας είναι στις περισσότερες ταξιανθίες ανθισμένες δε φαίνεται να επηρεάζονται τα φυτά ως προς την άνθιση ή τουλάχιστον θετικά. Αντίθετα, στα κόκκινα γεράνια, υπάρχει μια αναλογική σχέση της ακτινοβολίας με τις ανθισμένες ταξιανθίες. Όσο περισσότερη ακτινοβολία δέχονταν, τόσες περισσότερες ταξιανθίες ήταν ανθισμένες, με τα φυτά των 10 kJ/m² να έχουν τις περισσότερες, τα φυτά των 0,5 kJ/m² τις λιγότερες με τον μάρτυρα να ακολουθεί. Κάτι αντίστοιχο συνέβη και σε φυτά *impatiens* που δέχονταν ακτινοβολήσεις UV-C όπως και τα γεράνια, όπου τα ακτινοβολημένα φυτά είχαν περισσότερες ανθισμένες ταξιανθίες, ενώ αντίθετα, φυτά πετούνιας είχαν αρνητικά αποτελέσματα μιας και οι μεγάλες δόσεις ακτινοβολίας προκάλεσαν εγκαύματα και συμπτώματα καψίματος των φυτών (Darras *et al.*, 2012c).

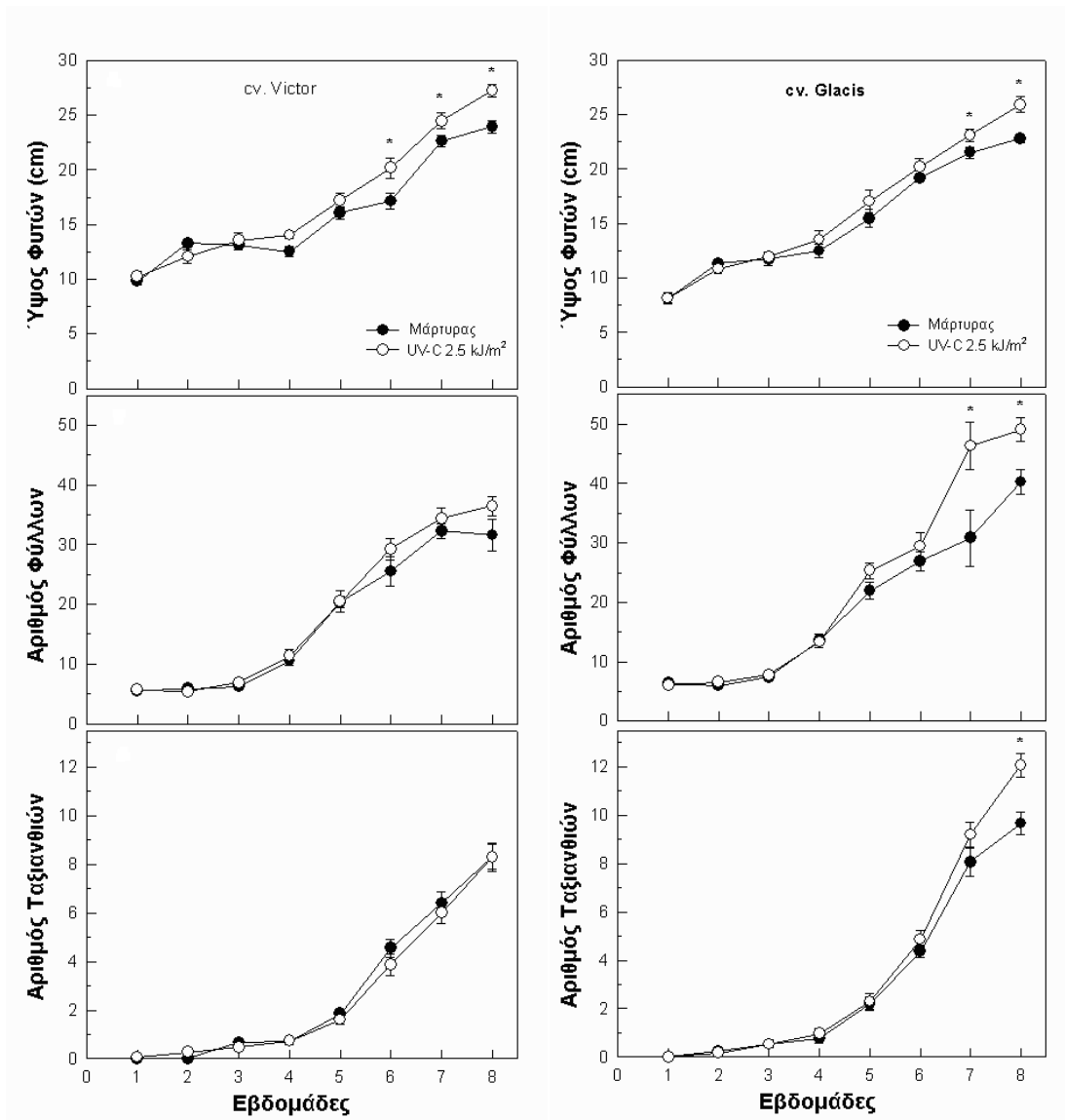
Πέραν όμως από το πόσες ανθισμένες ταξιανθίες είχε το κάθε φυτό σημασία έχει και πότε άρχισαν να ανθίζουν σε σχέση με το μάρτυρα, όπου στην περίπτωση των κόκκινων γερανιών τα φυτά των 1 και 10 kJ/m² άνθισαν μαζί με τον μάρτυρα, αλλά τα φυτά στα 0,5 kJ/m² χρειάστηκαν 5 ημέρες περίπου παραπάνω για να αρχίζουν ανθίσουν. Φαίνεται ότι το 0,5 kJ/m² δρα αρνητικά στην ποικιλία Victor τόσο στο χρόνο για την άνθιση όσο και στον αριθμό των ανθισμένων ταξιανθιών, στον αριθμό ταξιανθιών γενικά αλλά και στον αριθμό των φύλλων. Όπου αυτά έχουν και μεταξύ τους συσχέτιση, διότι όσο μικρότερη φυλλική επιφάνεια, τόσο μικρότερη και η φωτοσυνθετική δραστηριότητα, που είναι απαραίτητη για την άνθιση. Η άνθιση ούτως ή άλλως, φαίνεται να ελέγχεται από διάφορα μονοπάτια, τα οποία προσδιορίζονται από το περιβάλλον στο οποίο μεγαλώνει το φυτό αλλά και από το στάδιο ανάπτυξής του (Amasino *et al.*, 1996). Είναι επομένως μια πολύπλοκη διαδικασία στην οποία όμως φαίνεται ότι και η ακτινοβολία UV-C είναι παράγοντας που την επηρεάζει. Από την άλλη, τα φυτά της ποικιλίας Glacis, άνθισαν

γρηγορότερα αυτά που ακτινοβολούνταν με 2,5 και 10 kJ/m² ενώ τα φυτά στα 5 kJ/m² άνθισαν τελευταία. Εδώ φαίνεται ότι ενώ τα φυτά στα 2,5 kJ/m² είχαν σχεδόν τον ίδιο αριθμό ταξιανθιών με το μάρτυρα, άνθισαν γρηγορότερα. Όπως και στα 10 kJ/m² που είχαν τον μικρότερο αριθμό ταξιανθιών. Επομένως μπορεί να είχαν λίγες σχετικά ταξιανθίες, αλλά το να ανθίσουν γρηγορότερα είναι σημαντική διαφορά σε σχέση με το μάρτυρα.

Ως προς το συνολικό μέγεθος του φυτού, δηλαδή η μέτρηση του βάρους του υπέργειου τμήματος των φυτών, είχε αξιολογημένα αποτελέσματα, μιας και τα φυτά στα 0,5 και 5 kJ/m² στη ποικιλία Victor, όσο και τα φυτά στο 1 kJ/m² είχαν μεγαλύτερο βάρος κατά πολύ από τους μάρτυρες. Ενώ και στις δύο ποικιλίες τα φυτά στα 10 kJ/m² είχαν το μικρότερο βάρος. Φαίνεται συνολικά ότι τα φυτά στα 10 kJ/m² έχουν μικρότερο μέγεθος, παρά τα μεγάλα ποσά ενέργειας που δεχόντουσαν. Γίνανε φυτά κοντά σε ύψος, με λίγες ταξιανθίες και μικρό βάρος αν και στην περίπτωση των κόκκινων γερανιών άνθισαν και γρηγορότερα. Φαίνεται λοιπόν ότι η ακτινοβολήση τα επηρέασε αρκετά και θυμίζουν τη μορφή του φυτού *Arabidopsis thaliana* όταν ακτινοβολούνταν με UV-B (Hectors *et al.*, 2007).

Και τέλος, ως προς τους πλάγιους βλαστούς, φαίνεται και στις δύο ποικιλίες ότι τους λιγότερους τους έχουν οι μάρτυρες, ενώ τους περισσότερους και στις δύο ποικιλίες τα φυτά στα 2,5 και 5 kJ/m² και ακολουθούν και οι υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Η ακτινοβολήση επομένως έκανε τα φυτά να αναπτύξουν πλάγιους βλαστούς και να μείνουν σε ένα κοντότερο ύψος, δηλαδή ένα πιο κοντό και συμπαγές φυτό σε σχέση με το μάρτυρα. Όπου σε κάποιες περιπτώσεις έχει περισσότερες ταξιανθίες και ανθίζει και γρηγορότερα.

Συγκεντρωτικά, φαίνεται οι μικρότερες περισσότερο-αποτελεσματικές δόσεις ακτινοβολήσης να είναι αυτές στα 1 και 2,5 kJ/m² βάσει όλων των παραπάνω (Darras *et al.* 2012a, Darras *et al.* 2012 c). Στην ποικιλία Glacis για παράδειγμα, στα 2,5 kJ/m² ο αριθμός των πλάγιων βλαστών είναι 64% μεγαλύτερος από του μάρτυρα και ο αριθμός των ταξιανθιών 75% μεγαλύτερος (Darras *et al.*, 2012c). Αυτό βέβαια συμβαίνει μόνο στα γεράνια σε αυτή τη δόση μιας και αντίστοιχα σε πετούνιες τα 2,5 kJ/m² ήταν καταστροφικά μιας και κάηκαν (Darras *et al.*, 2012c). Έτσι, γίνεται μια ολοκληρωτική προσέγγιση και για τις δύο ποικιλίες του γερανιού που χρησιμοποιήθηκαν, στα 2,5 kJ/m² σε σχέση με το μάρτυρα και παρατίθενται παρακάτω.



Γράφημα 6.29: Επίδραση της υπερϊώδους ακτινοβολίας UV-C στα 2,5 kJ/m² στην ανάπτυξη και την άνθιση φυτών γερανιού (Πηγή: Darras *et al.*, 2012a).

Όπως φαίνεται και από τα γραφήματα, τα 2,5 kJ/m² έχουν καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με τον μάρτυρα, όχι τόσο εμφανή τις πρώτες εβδομάδες, αλλά όσο τα φυτά αναπτυσσόταν.

Αξίζει να σημειωθούν, πέρα από τις μετρήσεις, και κάποιες άλλες μορφολογικές μεταβολές που εμφάνισαν τα φυτά.

Πρώτον, τα φυτά στα 10 kJ/m² μετά από τις ακτινοβολήσεις εμφάνιζαν συστροφή των φύλλων τους προς τα πάνω, σχεδόν σε κάθετη θέση με το βλαστό (εικόνα 6.1). Αυτό λογικά ήταν μια άμεση άμυνα του φυτού στο μεγάλο μέγεθος ενέργειας που έπεφτε στα φύλλα του. Με την κίνηση αυτή δηλαδή απέτρεπε το σύνολο της ακτινοβολίας να πέφτει

κάθεται στην επιφάνεια των φύλλων και να προκαλείται φωτοσύνθεση, κάτι αντίστοιχο με τα φύλλα της ακακίας που κλείνουν στον αέρα για να μη χάνουν υγρασία με τη διαπνοή. Το φαινόμενο αυτό εμφανίστηκε μόνο στα φυτά των 10 kJ/m² και στις δύο επαναλήψεις των πειραμάτων και στις δύο ποικιλίες και μετά από 10 με 15 λεπτά τα φύλλα επαναφέρονταν.



