

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
& ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Αριθμ. Πρωτοκ.

279

Ημερομηνία

3-7-2009

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ &  
ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**Επίδραση υπερϊώδους ακτινοβολίας-B και όζοντος στο φυτό  
*sesamum indicum*.**



Θεοδοσίου Ιωάννης

**Πτυχιακή διατριβή** που υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας ως μερική υποχρέωση για τη λήψη του πτυχίου του Γεωπόνου.

ΒΟΛΟΣ 2009

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ  
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 7451/1  
Ημερ. Εισ.: 21-08-2009  
Δωρεά: Συγγραφέα  
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΦΠΑΠ  
2009  
ΘΕΟ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**Επίδραση υπερϊόδους ακτινοβολίας-B και όζοντος στο φυτό  
*sesamum indicum*.**

Θεοδοσίου Ιωάννης

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Εμμανουήλ Βαρδαβάκης

Λέκτορας  
Επιβλέπων

Σφουγγάρης Αθανάσιος

Επικ. Καθηγητής  
Μέλος

Τσιρόπουλος Νικόλαος

Αναπλ. Καθηγητής  
Μέλος

Αφιερώνεται σε όλη την οικογένεια μου

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θέλω να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα την πτυχιακή μου διατριβή Λέκτορα κ. Εμμανουήλ Βαρδαβάκη για την συνεχή καθοδήγηση και τις εποικοδομητικές παρατηρήσεις του κατά την διάρκεια του πειραματικού μέρους της εργασίας, καθώς και για την τελική διαμόρφωση του κειμένου.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Πέτρο Λόλα για το δανεισμό του χλωροφυλλόμετρου τύπου SPAD και του εμβαδόμετρου για την περάτωση μέρους των μετρήσεων της πτυχιακής μου εργασίας.

Θερμές ευχαριστίες εκφράζω επίσης στους παρακάτω:

Τον καθηγητή κ. Σταμόπουλο καθηγητή ζωολογίας και υδρόβιας εντομολογίας για την παραχώρηση του μικροσκοπίου και του στερεοσκοπίου για να φωτογραφηθούν διάφορα δείγματα.

Χατζοπούλου για την προμήθεια φυτών και σπόρου βασιλικού καθώς και για την παροχή χρήσιμων συμβουλών που αφορούσαν το φυτό και την εγκατάστασή του.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής τον επικ. καθηγητή κ. Σφουγγάρη Αθανάσιο και τον αναπληρωτή καθηγητή κ. Νικόλαο Τσιρόπουλο για την βοήθεια τους για την περάτωση της διατριβής.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου για την στήριξη και την βοήθεια που μου παρείχε όλα αυτά τα χρόνια.

Πίνακας περιεχομένων	
Περίληψη .....	8
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b>	
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	
1.1 Ιστορικά για το σουσάμι .....	10
1.2 Βοτανική Σουσαμιού .....	11
1.3 Η θρεπτική αξία του σουσαμιού .....	12
1.4 Ταξινόμηση φυτού <i>sesamum indicum</i> .....	16
1.5 Ασθένειες και έντομα.....	17
1.6 Καλλιεργητικές απαιτήσεις του σουσαμιού .....	17
1.7 Προϊόντα σουσαμιού .....	18
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b>	
2.1 Γενικά για τις υπεριώδεις ακτινοβολίες	
2.1.1. Η υπεριώδης ηλιακή ακτινοβολία.....	21
2.1.2. Βιολογικές επιπτώσεις της υπεριώδους ακτινοβολίας.....	21
2.1.3. Παράγοντες που επηρεάζουν την υπεριώδη ακτινοβολία. ....	22
2.1.4. Δείκτης UV (UV Index).....	24
2.1.5 Ο Δείκτης UV στον 21ο αιώνα.....	24
2.1.6. Η ένταση της υπεριώδους ακτινοβολίας.....	25
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b>	
3.1. Γενικά για το τροποσφαιρικό όζον.....	27
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</b>	
<b>4.1 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ</b>	
4.1.1 Περιγραφή του πειράματος του όζοντος. ....	32
4.1.2 Περιγραφή του πειράματος επίδραση UV-B ακτινοβολίας .....	35
4.1.3. Μέτρηση του αριθμού των μη αδενωδών τριχών ανά mm <sup>2</sup> της επιφάνειας των φύλλων.....	37
4.1.4. Μέτρηση του ρυθμού επιμήκυνσης του ελάσματος των φύλλων και του 37 μέγιστου πλάτους .....	37
4.1.5. Μέτρηση του μήκους και του πλάτους των στομάτων.....	37
4.1.6. Μέτρηση του μήκους των στημόνων της στεφάνης και των στύλων των ανθέων .....	37
4.1.7. Μέτρηση του βάρους 1000 σπερμάτων .....	37
4.1.8. Μέτρηση του ύψους των φυτών και των μεσογονατίων διαστημάτων του κυριώς βλαστού .....	38
4.1.9. Μέτρηση του περιεχομένου σε χλωροφύλλη (a + b, μονάδες SPAD) των φύλλων .....	39
4.1.10. Μέτρηση της βλαστικότητας των γυρεοκόκκων επί της %.....	38
4.1.11. Μέτρηση του εμβαδού των φύλλων .....	39
4.1.12. Μέτρηση του υδατικού δυναμικού(Mpa). ....	39
4.1.13. Μέτρηση του σχετικού υδατικού περιεχομένου(%). ....	40