Εικόνα 6.1: Φυτά στα 10 kJ/m² ακριβώς μετά από την ακτινοβόληση όπου τα φύλλα τους έχουν συστραφεί προς τα πάνω.

Η δεύτερη μορφολογική μεταβολή που εμφανίστηκε και μάλιστα ήταν μόνιμη, σε σχέση με τη συστρόφη των φύλλων που ήταν παροδική, ήταν η εμφάνιση φύλλων διαφορετικών από αυτά του γερανιού. Πρόκειται για φύλλα που φαίνονται σαν ένα κανονικό, αλλά διχοτομημένο (εικόνα 6.2), αν και με περισσότερη παρατήρηση παρατηρείται ότι είναι δύο φύλλα εκφυόμενα από ένα μίσχο (εικόνες 6.3 και 6.4) που χωρίζεται στη μέση. Κάτι αντίστοιχο είχε καταγράψει και ο Masters (1869) στο βιβλίο του *Vegetable Teratology*, όπου διευκρινίζει ότι δε πρόκειται για ένα διχοτομημένο φύλλο, αλλά για δύο φύλλα σε ένωση-σύζευξη (εικόνα 6.5). Το φαινόμενο αυτό εμφανίστηκε σε φυτά που ήταν ακτινοβολημένα με 2,5 kJ/m² και άνω και καθόλου σε μάρτυρες. Γνωρίζουμε από τη βοτανική (Γαλάτης *et al.*, 1998), ότι μπορεί να υπάρχουν φύλλα διαφορετικά από τα πρώτα στο ίδιο φυτό και αυτό είναι αποτέλεσμα διαφορετικών συνθηκών που επικρατούν κατά τη δημιουργία του φύλλου (ετεροφυλλία). Όπως επίσης, ότι το μήκος κύματος προκαλεί μεταβολές στα αναπτυσσόμενα φύλλα αλλά και ότι το διαφορετικό μέγεθος ή η συμμετρία του φύλλου καθορίζεται από γενετικούς παράγοντες αλλά η εκδήλωσή της επηρεάζεται από το περιβάλλον (ανισοφυλλία) (Γαλάτης *et al.*,

1998). Επομένως είναι εμφανές ότι πρόκειται για μια φαινοτυπική διαφορά η οποία προκλήθηκε από εξωτερικούς-περιβαλλοντικούς παράγοντες, με πιθανότερο την ακτινοβολία UV-C και μάλιστα σε ποσότητα άνω των 2,5 kJ/m².



Εικόνα 6.2: Φύλλο γερανιού που διαφέρει από τα κανονικά και φαίνεται διχτομημένο, σε ακτινοβολημένο φυτό.



Εικόνα 6.3: Φύλλο γερανιού που φαίνεται να είναι δύο φύλλα ενωμένα σε ένα μίσχο, σε ακτινοβολημένο φυτό.



Εικόνα 6.4: Φύλλα που έχουν εμφανίσει διμορφισμό, αποκομμένα από τα φυτά, πως φαίνονται από πάνω, που φαίνονται σα διχοτομημένα, αλλά και πως φαίνονται από το πλάι, που φαίνεται ότι η διχοτόμηση (ή η συγκόλληση) γίνεται στο μίσχο και όχι στο φύλλο.



Εικόνα 6.5: Φύλλο γερανιού, όπως το απεικονίζει ο Masters (1869) στο βιβλίο του Vegetable Teratology, εφόσον το κατέγραψε από τον κήπο του.

Φαίνεται επομένως ότι η διαφοροποίηση που εμφανίστηκε στη διάρκεια των πειραμάτων είχε καταγραφεί και στο παρελθόν. Πρόκειται πιθανότερα για μια ακόμα μορφολογική αντίδραση του φυτού στην ακτινοβολία που δεχόταν, αν και βέβαια δε το εμφάνισαν όλα τα φυτά αυτό.

Και η τελευταία διαφορά στη μορφολογία των φυτών που παρατηρήθηκε, αλλά όχι σε μεγάλο βαθμό, ήταν η διαφορά στο ύψος των ταξιανθιών σε ακτινοβολημένα φυτά από 5 kJ/m² και άνω. Εμφανίστηκαν ταξιανθίες με κοντότερο μίσχο που άνθιζαν κάτω από την φυλλική επιφάνεια ή πολύ κοντά σε αυτή, σε φυτά που είχαν ήδη κανονικές ταξιανθίες.

Δηλαδή φυτά που μπορεί να είχαν ύψος συνολικά όσο των μαρτύρων, εμφάνισαν ταξιανθίες κοντύτερες, όπως φαίνεται και στην εικόνα 6.6.



Εικόνα 6.6: Φυτό της ποικιλίας Victor που ακτινοβολούνταν με 10 kJ/m^2 και εμφάνισε ανθισμένη ταξιανθία κάτω από τα φύλλα, πολύ κοντύτερη από τις κανονικές του που εξέχουν από τη φυλλική επιφάνεια

Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω αποτελέσματα, φαίνεται ότι η ακτινοβολήση επηρεάζει τα φυτά μορφολογικά. Τόσο μικρές μορφολογικές διαφορές, όσο η διαφοροποίηση κάποιων φύλλων σπάνια, όσο και διαφορές συνολικά στο ύψος, στο βάρος, στον αριθμό ταξιανθιών αλλά και στην άνθιση των φυτών. Λόγω του ότι τα φυτά μένουν εκτεθειμένα στο περιβάλλον που βρίσκονται χωρίς να μπορούν να μετακινηθούν, αναπτύσσουν φαινοτυπικές διαφοροποιήσεις για να μπορούν να επιβιώνουν στο περιβάλλον που τους παρέχεται (BrodI, 1990). Έτσι φαίνεται ότι η ακτινοβολήση με UV-C σε αρκετές περιπτώσεις είχε θετική επίδραση στα φυτά με μικρότερες περισσότερο-αποτελεσματικές δόσεις ακτινοβολήσης αυτές στα 1 και 2,5 kJ/m^2 (Darras *et al.* 2012a, Darras *et al.* 2012 c).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο - ΠΟΛΛΑΠΛΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 1 kJ/m² UV-C ΣΕ ΦΥΤΑ ΓΕΡΑΝΙΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΝΘΙΣΗ (ΦΩΤΟΜΟΡΦΟΓΕΝΕΣΗ)

7.1. Περίληψη

Αν και η ακτινοβολία UV-C απορροφάται από το στρώμα του όζοντος και δεν επηρεάζει τους οργανισμούς που ζουν στην επιφάνεια της γης, χρησιμοποιείται συχνά τεχνητά για την απολυμαντική της ιδιότητα. Σε αυτό το πείραμα γίνεται μια προσέγγιση της χρήσης της ακτινοβολίας αυτής σε συχνότερες και μη εφαρμογές της σε φυτά σε γλάστρα, κατά την καλλιέργεια, για να φανούν τυχόν μεταβολές στην ανάπτυξη και στην άνθιση των φυτών και κατά πόσο επηρεάζονται από τη συχνότητα των μεταχειρίσεων αυτών. Έτσι, γεράνια (*Pelargonium x hortorum*) φυτεμένα σε γλάστρες, ποικιλιών “Victor” και “Glacis” ακτινοβολούνταν 3 φορές την εβδομάδα, 2 φορές την εβδομάδα, 1 φορά κάθε εβδομάδα και 1 φορά κάθε δεύτερη. Παίρνονταν μετρήσεις που αφορούσαν στο ύψος, τον αριθμό φύλλων, τον αριθμό ταξιανθιών, τον αριθμό ανθισμένων ταξιανθιών καθώς και τις μέρες έως την άνθιση, το νωπό και ξηρό βάρος και τον αριθμό των βλαστών μετά από 7 εβδομάδες που διήρκησε το πείραμα. Έχοντας επομένως τα αποτελέσματα όλων αυτών των μετρήσεων φαίνεται ότι τα φυτά που ακτινοβολούνταν περισσότερο είχαν και μεγαλύτερη διαφορά από τα φυτά που δεν δέχονταν ακτινοβολία. Συγκεκριμένα, ήταν κοντότερα, με περισσότερα φύλλα και ταξιανθίες, άνθισαν νωρίτερα και είχαν μεγαλύτερο βάρος και περισσότερους βλαστούς ειδικά στην περίπτωση των φυτών που δέχονταν ακτινοβολία 3 φορές την εβδομάδα και 1 φορά την εβδομάδα. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι με τη χρήση ακτινοβολίας UV-C μία φορά την εβδομάδα θα μπορούσαν να παραχθούν φυτά με μεθόδους πιο φιλικές προς το περιβάλλον και ίσως πιο οικονομικές.

7.2. Σκοπός πειράματος

Σε όλα τα πειράματα με ακτινοβολήσεις που είχαν διενεργηθεί έως τώρα στο γεράνι, γινόταν ακτινοβολήση μια φορά την εβδομάδα (κάθε 7 ημέρες). Έτσι γεννήθηκε η απορία του τι θα συνέβαινε αν γινότουσαν πιο πυκνές ή πιο αραιές οι ακτινοβολήσεις. Ως τιμή ακτινοβολήσης επιλέχθηκε το 1 kJ/m² γιατί ήταν η μικρότερη δυνατή δόση που είχε χρησιμοποιηθεί και είχε κάποιο αποτέλεσμα διαφορετικό του μάρτυρα και θετικό ως προς την εμπορικότητα του είδους. Έτσι με αυτό το πείραμα θα φανεί αν η συχνότητα των ακτινοβολήσεων επηρεάζει τα φυτά και με ποιόν τρόπο στην ανάπτυξη και την άνθισή τους.

7.3 Υλικά και μέθοδος

Στο πείραμα αυτό, όπως και στα υπόλοιπα, χρησιμοποιήθηκαν γεράνια *P. x hortorum* δύο ποικιλιών, κόκκινα (Victor) και λευκά (Glacis), από 7 σε κάθε χρώμα. Εδώ η ακτινοβολήση γίνονταν πάντα με 1 kJ/m^2 λόγω του ότι φαίνεται να είναι η μικρότερη δυνατή ακτινοβολήση που έχει θετικό αποτέλεσμα από τα προηγούμενα πειράματα. Οι ακτινοβολήσεις χωρίστηκαν σε 4 διαφορετικές μεταχειρίσεις συν το μάρτυρα. Υπήρχαν φυτά που ακτινοβολούνταν 3 φορές-ημέρες την εβδομάδα (3 d/w), 2 φορές την εβδομάδα (2 d/w), κάθε εβδομάδα (e.w.) και κάθε 2^η εβδομάδα (e.2w.). Το σύνολο των φυτών αυτού του πειράματος, ήταν επομένως 35 φυτά, όπου τόσα ήταν και στο καταστροφικό πείραμα. Διήρκεσε 7 εβδομάδες, με πρώτη μέτρηση και ακτινοβολήση στις 10 Ιουνίου 2011 και τελευταία στις 22 Ιουλίου του ίδιου έτους. Οι μετρήσεις γίνονταν μία φορά την εβδομάδα, πρωινή ώρα (Παρασκευή) και ακτινοβολήσεις ανάλογα τις φορές που είχε να ακτινοβοληθεί κάθε φυτό, Δευτέρα – Τετάρτη – Παρασκευή.

Οι μετρήσεις που έγιναν σε αυτό το πείραμα αφορούν τις μορφολογικές τους διαφορές και έτσι είναι το ύψος, ο αριθμός φύλλων, ο αριθμός ταξιανθιών, ο αριθμός ανθισμένων ταξιανθιών, οι ημέρες έως την άνθιση και στο καταστροφικό πείραμα, νωπό και ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος καθώς και αριθμός βλαστών.

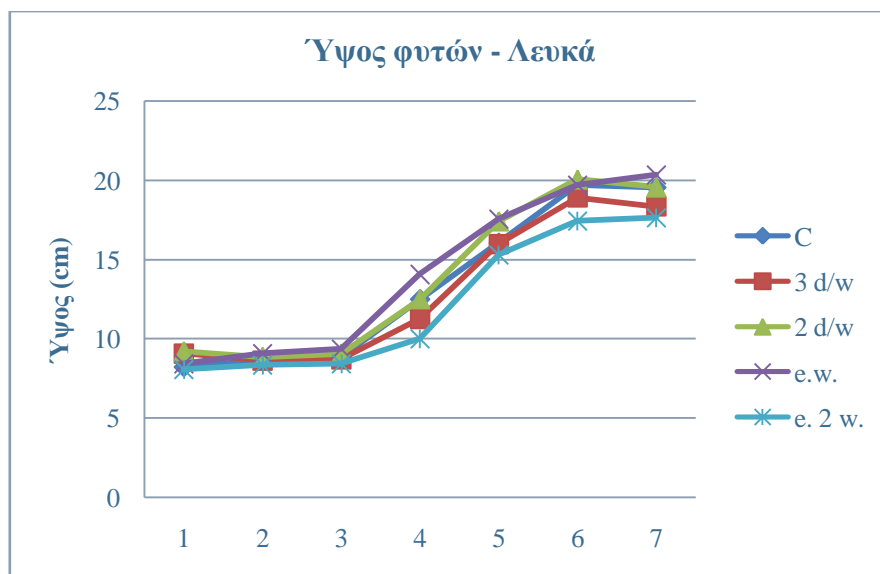
7.4. Αποτελέσματα – Συζήτηση

Τα αποτελέσματα του πειράματος αυτού θα παρατεθούν παρακάτω, ανά μέτρηση και στα 2 χρώματα και θα γίνεται μικρή περιγραφή του κάθε γραφήματος αφού στο τέλος θα γίνει του υποκεφαλαίου θα γίνει η ανάλυση των δεδομένων που πάρθηκαν. Σε όλα σχεδόν τα γραφήματα, πλην τις ημέρες έως την ανθοφορία, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του μέσου όρου των 7 επαναλήψεων κάθε μεταχείρισης αλλά δεν αναφέρεται κάθε φορά ξεχωριστά γιατί εννοείται.

Το ύψος επομένως των φυτών δίνεται από τα παρακάτω γραφήματα.



Γράφημα 7.1: Ύψος φυτών (cm), κόκκινων γερανιών για 7 εβδομάδες σε μεταχειρίσεις 3 φορές την εβδομάδα (3 d/w), 2 φορές την εβδομάδα (2 d/w), κάθε εβδομάδα (e.w.), κάθε 2^η εβδομάδα (e.2w.) και ο μάρτυρας (C).



Γράφημα 7.2: Ύψος φυτών (cm), λευκών γερανιών για 7 εβδομάδες σε μεταχειρίσεις 3 φορές την εβδομάδα (3 d/w), 2 φορές την εβδομάδα (2 d/w), κάθε εβδομάδα (e.w.), κάθε 2^η εβδομάδα (e.2w.) και ο μάρτυρας (C).

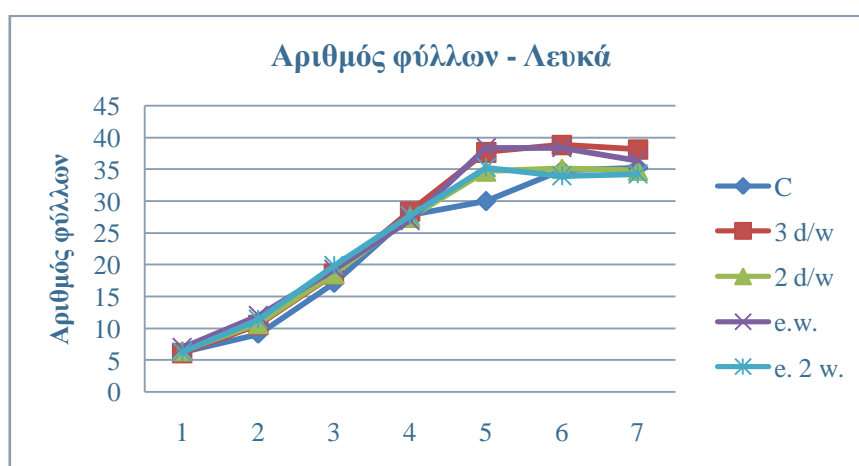
Όσον αναφορά το ύψος των φυτών, στα κόκκινα, ενώ την 4^η εβδομάδα μεγαλύτερο ύψος έχουν τα φυτά που ακτινοβολούνται 3 φορές την εβδομάδα, στο τέλος των 7 εβδομάδων, έχουν το μικρότερο ύψος λόγω της σταθερής σχεδόν πορείας τους από εκεί

και έπειτα. Ενώ τελικά το μεγαλύτερο ύψος το έχουν τα φυτά των ακτινοβολήσεων 2 φορές την εβδομάδα. Στα λευκά φυτά από την άλλη, το μεγαλύτερο ύψος και το μικρότερο διακρίνονται από την αρχή και το μεγαλύτερο το έχουν τα φυτά που ακτινοβολούνται μια φορά την εβδομάδα και το μικρότερο αυτά της μίας φορές κάθε 2^η εβδομάδα. Τα αποτελέσματα επομένως ως προς το ύψος μόνο δεν δίνουν κάποια ξεκάθαρη εικόνα πέραν του ότι οι ακτινοβολήσεις επηρεάζουν λίγο το ύψος των φυτών σε σχέση με τον μάρτυρα.

Ακολουθεί ο αριθμός φύλλων και των 2 ποικιλιών.



Γράφημα 7.3: Αριθμός φύλλων, κόκκινων γερανιών για 7 εβδομάδες σε μεταχειρίσεις 3 φορές την εβδομάδα (3 d/w), 2 φορές την εβδομάδα (2 d/w), κάθε εβδομάδα (e.w.), κάθε 2^η εβδομάδα (e.2w.) και ο μάρτυρας (C).

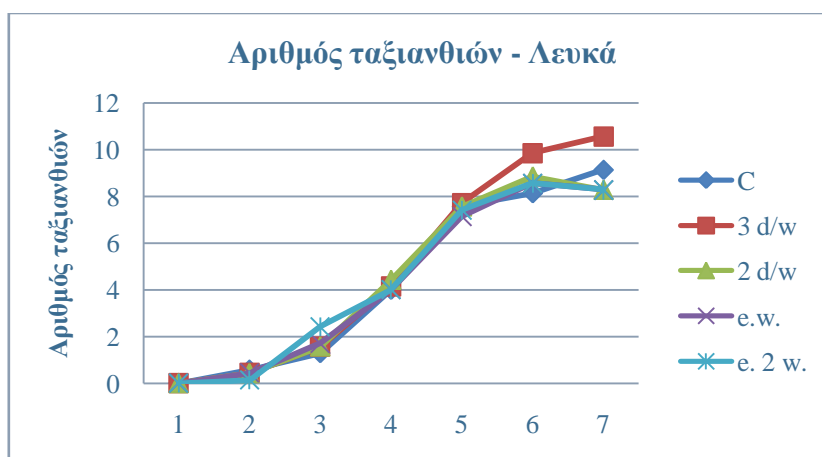


Γράφημα 7.4: Αριθμός φύλλων, λευκών γερανιών για 7 εβδομάδες σε μεταχειρίσεις 3 φορές την εβδομάδα (3 d/w), 2 φορές την εβδομάδα (2 d/w), κάθε εβδομάδα (e.w.), κάθε 2^η εβδομάδα (e.2w.) και ο μάρτυρας (C).

Ο αριθμός των φύλλων και στις δυο ποικιλίες δεν έχει μεγάλη διαφορά από αυτόν του μάρτυρα, αλλά και στις δύο περιπτώσεις τα περισσότερα φύλλα τα έχουν τα φυτά που ακτινοβολούνται 3 φορές την εβδομάδα. Τα λιγότερα από την άλλη, στα κόκκινα, τα έχουν τα φυτά που ακτινοβολούνται 2 φορές την εβδομάδα, ενώ στα λευκά, εκείνα που ακτινοβολούνται κάθε 2^η εβδομάδα. Θα μπορούσαμε επομένως να πούμε ότι όσο περισσότερο ακτινοβολούνται τα φυτά τόσο αυξάνει ο αριθμός των φύλλων, αλλά με πολύ μικρές διαφορές από τον μάρτυρα. Αλλά μεγαλύτερο εμπορικό ενδιαφέρον έχει ο αριθμός ταξιανθιών που παρουσιάζεται παρακάτω.



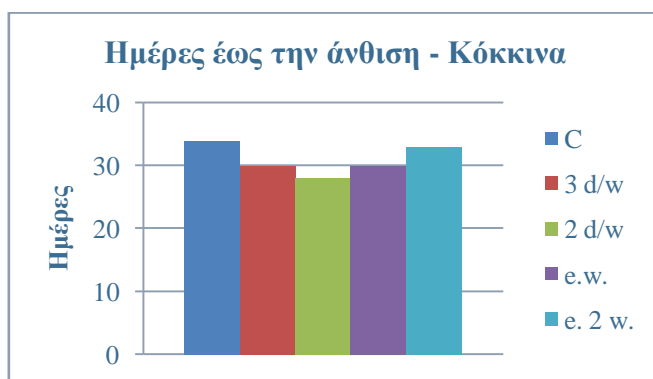
Γράφημα 7.5: Αριθμός ταξιανθιών, κόκκινων γερανιών για 7 εβδομάδες σε μεταχειρίσεις 3 φορές την εβδομάδα (3 d/w), 2 φορές την εβδομάδα (2 d/w), κάθε εβδομάδα (e.w.), κάθε 2^η εβδομάδα (e.2w.) και ο μάρτυρας (C).



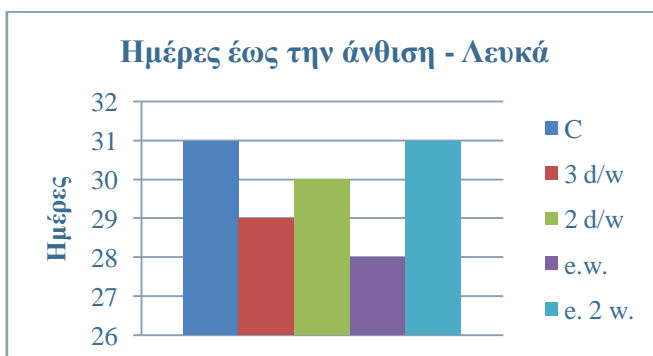
Γράφημα 7.6: : Αριθμός ταξιανθιών, λευκών γερανιών για 7 εβδομάδες σε μεταχειρίσεις 3 φορές την εβδομάδα (3 d/w), 2 φορές την εβδομάδα (2 d/w), κάθε εβδομάδα (e.w.), κάθε 2^η εβδομάδα (e.2w.) και ο μάρτυρας (C).

Ο αριθμός ταξιανθιών στα κόκκινα, φαίνεται να δίνει πιο σαφή αποτελέσματα, έχοντας την πρώτη θέση τα φυτά που ακτινοβολούνται 1 φορά την εβδομάδα, έπειτα εκείνα με 3 φορές την εβδομάδα, μετά εκείνα στις 2 φορές την εβδομάδα και ακολουθούν αυτά που ακτινοβολούνται κάθε δεύτερη εβδομάδα με τον μάρτυρα. Όπως και στα λευκά, διαφορά έχουν εκείνα που ακτινοβολούνται 3 φορές την εβδομάδα και έπειτα ακολουθεί ο μάρτυρας και όλες οι άλλες μεταχειρίσεις. Φαίνεται επομένως ότι οι ακτινοβολήσεις αυξανόμενες, αυξάνουν τον αριθμό των ταξιανθιών. Ειδικά στην περίπτωση των 3 επαναλήψεων την εβδομάδα, αν κ θετικά είναι τα αποτελέσματα και στα φυτά της μίας φοράς την εβδομάδα.

Πέραν όμως τον αριθμό των ταξιανθιών, μεγάλη σημασία έχει και πότε άνθισαν, γι' αυτό και μετρήθηκαν και οι μέρες έως την άνθιση που παρατίθενται παρακάτω.

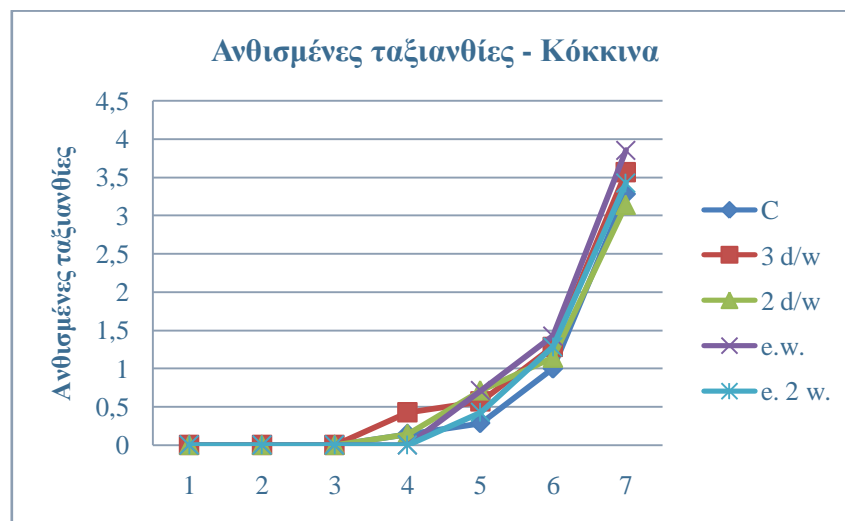


Γράφημα 7.7: Ημέρες έως την άνθιση για τα κόκκινα γεράνια σε μεταχειρίσεις 3 φορές την εβδομάδα (3 d/w), 2 φορές την εβδομάδα (2 d/w), κάθε εβδομάδα (e.w.), κάθε 2^η εβδομάδα (e.2w.) και ο μάρτυρας (C).

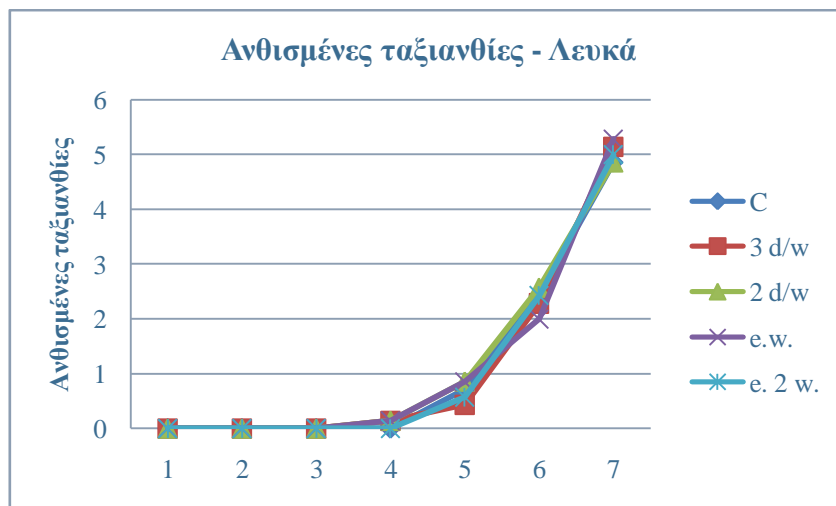


Γράφημα 7.8: Ημέρες έως την άνθιση για τα λευκά γεράνια σε μεταχειρίσεις 3 φορές την εβδομάδα (3 d/w), 2 φορές την εβδομάδα (2 d/w), κάθε εβδομάδα (e.w.), κάθε 2^η εβδομάδα (e.2w.) και ο μάρτυρας (C).

Ως προς τις ημέρες για την άνθιση έχουμε διαφορές στις διάφορες μεταχειρίσεις σε σχέση με την πορεία του μάρτυρα. Στα κόκκινα γεράνια γρηγορότερα άνθισαν αυτά που ακτινοβολούνταν 2 φορές την εβδομάδα, και ακολουθούν αυτά των 2 φορές την εβδομάδα και 1 φορά την εβδομάδα. Ενώ στα λευκά πιο γρήγορα άνθισαν αυτά που ακτινοβολούνται 1 φορά την εβδομάδα και ακολουθούν αυτά στις 3 φορές και 2 την εβδομάδα. Και στις 2 ποικιλίες τα φυτά που ακτινοβολούνται κάθε 2^η εβδομάδα έχουν τις ίδιες μέρες για την άνθιση με αυτά του μάρτυρα. Έως τώρα άλλωστε φαίνεται τα φυτά που ακτινοβολούνται κάθε 2^η εβδομάδα να μη παρουσιάζουν ιδιαίτερες διαφορές από τον μάρτυρα. Αντίθετα, τα φυτά που ακτινοβολούνται περισσότερο έχουν πιο επιθυμητά αποτελέσματα ως προς την εμπορικότητα του είδους που θέλει φυτά πιο συμπαγή με πολλές ταξιανθίες και γρηγορότερη ανθοφορία. Αλλά αυτό θα πρέπει να εξακριβωθεί με περαιτέρω μετρήσεις, γι' αυτό και ακολουθούν οι ανθισμένες ταξιανθίες ανά ποικιλία στην πορεία του πειράματος.



Γράφημα 7.9: Αριθμός ανθισμένων ταξιανθιών στα κόκκινα γεράνια για 7 εβδομάδες, σε μεταχειρίσεις 3 φορές την εβδομάδα (3 d/w), 2 φορές την εβδομάδα (2 d/w), κάθε εβδομάδα (e.w.), κάθε 2^η εβδομάδα (e.2w.) και στο μάρτυρα (C).



Γράφημα 7.10: Αριθμός ανθισμένων ταξιανθιών στα λευκά γεράνια για 7 εβδομάδες, σε μεταχειρίσεις 3 φορές την εβδομάδα (3 d/w), 2 φορές την εβδομάδα (2 d/w), κάθε εβδομάδα (e.w.), κάθε 2^η εβδομάδα (e.2w.) και στο μάρτυρα (C).

Και στις δύο ποικιλίες για πρώτη φορά εμφανίζεται κοινό αποτέλεσμα στις 7 εβδομάδες. Δηλαδή, περισσότερες ανθισμένες ταξιανθίες έχουν τα φυτά που ακτινοβολούνται μία φορά την εβδομάδα και 3 και λιγότερες έχουν τα φυτά που ακτινοβολούνται 2 φορές την εβδομάδα. Βέβαια αυτό είναι λίγο απρόσμενο, όσον αναφορά τα φυτά που ακτινοβολούνται 2 φορές την εβδομάδα, διότι δεν ακολουθείται μια αναλογική σχέση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Ενώ τα φυτά που ακτινοβολούνται 1 ή 3 φορές την εβδομάδα έχουν πολύ θετικά αποτελέσματα μέχρι στιγμής.

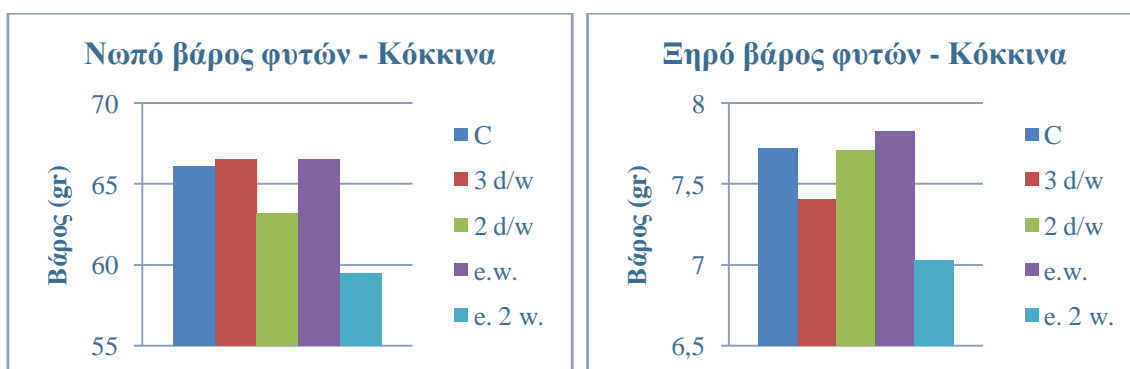
Όμως πέραν του αποτελέσματος στις 7 εβδομάδες, αξίζει να μελετηθεί τι γίνεται την 4^η εβδομάδα ανάπτυξης όπου αρχίζουν τα φυτά να ανθίζουν. Έτσι ακολουθεί ένα γράφημα της κόκκινης ποικιλίας την εβδομάδα εκείνη.



Γράφημα 7.11: Αριθμός ανθισμένων ταξιανθιών στα κόκκινα γεράνια την 4^η εβδομάδα ανάπτυξης, σε μεταχειρίσεις 3 φορές την εβδομάδα (3 d/w), 2 φορές την εβδομάδα (2 d/w), κάθε εβδομάδα (e.w.), κάθε 2^η εβδομάδα (e.2w.) και στο μάρτυρα (C).

Φαίνεται λοιπόν, ότι την 4^η εβδομάδα ανάπτυξης, τα φυτά που ακτινοβολούνται κάθε εβδομάδα και κάθε δεύτερη, δεν έχουν ανθισμένες ταξιανθίες, ενώ ο μάρτυρας και τα φυτά που ακτινοβολούνται 2 φορές την εβδομάδα έχουν αρχίσει να ανθίζουν. Μεγάλη διαφορά όμως έχουν τα φυτά στις 3 ακτινοβολήσεις την εβδομάδα που έχουν πάνω από τις διπλάσιες ανθισμένες ταξιανθίες γρηγορότερα από τα υπόλοιπα. Και στα λευκά (όπως φαίνεται στο γράφημα 7.10), την 4^η εβδομάδα έχουν ανθίσει τα φυτά στις 1, 2 και 3 ακτινοβολήσεις την εβδομάδα, ενώ ο μάρτυρας και τα φυτά που ακτινοβολούνται κάθε 2^η εβδομάδα δεν έχουν ανθίσει. Επομένως υπάρχει αισθητή διαφορά στα φυτά που ακτινοβολούνται σε σχέση με τον μάρτυρα και ως προς τις ανθισμένες ταξιανθίες, ως προς το χρόνο μέχρι να ανθίσουν, αλλά και στο νούμερο των ανθισμένων ταξιανθιών γρηγορότερα.

Ακολουθούν τα αποτελέσματα του καταστροφικού πειράματος και συγκεκριμένα, το νωπό και ξηρό βάρος και στις 2 ποικιλίες.



Γραφήματα 7.12 & 7.13: Νωπό και ξηρό βάρος στα κόκκινα γεράνια μετά από 7 εβδομάδες ανάπτυξης, σε μεταχειρίσεις 3 φορές την εβδομάδα (3 d/w), 2 φορές την εβδομάδα (2 d/w), κάθε εβδομάδα (e.w.), κάθε 2^η εβδομάδα (e.2w.) και στο μάρτυρα (C).



Γραφήματα 7.14 & 7.15: Νωπό και ξηρό βάρος στα λευκά γεράνια μετά από 7 εβδομάδες ανάπτυξης, σε μεταχειρίσεις 3 φορές την εβδομάδα (3 d/w), 2 φορές την εβδομάδα (2 d/w), κάθε εβδομάδα (e.w.), κάθε 2^η εβδομάδα (e.2w.) και στο μάρτυρα (C).

Τόσο στην κόκκινη όσο και στη λευκή ποικιλία, αλλά και στο νωπό και το ξηρό βάρος τα αποτελέσματα ως προς το μεγαλύτερο και μικρότερο βάρος είναι κοινά. Το μεγαλύτερο βάρος το έχουν τα φυτά που ακτινοβολούνται με 3 φορές την εβδομάδα και αυτά της μίας φορές. Και το μικρότερο τα φυτά που ακτινοβολούνται κάθε 2^η εβδομάδα που το βάρος τους είναι μικρότερο και από των μαρτύρων.

Τέλος, μετρήθηκαν και οι βλαστοί και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα παρακάτω.



Γράφημα 7.16: Αριθμός βλαστών στα κόκκινα γεράνια μετά από 7 εβδομάδες ανάπτυξης, σε μεταχειρίσεις 3 φορές την εβδομάδα (3 d/w), 2 φορές την εβδομάδα (2 d/w), κάθε εβδομάδα (e.w.), κάθε 2^η εβδομάδα (e.2w.) και στο μάρτυρα (C).



Γράφημα 7.17: Αριθμός βλαστών στα λευκά γεράνια μετά από 7 εβδομάδες ανάπτυξης, σε μεταχειρίσεις 3 φορές την εβδομάδα (3 d/w), 2 φορές την εβδομάδα (2 d/w), κάθε εβδομάδα (e.w.), κάθε 2^η εβδομάδα (e.2w.) και στο μάρτυρα (C).

Ο αριθμός των βλαστών στα κόκκινα γεράνια μειώνεται αναλογικά με τις ακτινοβολήσεις (όσο λιγότερες τόσο λιγότεροι βλαστοί) εκτός των φυτών που ακτινοβολήθηκαν κάθε 2^η εβδομάδα που τα αποτελέσματά τους είναι και πάλι όμοια με αυτά του μάρτυρα. Εδώ μπορεί να γίνει και ένας συνδυασμός των δεδομένων αυτών με το ύψος των φυτών (γράφημα 7.1) που δείχνει ότι τα φυτά που ακτινοβολήθηκαν 3 φορές την εβδομάδα ήταν τα κοντύτερα. Άρα σε αυτή τη μεταχείριση τα φυτά έγιναν κοντύτερα και με πολλούς βλαστούς, επομένως πιο εμπορικά.

Και στα λευκά, τους περισσότερους βλαστούς με διαφορά τους έχουν τα φυτά με ακτινοβολήσεις 3 φορές την εβδομάδα, αλλά τους λιγότερους τους έχουν τα φυτά που δέχονταν ακτινοβολήση 2 φορές την εβδομάδα, με μικρή όμως διαφορά από τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις που έχουν σχεδόν κοινά αποτελέσματα. Και πάλι όμως, τα φυτά με τις περισσότερες ακτινοβολήσεις έχουν και περισσότερους βλαστούς.

Λαμβάνοντας λοιπόν υπόψη τα παραπάνω αποτελέσματα φαίνεται ότι τα φυτά που δέχονταν ακτινοβολία UV-C έχουν διαφορετική εμφάνιση από τους μάρτυρες. Άρα η ακτινοβολία τα επηρεάζει με κάποιο τρόπο. Συγκεκριμένα φαίνεται ότι σαν δομή το φυτό που ακτινοβολείται όλο και περισσότερο, έχει μικρότερο ύψος, περισσότερα φύλλα, πολλές ταξιανθίες που μάλιστα ανθίζουν γρηγορότερα, και μεγαλύτερο βάρος όπως και περισσότερους βλαστούς. Άρα πρόκειται για ένα πιο εμπορικό φυτό, μιας και αυτά είναι και τα ζητούμενα του κοινού αγοραστή.

Τα αποτελέσματα αυτά φαίνεται να συσχετίζονται με αυτά του φυτού *Arabidopsis thaliana* όταν ακτινοβολούνταν με UV-B (Hectors *et al.*, 2007), για 2 ώρες την εβδομάδα

για 12 μέρες σε διαφορετικές ποσότητες ενέργειας και το αποτέλεσμα σε σχέση με τους μάρτυρες ήταν φυτά που ακτινοβολούνταν περισσότερο να έχουν τη μικρότερη σχετική ανάπτυξη διαμέτρου της ροζέτας και βλαστούς που εκφύονταν από τη βάση της ροζέτας και όχι από ένα κεντρικό βλαστό, επομένως και περισσότερους βλαστούς αντί για πλάγιους. Έτσι τα αποτελέσματα μπορούν να συσχετιστούν όσον αφορά την ανάπτυξη του φυτού. Όπως επίσης συνέβη και στα σπορόφυτα μαρουλιού που ακτινοβολήθηκαν με UV-B και UV-C ακτινοβολία και είχαν ως αποτέλεσμα να ανασταλεί η επιμήκυνση του υποκοτυλίου και να διεγερθεί η αύξηση των κοτυληδόνων (Kobzar *et al.*, 1998).

Άλλωστε γνωρίζουμε και το φαινόμενο της χλώρωσης όπου φύλλα πχ δικοτυλήδονου σπορόφυτου που αναπτύσσονται στο σκοτάδι παραμένουν μικρά, ενώ επιμηκύνονται σημαντικά τα μεσογονάτια διαστήματα του βλαστού (Γαλάτης *et al.*, 1998). Θα μπορούσαμε λοιπόν να πούμε ότι συμβαίνει το αντίθετο του φαινομένου αυτού. Τα φυτά δέχονται μεγάλα ποσά φωτεινής ενέργειας και αντιδρούν με αυτό τον τρόπο όσο αναφορά στη μορφολογία τους αλλά και στην άνθισή τους.

Για να υπάρχουν όμως διαφορές στην ανάπτυξη των φυτών αυτών σημαίνει ότι κάτι γίνεται στη φυσιολογία του, δηλαδή εσωτερικά του φυτού. Την ακτινοβολία για παράδειγμα UV-B του υπέρυθρου φάσματος, το φυτό την απορροφά στο φωτοδέκτη UV, τη πρωτεΐνη UVR8 η οποία παρακινεί το φυτό να μπει σε κατάσταση στρες (Παπαδοπούλου, 2014). Όπως επίσης, κατά τους Kliebenstein *et al.* (2002), αποδείχτηκε ότι στο φυτό *Arabidopsis thaliana* που έχει μεγάλη ποσότητα της πρωτεΐνης αυτής η ακτινοβολία UV-B προκαλούσε ζημιά στο DNA. Άρα ίσως η πρωτεΐνη αυτή δέχεται και μικρότερου μήκους κύματος ακτινοβολία ή ακόμα υπάρχει και φωτοδέκτης που απορροφά την ακτινοβολία UV-C αντίστοιχα και προκαλεί διάφορες λειτουργίες στο φυτό πέρα των ήδη γνωστών.

Κάτι αντίστοιχο περιγράφει και ο καθηγητής Βιολογίας Φυτών, Δρ Ψαράς (2006, σελ 98), όπου λέει «Μετράς, για παράδειγμα, το ηλεκτρικό δυναμικό μεταξύ ρίζας και φύλλου και βρίσκεις μια σταθερή τιμή. Αν στη συνέχεια ρίξεις παγωμένο νερό στη ρίζα, το ηλεκτρικό δυναμικό αλλάζει αλματωδώς σε κλάσματα δευτερολέπτου. Το μήνυμα είναι, σαφώς, σαν το νευρικό παλμό, χωρίς όμως να έχουμε νευρώνες». Κάπως έτσι και στο πείραμα αυτό, η ακτινοβολία που δέχονται τα φύλλα, μετατρέπεται σε μήνυμα που μορφοποιεί το φυτό σε ένα πιο συμπαγή σύνολο. Και όσο περισσότερο ακτινοβολούνται τα φυτά τόσο πιο εμφανές είναι το αποτέλεσμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο - ΕΠΙΔΡΑΣΗ 1 kJ/m² UV-C ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ ΑΜΥΝΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ ΣΕ ΦΥΤΑ ΓΕΡΑΝΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΗΣ ΤΕΦΡΑΣ ΣΗΨΗΣ (*Botrytis cinerea*)

8.1. Περίληψη

Η ακτινοβολία UV-C έχει χρησιμοποιηθεί πολλές φορές μετασυλλεκτικά σε φρούτα και λαχανικά είτε πριν είτε μετά από τεχνητή προσβολή με κάποιο παθογόνο. Στην παρούσα εργασία γίνεται ακτινοβόληση ολόκληρου του φυτού (*Pelargonium x hortorum*) κατά το εμπορικό του στάδιο, πριν από προσβολή με το μύκητα *Botrytis cinerea*. Η ακτινοβόληση αυτή γίνεται με 1 kJ/m², μιας και φαίνεται να είναι η μικρότερη-περισσότερο αποτελεσματική δόση για τα φυτά αυτά. Υπάρχουν διάφορες μεταχειρίσεις που ορίζονται ανάλογα τις ώρες που έχουν περάσει από την ακτινοβόληση έως τη μόλυνση (0, 12, 24, 48 ώρες και 1 εβδομάδα). Τα πειράματα γίνονται στις ποικιλίες Glacis και Victor, με περισσότερη έκταση στη δεύτερη. Η προσβολή γίνεται τεχνητά στα φύλλα του φυτού (5 σημεία-φύλλα σε κάθε φυτό) όπου δημιουργείται από μία κηλίδα αν το φυτό νοσήσει. Η διάμετρος της κηλίδας αυτής είναι το στοιχείο που μετράται για να δείξει την προσβολή του φυτού ή τη πιθανή άμυνά του. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όλες οι μεταχειρίσεις πλην αυτής στις 24 ώρες είχαν αρνητικά αποτελέσματα σε σχέση με τα ακτινοβολημένα φυτά. Όμως, στις 24 ώρες υπάρχει πολύ μεγάλη μείωση στην επικείμενη προσβολή των ακτινοβολημένων φυτών, γεγονός που δείχνει ότι η ακτινοβόληση με UV-C ενεργοποιεί μηχανισμούς άμυνας των φυτών αυτών.

8.2. Σκοπός πειράματος

Έχει αποδειχθεί, και χρησιμοποιείται στην πράξη, η απολυμαντική δράση της ακτινοβολίας UV-C, τόσο σε επιφάνειες, αέρα και νερό όσο και μετασυλλεκτικά σε φρούτα και λαχανοκομικά. Επίσης πειραματικά έχει γίνει χρήση της UV-C ακτινοβολίας σε δρεπτά άνθη (ζέρμπερες) σε βάζο, με θετικά αποτελέσματα, αλλά δεν έχει γίνει κάποιο πείραμα για τη δράση της ακτινοβολίας αυτής κατά των μυκητολογικών ασθενειών, πριν από αυτό, σε φυτά κατά την ανάπτυξή τους, και μάλιστα προληπτικά, πριν από πιθανή μόλυνση. Έτσι, στη παρούσα εργασία γίνεται χρήση ακτινοβολίας UV-C σε γεράνια σε γλάστρα και έπειτα μόλυνση με βοτρυτή, μιας και είναι από τις πιο συχνές και επιβλαβείς προσβολές που δέχεται το φυτό αυτό. Τα αποτελέσματα θα δείξουν αν η ακτινοβόληση ενεργοποιεί αμυντικούς μηχανισμούς του φυτού για να το προστατέψει από τη μυκητολογική προσβολή.

8.3 Υλικά και μέθοδος

Αυτό το πείραμα χωρίζεται σε δύο επαναλήψεις, όπου θα αναφέρονται ως 1^ο και 2^ο πείραμα, βάσει τη χρονολογική σειρά που διεξήχθησαν. Στο πρώτο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν δύο ποικιλίες γερανιών, η Victor (κόκκινα άνθη) και η Glacis (λευκά άνθη), και από αυτές χρησιμοποιήθηκαν 15 φυτά από την κάθε μια. Τα 5 φυτά ήταν οι μάρτυρες (C) τα οποία χωρίς να προηγηθεί ακτινοβόληση μολύνθηκαν με το διάλυμα του βοτρύτη. Τα επόμενα 5 μολύνθηκαν αμέσως μετά την ακτινοβόληση (0 ώρες) με το διάλυμα του βοτρύτη. Και τέλος, από άλλα 5 σε κάθε ποικιλία, που μολύνθηκαν μετά από 24 ώρες από την ακτινοβόληση.

Στο δεύτερο πείραμα, από την άλλη μεριά, χρησιμοποιήθηκε μόνο η λευκή ποικιλία (Glacis) με 3 επαναλήψεις σε κάθε μεταχείριση. Αυτές διακρίνονται, ανάλογα το χρόνο που διήρκεσε η αναμονή έως τη μόλυνση από την ακτινοβόληση των φυτών με UV-C, σε 0 ώρες, 12 ώρες, 24 ώρες, 48 ώρες και μία εβδομάδα.

Τα φυτά ακτινοβολήθηκαν όλα μόνο μία φορά, την ίδια μέρα (01.06.2011). Από τότε πέρασαν όσες ώρες χρειαζόταν για την κάθε μεταχείριση, με 1 kJ/m². Η δόση αυτή επιλέχθηκε ως η μικρότερη-περισσότερο αποτελεσματική δόση που είχε φανεί από τα προηγούμενα πειράματα φωτομορφογένεσης. Η ακτινοβόληση καθώς και οι υπόλοιπες μεταχειρίσεις στα φυτά εφαρμόστηκαν όπως αναλυτικά περιγράφεται στο κεφάλαιο 5. Επίσης, από την ημέρα μεταφύτευσης των μοσχευμάτων στις γλάστρες είχαν περάσει 2 μήνες ακριβώς και τα φυτά ήταν στο πλέον εμπορικό τους στάδιο.

Το μόλυσμα παράχθηκε στο εργαστήριο Φυτοπαθολογίας του ΑΤΕΙ Πελοποννήσου. Το παθογόνο είχε απομονωθεί από φυτό γερανιού και ήταν σε νέα καλλιέργεια (12 ημερών) σε PDA (Bioline, Milano, Italy) και αναπτυσσόταν σε σκοτεινό θάλαμο ανάπτυξης (Sanyo, MIR-262, Tokyo, Japan) στους 20 ± 1°C. Με τη βοήθεια αιματόμετρου και μικροσκοπίου (x20), καταμετρήθηκαν κατά μέσο όρο 100 κονίδια ανά τετράγωνο (4 τετράγωνα συνολικά στο αιματόμετρο) και με βάση τον τύπο: σπόρια/ml = (n) x 10⁴/ml [όπου n = ο μέσος όρος των κονιδίων ανά τετράγωνο (1 από 4)] παράχθηκε διάλυμα με συγκέντρωση 10⁵ κονίδια του *B. cinerea* ανά ml.

Έπειτα στα φυτά με αποστειρωμένη βελόνα γινότανε πληγή σε 5 φύλλα τα οποία απαριθμούνταν από το 1 έως το 5, και πάνω στην πληγή με σταγονόμετρο αφηνόταν 1 ml του διαλύματος. Το κάθε φυτό ψεκάζονταν με αποσταγμένο νερό και σκεπαζόταν με νάυλον διάφανη σακούλα 30 x 40 cm και σφραγιζόταν με ταινία στη γλάστρα και έτσι στο μικροκλίμα που δημιουργούταν η ατμοσφαιρική υγρασία ήταν 100%. Έτσι έμεναν τα φυτά

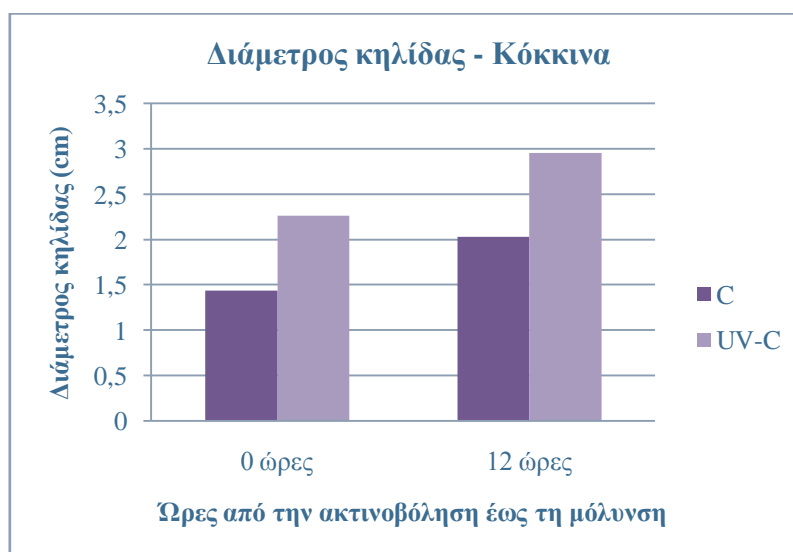
για 24 ώρες, σε θάλαμο ελεγχόμενης ατμόσφαιρας, με θερμοκρασία στους 20 °C περίπου, καθώς μετά ανοίγονταν οι σακούλες και γινόταν μέτρηση της κάθε μίας κηλίδας σε όλα τα φυτά. Οι μετρήσεις γίνονταν με χάρακα (όπως και το ύψος των φυτών στα προηγούμενα πειράματα).

8.4. Αποτελέσματα – Συζήτηση

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, έγιναν δύο πειράματα. Το πρώτο ήταν σαν δοκιμαστικό. Για τεχνικούς λόγους δεν συνεχίστηκε και αφορά μετρήσεις στις 0 ώρες και στις 12 ώρες από την ακτινοβολήση. Τα αποτελέσματα θα ξεκινήσουν με αυτό λόγω χρονολογικής σειράς αλλά και για να γίνει μεγαλύτερη ανάλυση στο δεύτερο που έχει και περισσότερα αποτελέσματα.

Όλες οι μετρήσεις που θα παρουσιαστούν αφορούν το μέσο όρο της διαμέτρου της κηλίδας του βοτρυτή στα φύλλα ανά μεταχείριση.

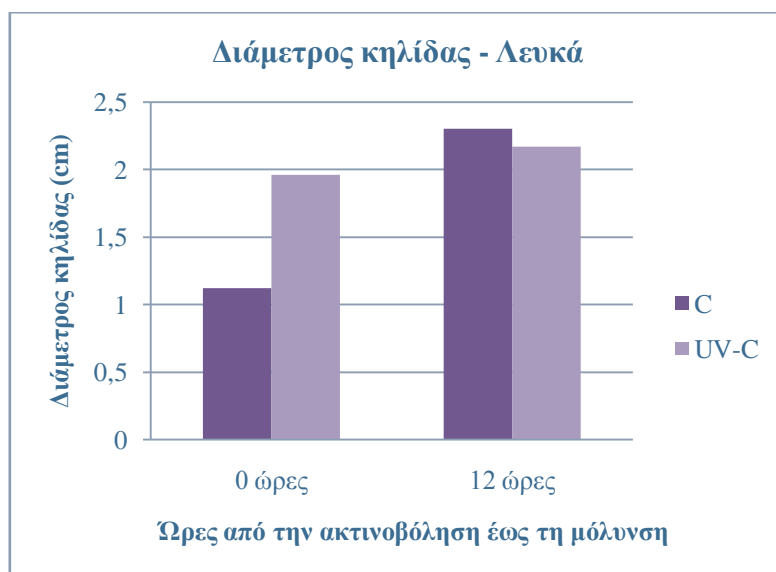
Αρχικά παρουσιάζεται η διάμετρος της κηλίδας στα κόκκινα (Victor) γεράνια στις 0 και 12 ώρες από την ακτινοβολήση.



Γράφημα 8.1: Διάμετρος κηλίδας βοτρυτή (cm) σε φυτά που μολύνθηκαν στις 0 και στις 12 ώρες μετά την ακτινοβολήση, για την κόκκινη ποικιλία (Victor).

Όπως φαίνεται από το γράφημα, τα μη ακτινοβολημένα φυτά είχαν μικρότερη διάμετρο κηλίδας και στις 0 ώρες και στις 12. Η σχέση φαίνεται σχεδόν αναλογική σε όλες τις περιπτώσεις. Επομένως παρατηρείται ότι τα κόκκινα ακτινοβολημένα φυτά, αν μολυνθούν άμεσα με βοτρυτή, έχουν αρνητικά αποτελέσματα σε σχέση με τους μάρτυρες.

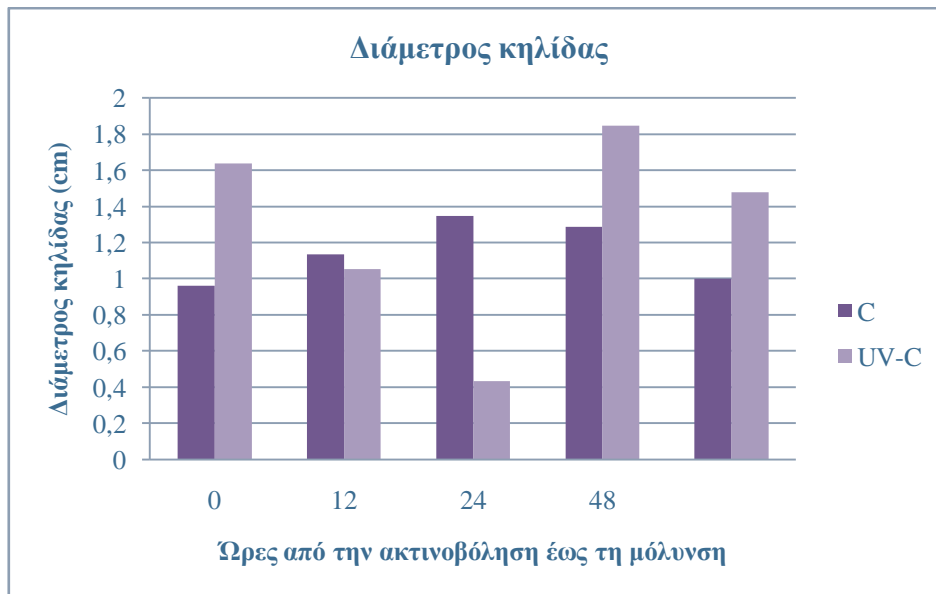
Παρακάτω παρουσιάζονται αντίστοιχα τα αποτελέσματα στη λευκή ποικιλία (Glacis).



Γράφημα 8.2: Διάμετρος κηλίδας βοτρυτή (cm) σε φυτά που μολύνθηκαν στις 0 και στις 12 ώρες μετά την ακτινοβόληση, για τη λευκή ποικιλία (Glacis).

Στη ποικιλία αυτή τα αποτελέσματα είναι διαφορετικά. Ενώ στις 0 ώρες η διάμετρος του βοτρυτή είναι σχεδόν διπλάσια, όπως και στη κόκκινη ποικιλία, αλλά στις 12 ώρες τα αποτελέσματα είναι διαφορετικά. Στη κόκκινη ποικιλία η διάμετρος στις 12 ώρες είχε αυξηθεί αναλογικά με το πώς ήταν στις 0 ώρες, ενώ στη λευκή ποικιλία η διάμετρος αντί να αυξηθεί και να ξεπερνάει το μάρτυρα, είναι μικρότερη. Η διαφορά είναι πολύ μικρή στις 2 διαμέτρους, εκείνη του μάρτυρα με τα ακτινοβολημένα, αλλά είναι σημαντικό ότι δεν είναι μεγαλύτερη όπως σε όλες τις άλλες περιπτώσεις έως τώρα. Γενικά έχει διαπιστωθεί ότι το είδος *P. x hortorum* είναι από τα πιο ανθεκτικά φυτά στο βοτρυτή, γι' αυτό και οι μάρτυρες δεν έχουν πολύ μεγάλη κηλίδα (Uchneat and Graig 1996, Uchneat *et al.* 1999).

Παρακάτω, για τη λευκή ποικιλία εμφανίζονται τα αποτελέσματα και για το δεύτερο πείραμα, μιας και έγινε μόνο στη ποικιλία αυτή. Σε αυτή τη περίπτωση οι μεταχειρίσεις είναι περισσότερες. Φυτά μολύνθηκαν στις 0 και 12 ώρες από την ακτινοβόληση όπως στο 1^ο πείραμα, αλλά και μετά τις 24 και 48 ώρες, όπως επίσης και μετά από μία εβδομάδα. Στο παρακάτω γράφημα φαίνονται οι διαφορές του μάρτυρα με τα ακτινοβολημένα φυτά στη διάμετρο της κηλίδας ανά μεταχείριση.



Γράφημα 8.3: Διάμετρος κηλίδας βοτρυτή (cm) σε φυτά που μολύνθηκαν στις 0, 12, 24 και 48 ώρες καθώς και 1 εβδομάδα (168 ώρες) μετά την ακτινοβολήση, για τη λευκή ποικιλία (Glacis).

Στις 0 και στις 12 ώρες τα αποτελέσματα είναι όμοια με αυτά του πρώτου πειράματος, γεγονός θετικό, μιας και έτσι δρα σαν επαλήθευση του πρώτου. Πάλι στις 0 ώρες είναι σχεδόν διπλάσια η διάμετρος της κηλίδας των ακτινοβολημένων φυτών από τους μάρτυρες και στις 12 ώρες τα ακτινοβολημένα φυτά έχουν λίγο μικρότερη διάμετρο κηλίδας από τους μάρτυρες. Μετά όμως, που είναι και τα νέα αποτελέσματα, είναι η μεγάλη ανατροπή, όπου τα ακτινοβολημένα φυτά έχουν πολύ μικρότερη διάμετρο κηλίδας από τους μάρτυρες. Σχεδόν καθόλου μόλυνση, μιας και ο μέσος όρος είναι κοντά στα 0,4 cm και στο 0,1 cm θεωρείται ότι δεν υπάρχει καν κηλίδα, παρά μόνο η πληγή με το μόλυσμα που δεν αναπτύχθηκε [παρακάτω δίνονται και πιο αναλυτικά τα αποτελέσματα των 24 ωρών (πίνακας 8.1)]. Στις 48 ώρες και στη μία εβδομάδα τα αποτελέσματα μοιάζουν με αυτά των 0 ωρών, δηλαδή τα ακτινοβολημένα φυτά έχουν μεγαλύτερη διάμετρο κηλίδας από τα μη ακτινοβολημένα.

Η μεγάλη διαφορά στα ακτινοβολημένα φυτά εμφανίζεται στις 24 ώρες και για αυτό το λόγο στο παρακάτω πίνακα δίνονται αναλυτικά τα στοιχεία διαμέτρου της κάθε κηλίδας σε κάθε φυτό.

Διάμετρος κηλίδας βοτρυτή

Ωρες	Μεταχείριση	Κηλίδα 1 (cm)	Κηλίδα 2 (cm)	Κηλίδα 3 (cm)	Κηλίδα 4 (cm)	Κηλίδα 5 (cm)	M.O. διαμέτρου κηλίδας (cm)
24	C	0,4	0,4	2,3	1,5	1,8	
24	C	2	1,6	0,2	0,2	0,9	
24	C	1,9	1,6	1,3	2,1	2	1,346667
24	UV-C	1,3	1,1	0,7	0,1	0,1	
24	UV-C	0,7	0,1	0,1	0,1	0,3	
24	UV-C	0,1	0,1	1,5	0,1	0,1	0,433333

Πίνακας 8.1: Διάμετρος κηλίδας βοτρυτή στα φύλλα ακτινοβολημένων φυτών γερανιού (UV-C) και μη (C), σε cm, και μέσος όρος (M.O.) διαμέτρου της κηλίδας συνολικά στη κάθε μεταχείριση. Τα νούμερα με διακριτή διαγραφή, που είναι 0,1, είναι έτσι διότι έχουν υπολογιστεί στο μέσο όρο, αλλά ουσιαστικά είναι μολύσματα που δεν ανέπτυξαν κηλίδα μόλυνσης.

Φαίνεται λοιπόν, ότι τα φυτά που είχαν ακτινοβοληθεί 24 ώρες πριν από τη μόλυνση, 9 στα 15 μολύσματα δεν ανέπτυξαν κηλίδα, αντίθετα με το μάρτυρα ή άλλες μεταχειρίσεις που η κηλίδα αναπτύχθηκε κανονικά. Φυτό που μολύνθηκε στις 24 ώρες φαίνεται και στην εικόνα 8.1, όπου φαίνεται η γενικά καλή κατάσταση των φυτών που ήταν καλυμμένα για ένα 24ωρο, με άριστες συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας, με τεχνητές πληγές και το μολύσμα στην επιφάνεια των φύλλων (σε αντίθεση με την εικόνα 8.2 που είναι μάρτυρας και οι κηλίδες φαίνονται πόσο μεγαλύτερες είναι). Θα μπορούσε να θεωρηθεί ως σφάλμα του ανθρώπινου παράγοντα, αλλά είναι πολλές οι περιπτώσεις και σε όλα τα άλλα αποτελέσματα δεν έχει τύχει κάτι αντίστοιχο, άρα δε μπορεί να είναι αυτός ο λόγος. Επομένως κάτι συμβαίνει στην άμυνα του φυτού 24 ώρες μετά την ακτινοβολή που το κάνει πολύ ανθεκτικό στην προσβολή από τον βοτρυτή.

Κατά τους Chappell και Hahlbrock (1984), η σύνθεση δευτερογενών μεταβολιτών ως απόκριση σε στρεσογόνους παράγοντες εμπλέκεται στην κύρια άμυνα των σπερματοφύτων και ως στρεσογόνο παράγοντα θεωρούν την ακτινοβολία UV. Επομένως το φυτό, αν θεωρηθεί ότι η ακτινοβολία UV-C του προκαλεί στρες, όπως προτείνεται και στους Stevens *et al.* (1999), μπαίνει σε μια διαδικασία παραγωγής δευτερογενών μεταβολιτών που λειτουργούν ως άμυνα του φυτού. Όταν η ακτινοβολή και η μόλυνση γίνονται σύντομα μεταξύ τους, ίσως το φυτό δεν προλαβαίνει να αντιδράσει, ενώ στις 24 ώρες είναι έτοιμο να δεχτεί κάποια προσβολή και να αμυνθεί. Κάπως έτσι, και αργότερα από τις 24 ώρες, πιθανώς η άμυνα του φυτού λόγω του στρεσογόνου παράγοντα που έχει παρέλθει, να έχει εξασθενήσει και πάλι.



Εικόνα 8.1: Φυτό ακτινοβολημένο 24 ώρες πριν τη μόλυνση, στο θάλαμο ελεγχόμενης θερμοκρασίας, 24 ώρες μετά τη μόλυνση, κατά τη μέτρηση της κηλίδας. Φαίνεται ότι κηλίδες ίσα που έχουν σχηματιστεί και το σύνολο του φυτού είναι πολύ υγιές.



Εικόνα 8.2: : Φυτό μη ακτινοβολημένο πριν τη μόλυνση (μάρτυρας), στο θάλαμο ελεγχόμενης θερμοκρασίας, 24 ώρες μετά τη μόλυνση, κατά τη μέτρηση της κηλίδας.

Πειράματα που έχουν γίνει σε φρούτα και λαχανικά, όπως οι φράουλες, έχουν δείξει ότι άμα ακτινοβοληθούν με μικρή δόση UV-C έχουν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα σε μυκητολογική προσβολή, όπως στους Pombo *et al.* (2011), όπου από τα ακτινοβολημένα φυτά που μολύνθηκαν με βοτρυτή μόνο το 30% εμφάνισε προσβολή αντίθετα με τα μη ακτινοβολημένα που μολύνθηκαν κατά 60%. Οι Stevens *et al.* (1998) που χρησιμοποίησαν ροδάκινα με άλλο ξενιστή, είχαν πάλι θετικά αποτελέσματα στα φυτά που προηγουμένως είχαν ακτινοβοληθεί και το εξηγεί ως αποτέλεσμα δύο πιθανών παραγόντων. Είτε η απολυμαντική δράση της ακτινοβολίας παραμένει στην επιφάνεια των καρπών και μειώνει την προσβολή, είτε ότι αυξάνεται η άμυνα των φρούτων και των λαχανικών. Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και στα πειράματα με τα γεράνια, που είναι ολόκληρα όμως φυτά σε γλάστρα.

Είναι πιθανές και οι δύο εκδοχές για το τι μπορεί να συμβαίνει στα γεράνια. Ίσως υπάρχει μια απολυμαντική δράση στην επιφάνεια των φυτών μετά την ακτινοβολήση και γι' αυτό να μην αναπτύσσεται το μόλυσμα. Αλλά περισσότερο πιθανό είναι το φυτό να αυξάνει την άμυνά του, με το να παράγει δευτερογενείς μεταβολίτες που το κάνουν πιο ανθεκτικό και έχουν βρεθεί σε φυτά με ακτινοβολία UV. Σε κάθε περίπτωση η ακτινοβολία UV-C ενήργησε θετικά στις 24 ώρες και αυτό είναι πολύ θετικό μιας και είναι ένας τρόπος φυτοπροστασίας πιο φιλικός προς το περιβάλλον.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα όλων των πειραμάτων είναι εμφανής η θετική επιρροή της ακτινοβολίας UV-C στο γεράνι. Το επηρεάζει και στην ανάπτυξη του αλλά και στην άμυνα του.

Ως προς την ανάπτυξη, δημιουργείται ένα φυτό πιο εμπορικό, συμπαγές, με περισσότερες ταξιανθίες και γρηγορότερη άνθιση. Η μικρότερη δυνατή καλύτερη επέμβαση είναι αυτή του 1 kJ/m^2 και ίσως και των $2,5 \text{ kJ/m}^2$ για τις ποικιλίες Victor και Glacis που χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματα αυτά. Ως προς τη συχνότητα, η μία φορά την εβδομάδα έχει πολύ θετικά αποτελέσματα και προτείνεται μιας και είναι και η πιο αραιή σε συχνότητα θετική επέμβαση. Και οι 3 φορές την εβδομάδα είχαν πολύ θετικά αποτελέσματα, αλλά ήταν κοντά με τη μια φορά και προτιμάται η μια ως πιο αραιή μεταχείριση με καλύτερα αποτελέσματα.

Φάνηκε λοιπόν ότι αυτό που είχε παρατηρηθεί μακροσκοπικά ως προς τη διαφορετική ανάπτυξη των ακτινοβολημένων φυτών είχε υπόσταση και μάλιστα μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην πράξη αφού είναι και ένας φιλικός προς το περιβάλλον τρόπος δημιουργίας εμπορικότερων φυτών.

Άλλωστε με ακτινοβολήσεις των γερανιών για τη καλύτερη μορφή τους, ενεργοποιούνται και οι αμυντικοί μηχανισμοί τους, μιας και 24 ώρες μετά από ακτινοβολήση έχει θεαματικά μεγαλύτερη άμυνα προς το βοτρυτή σε σχέση με μη ακτινοβολημένα φυτά. Έτσι μπορούν να παραχθούν φυτά εμπορικά και ανθεκτικά με μόνη επέμβαση αυτή της UV-C ακτινοβολίας, η οποία με σωστή χρήση μπορεί να εφαρμοστεί εύκολα στην πράξη.

Τα αποτελέσματα των πειραμάτων αυτών ήταν πολύ θετικά και δίνουν το έναυσμα και για περαιτέρω έρευνα στο θέμα αυτό.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Agrios, G.N. (2005). Plant Pathology, 5th ed. Elsevier Academic Press, Burlington, MA, USA. p.922.

Amasino, R.M. (1996). Control of flowering time in plants. *Current Opinion in Genetics and Development*. 6, 480-487.

Artés-Hernádes, F., Rables, P.A., Gómez, P.A., Tomás-Callejas, A. and Artés, F. (2010). Low UV-C illumination for keeping overall quality of fresh-cut watermelon. *Postharvest Biology and Technology*. 55, 114-120.

Briggs, W.R. and Onley, M.A. (2001). Photoreceptors in plant photomorphogenesis to date. Five phytochromes, two cryptochromes, one phototropin, and one superchrome. *Plant Physiology*, 125, 85-88.

Brodl, M.R. (1990). Biochemistry of heat shock responses in plants. In *Environmental injury to plants* (Ed. Katterman, F.). Academic Press Inc, San Diego, California. p. 113-135.

Chappell. J. and Halbrock, K. (1984). Transcription of plant defence genes in response to UV light or fungal elicitor. *Nature*. 311, 76-78.

Cockell, C. and Blaustein, A. (Editors). (2001). Ecosystems, evolution and ultraviolet radiation. Springer – Verlag New York pub., p. 225.

Cranshaw, W.S. (2013). Tobacco (Geranium) Budworm. *Colorado State University Extension*. 12/96. Revised 6/13.

<http://www.ext.colostate.edu/pubs/insect/05581.pdf>. Τελευταία επίσκεψη 27/03/2014.

Darras, A.I. (2003). Biology and management of freesia flower specking caused by *Botrytis cinerea*. PhD Thesis, Cranfield University, UK. p. 418.

Darras, A.I., Bali, I. and Argyropoulou, E. (2014). Elicitation of defense and growth responses in *Pelargonium x hortorum* plants by brief pulses of UV-C irradiation. Submitted in *Scientia Horticulturae*.

Darras, A.I., Demopoulos, V., Bali, I. and Tiniakou, C. (2012a). Photomorphogenic reactions in geranium (*Pelargonium x hortorum*) plants stimulated by brief exposures of ultraviolet-C irradiation. *Plant Growth Regul.* 68, 343-350.

- Darras, A.I., Demopoulos, V. and Tiniakou, C. (2012b).** UV-C irradiation induces defense responses and improves vase life of cut gerbera flowers. *Postharvest Biology and Technology*. 64, 168-174.
- Darras, A.I., Demopoulos, V., Bali, I., Katsiloulis, O. and Kratimenou, E. (2012c).** Brief pulses of UV-C irradiation improves flowering of ornamental plants. *Proceedings of the 11th International Symposium of Flower Bulbs and Herbaceous Perennials*, March 28-April 1, 2012, Antalya, Turkey.
- Darras, A.I., Joyce, D.C. and Terry, L.A. (2010).** Postharvest UV-C irradiation on cut *Fressia hybrida L.* inflorescences suppresses petal specking caused by *Botrytis cinerea*. *Postharvest Biology and Technology*. 55, 186-188.
- D'hallewin, G., Schirra, M., Pala, M. and Ben-Vehoshua, S. (2000).** Ultraviolet C irradiation at 0,5 KJ·m⁻³ reduces decay without causing damage or affecting postharvest quality of Star Ruby Grapefruit (*C. paradise Macf.*). *Journal of Agriculture Food Chemistry*. 48, 4571-4575.
- Douglas, S.M. (2003).** Diseases of Geraniums. *The Connecticut Agricultural Experiment Station, New Haven, CT*. p. 8.
http://www.ct.gov/caes/lib/caes/documents/publications/fact_sheets/plant_pathology_and_ecology/diseases_of_geranium.pdf. Τελευταία επίσκεψη 10/03/2014.
- Droby, S., Chalutz, E., Horev, B., Cohen, L., Gaba, V., Wilson, C.L. and Wisniewski, M. (1993).** Factors affecting UV-induced resistance in grapefruit against the green mould decay caused by *Penicillium digitatum*. *Plant Biology*. 42, 418-424.
- Erkan, M., Wang, C.V. and Krizek, D.T. (2001).** UV-C irradiation reduces microbial populations and deterioration in *Cucurbita pepo* fruit tissue. *Environmental and Experimental Botany*. 45, 1-9.
- Gagnon, S. and Dansereau, B. (1992).** Temperature and Duration of Pretreatment Effects on Growth and Development of Geraniums. *Hortscience*, 27, 216-217.
- Gonzales-Aguilar, G., Wang, C.V. and Buta, G.J. (2004).** UV-C irradiation reduces breakdown and chilling injury of peaches during cold storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 84, 415-422.
- Gressel, J. (1979).** Blue light photoreception. *Photochemistry and Photobiology*, 30 (3): 749-54.
- Harm, W. (1980).** Biological effects of ultraviolet radiation. Cambridge University Press, New York. p. 216.
- Hektors, k., Prinsen, E., De Coen, W., Jansen, M.AK. and Guisez, Y. (2007).**

Arabidopsis thaliana plants acclimated to low dose rates of ultraviolet B radiation show specific changes in morphology and gene expression in the absence of stress symptoms. *New Phytologist*. 175, 255-270.

Hogan, C. (2012). Sunlight.

<http://www.eoearth.org/view/article/160592>. Τελευταία επίσκεψη 13.05.2014.

Kaczperski, M.P., Armitage, A.M. and Lewis, P.M. (1996). Performance of Plug-grown Geranium Seedlings Preconditioned with Nitrogen Fertilizer or Low-temperature Storage. *Hortscience*, 31, 361-363.

Kami, C., Lorrain, S., Hornitschek, P. and Fankhauser, C. (2010). Light-regulated plant growth and development. *Current topics in developmental biology*, 91, 29-66

Kendrick, R.E. and Kronenberg, G.H.M. (editors). (1994). Photomorphogenesis in plants (2nd edition). Springer pub., Netherlands, p. 864.

Kim, J.H., Lee, S.H., Kim, C.S., Lim, E.K., Choi, K.H., Kong, H.G., Kim, D.W., Lee, S.W. and Moon, B.J. (2007). Biological control of strawberry gray mold caused by *Botrytis cinerea* using *Bacillus licheniformis* N1 formulation. *Journal of microbiology and biotechnology*, 17 (3), 438-444.

Kliebenstein, D.J., Lim, J.E., Laundry, L.G. and Last, R.L. (2002). *Arabidopsis* UVR8 regulates ultraviolet-B signal transduction and tolerance and contains sequence similarity to human regulator of chromatin condensation 1. *Plant Physiology*, 130, 234-243.

Kobzar, E.F., Kreslavski, V.D. and Muzafarov, E.N. (1998). Photomorphogenetic responses to UV radiation and short-term red light in lettuce seedlings. *Plant Growth Regulation*. 26, 73-76.

Lemoine, M.L., Civello, P.M., Martínez, G.A. and Chaves, A.R. (2007). Influence of postharvest UV-C treatment on refrigerated storage of minimally processed broccoli (*Brassica oleracea* var. Italica). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 87, 1132-1139.

López-Rubira, V., Conesa, A., Allende, A. and Artés, F. (2005). Shelf life and overall quality of minimally processed pomegranate arils modified atmosphere packed and treated with UV-C. *Postharvest Biology and Technology*. 37, 174-185.

Madronich, S. and Flocke, S. (1997). Theoretical estimation of biologically effective UV radiation at the Earth's surface. In: *Solar ultraviolet radiation: modeling, measurements and effects* (Ed. Zeferos, C. and Bais, A). NATO ASI Series I: Global Environmental Change, Vol. 52, Springer-Verlag Berlin pub. p. 23-48.

- Masters, M.T. (1869).** Vegetable teratology, an account of the principal deviations from the usual constructions of plants. Published for the Ray Society by Robert Hardwicke, London, p. 534.
- Nigro, F., Ippolito, A. and Lima, G. (1998).** Use of UV-C light to reduce *Botrytis* storage rot of table grapes. *Postharvest Biology and Technology*. 13, 171-181.
- Pan, J., Vicente, A.R., Martinez, G.A., Chaves, A.R. and Civello, P.M. (2004).** Combined use of UV-C irradiation and heat treatment to improve postharvest life of strawberry fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 84, 1831-1838.
- Pombo, M.A., Rosli, H.G., Martinez, G.A. and Civello, P.M. (2011).** UV-C treatment affects the expression and activity of defense genes in strawberry fruit (*Fragaria x ananassa*, Duch.). *Postharvest Biology and Technology*. 59, 94-102.
- Schäfer, E. and Nagy, F. (editors). (2006).** Photomorphogenesis in Plants and Bacteria: Function and Signal Transduction Mechanisms (3rd edition). Springer pub., Netherlands, p. 665.
- Sharma, N. and Tripathi, A. (2008).** Integrated management of postharvest *Fusarium* rot of gladiolus corms using water, UV-C and *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. Essential oil. *Postharvest Biology and Technology*. 47, 246-254.
- Shinkle, J. (2008).** Basic photomorphogenesis. Photobiological sciences online. American society for photobiology.
<http://www.photobiology.info/Shinkle.html>. Τελευταία επίσκεψη 27/04/2014.
- Stevens, C., Khan, V.A., Lu, J.V., Wilson, C.L., Pusey, L.P., Kabwe, M.K., Igwegbe, Chalutz, E. And Droby, S. (1998).** The germicidal and hermetic effects of UV-C light on reducing brown rot disease and east microflora of peaches. *Crop Production*. 17, 75-84.
- Stevens, C., Khan, V.A., Lu, J.V., Wilson, C.L., Chalutz, C., Droby, S., Kabwe, M.K., Haung, Z., Adeyeye, O., Pusey, L.P. and Tang, A.Y.A. (1999).** Induced resistance of sweetpotato to *Fusarium* root rot by UV-C hormesis. *Crop Protection*. 18, 463-470.
- Taiz, L. and Zeiger, E. (1998).** Plant physiology. Sinauer associates, Sunderland, MA, USA, p. 792.
- Tardif, M. and Dansereau, B. (1993).** High R/FR HPS-pulses enhance earliness of flowering of exacum (*Exacum affine* Balf. F.) and geranium (*Pelargonium x hortorum* L. H. Bailey). *Canadian Journal of Plant Science*. 73, 1163-1167.
- Taylor, J. (1994).** Geraniums and Pelargoniums: The complete guide. The Crowood Press, Wiltshire. p. 176.
- Thomas, P.A. (2012).** Geraniums. Learning for Life, Bulletin 790, *University of Georgia* –

Cooperate extension.

http://www.caes.uga.edu/applications/publications/files/pdf/B%20790_2.PDF. Τελευταία επίσκεψη 27/03/2014.

Uchneat, M.S. and Craig, R. (1996). Resistance of *Pelargonium* species to the fungal pathogen *Botrytis cinerea*. *Abstracts of 93rd annual conference of the American Society for Horticultural Science*, 6-10 October, 1996, Lexington, Kentucky, USA.

Uchneat, M.S., Spicer, K. and Craig, R. (1999). Differential response to floral infection by *Botrytis cinerea* within the genus *Pelargonium*. *HortScience*, 34(4), 718-720.

UltraViolet Devices, Inc.

<http://uvdi.com/pages/how-it-works-uv-energy> Τελευταία επίσκεψη 13.05.2014.

Vicente, A.R., Pineda, C., Lemoire, L., Civello, P.M., Martínez, G.A. and Chaves, A.R. (2005). UV-C treatments reduce decay, retain quality and alleviate chilling injury in pepper. *Postharvest Biology and Technology*. 35, 69-78.

Zimand, G., Elad, Y. and Chet, I. (1996). Effect of *Trichoderma harzianum* on *Botrytis cinerea* pathogenicity. *Phytopathology*, 86:11, 1255-1260.

Ελληνική Βιβλιογραφία

Αργυροπούλου, Ε. (2013). Επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας UV-C στην ανάπτυξη και τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα στα είδη: γεράνι και *Impatiens*. *Πτυχιακή εργασία Τμήματος Βιολογικών Θερμοκηπιακών Καλλιέργειών, ΤΕΙ Καλαμάτας*. σελ. 62.

Γαλάτης, Β., Κατσαρός, Χ. και Αποστολάκος, Π. (1998). Εισαγωγή στη βοτανική. Εκδ. Σταμούλης, Αθήνα, σελ. 735.

Δάρρας, Α. (2008). Καλλιέργεια γερανιού. *Ανθοκαλλιέργεια και Κηποτεχνία*, 2, 36-41.

Δάρρας, Α. (2010). Κήποι – Βεράντες – Οροφώκηποι. Εκδ. Έμβρυο, Αθήνα. σελ. 284.

Δημόπουλος, Β. (2010). Φυτοπροστατευτικά προϊόντα. Εκδ. Έμβρυο, Αθήνα. σελ. 360.

Ζευγαδάκης, Ν. (2005). Ασθένειες των *Geranium* spp. *Πτυχιακή Μελέτη ΑΤΕΙ Ηρακλείου*. σελ. 23

Ζιώγας, Β.Ν. και Μαρκόγλου, Α.Ν. (2010). Γεωργική Φαρμακολογία – Βιοχημεία, Φυσιολογία, Μηχανισμοί Δράσης και Χρήσεις των Φυτοπροστατευτικών Προϊόντων, 2^η Έκδοση. Εκδ. των συγγραφέων, Αθήνα. σελ 872.

Ηλιόπουλος, Α.Γ. (2004). Γενική Φυτοπαθολογία. Εκδ. Έμβρυο, Αθήνα. σελ. 396.

Καράταγλης, Σ.Σ.. (1994). Φυσιολογία φυτών (3^η έκδοση). Εκδ. Art of text, Θεσσαλονίκη, σελ. 470.

Μπάης, Α. Η υπεριώδης ηλιακή ακτινοβολία και οι επιδράσεις της στον άνθρωπο.

<http://lap.physics.auth.gr/upload/UltraViolet.pdf>. Τελευταία επίσκεψη 13.05.2014.

Παναγόπουλος, Χ.Γ. (2003). Ασθένειες καλλωπιστικών φυτών. Εκδ. Σταμούλης, Αθήνα. σελ. 453.

Παπαγιάννης, Α. Δείκτης υπεριώδους ακτινοβολίας (UV-Index).

<http://www.physics.ntua.gr/~papayannis/Articles%20for%20tamex/UV-INDEX-alex.pdf>.

Τελευταία επίσκεψη 31.08.2014.

Παπαδοπούλου, Κ. (2014). Φωτομοφογένεση (Φυτορμόνες – Φωτοδέκτες). Σημειώσεις μαθήματος Φυσιολογίας Φυτών, Τμήμα Βιοχημείας και Βιοτεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (e-class).

Σάββας, Δ.Σ. (2003). Γενική ανθοκομία. Εκδ. Έμβυο, Αθήνα. σελ. 316.

Σαρλής, Γ.Π. (1999). Συστηματική βοτανική: Εφαρμογές κορμοφύτων. Εκδ. Σταμούλης, Αθήνα. σελ. 432.

Τζάμος, Ε.Κ. (2007). Φυτοπαθολογία – 2^η Έκδοση. Εκδ. Σταμούλης, Αθήνα. σελ. 560.

Ψαράς, Γ. (2006). Έχει νεύρα το γεράνι – Η φυτική ευφυΐα. *Κηποτεχνία – Ανθολόγιο*. 32, 94-99.