4.1.14. Μέτρηση του ρυθμού επιμήκυνσης του ελάσματος των φύλλων και του μέγιστου πλάτους. ....	40
4.1.15. Μέτρηση του καθαρού ρυθμού φωτοσύνθεσης των φύλλων. ....	41
4.1.17. Στατιστική επεξεργασία πειραματικών δεδομένων. ....	41
4.1.18. Παρουσίαση των αποτελεσμάτων ..... 42	42

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### 5.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.2. Επίδραση της UV-B ακτινοβολίας.	
5.2.1. Μη αδενώδεις τρίχες ανά mm <sup>2</sup> της επιφάνειας των φύλλων. ....	43
5.2.2. Αριθμός επιδερμικών κυττάρων ανά mm <sup>2</sup> της επιφάνειας των φύλλων. ....	44
5.2.3. Αριθμός στομάτων ανά mm <sup>2</sup> της επιφάνειας των φύλλων. ....	46
5.2.4. Μήκος(μm) των στομάτων ..... 47	47
5.2.5. Πλάτος(μm) των στομάτων. .... 47	47
5.2.6. Μήκος(cm) των στημόνων ..... 49	49
5.2.7. Μήκος(cm) του στύλου στα άνθη ..... 49	49
5.2.8. Μήκος(cm) της στεφάνης στα άνθη ..... 50	50
5.2.9. Βάρος(g) 1000 σπερμάτων ..... 50	50
5.2.10. Περιεχόμενο σε χλωροφύλλη (a + b, μονάδες SPAD) των φύλλων..... 51	51
5.2.11. Βλαστικότητα των Γυρεοκόκκων επί της %..... 52	52
5.2.12. Ύψος(cm) των φυτών ..... 52	52
5.2.13. Επίδραση UV-B ακτινοβολίας στα μεσογονάτια διαστήματα(cm) του κυρίως βλαστού ..... 53	53
5.2.14. Υδατικό δυναμικό(Mpa)..... 54	54
5.2.15. Σχετικό υδατικό περιεχόμενο(%)..... 55	55
5.2.16. Επίδραση της UV-B ακτινοβολίας στο ρυθμό επιμήκυνσης του ελάσματος του φύλλου και του μέγιστου πλάτους ..... 56	56
5.2.17. Εμβαδόν(cm <sup>2</sup> ) των φύλλων ..... 57	57
5.2.18. Ξηρό βάρος(g) των φύλλων ..... 57	57
5.2.19. Ξηρό βάρος(g) των βλαστών ..... 58	58
5.2.20. Καθαρός ρυθμός φωτοσύνθεσης (μmol/m <sup>2</sup> .sec). .... 58	58
5.2.21. Στοματική αγωγιμότητα (cm/sec) ..... 59	59
5.2.22. Μεσοκυτταρική συγκέντρωση του CO <sub>2</sub> (ppm) (C <sub>i</sub> ) ..... 59	59
5.2.23. Αντίσταση των στομάτων (s. cm <sup>-1</sup> )(R <sub>s</sub> )..... 60	60
5.2.24. Στοματική αγωγιμότητα (cm <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )(C <sub>s</sub> ) ..... 60	60
5.2.25. Διαπνοή (mmol.m <sup>-2</sup> .s <sup>-1</sup> ) (E) ..... 61	61
5.3. Επίδραση όζοντος ..... 62	62
5.3.1. Μη Αδενώδεις τρίχες ανά mm <sup>2</sup> της επιφάνειας των φύλλων ..... 62	62
5.3.2. Αριθμός επιδερμικών κυττάρων ανά mm <sup>2</sup> της επιφάνειας των φύλλων ..... 62	62
5.3.3. Αριθμός στομάτων ανά mm <sup>2</sup> της επιφάνειας των φύλλων ..... 63	63
5.3.4. Μήκος στομάτων(μm) ..... 63	63
5.3.5. Πλάτος στομάτων(μm) ..... 64	64
5.3.6. Βάρος(g) 1000 σπερμάτων ..... 65	65
5.3.7. Περιεχόμενο σε χλωροφύλλη (a+b, μονάδες SPAD) των φύλλων ..... 65	65
5.3.8. Βλαστικότητα Γυρεοκόκκων επί της (%) ..... 66	66
5.3.9. Ύψος(cm) των φυτών ..... 66	66

5.3.10. Επίδραση του όζοντος στα μεσογονάτια διαστήματα(cm) του κυρίως βλαστού .....	67
5.3.11. Υδατικό δυναμικό(Mpa) .....	68
5.3.12. Σχετικό υδατικό περιεχόμενο(%).....	68
5.3.13. Επίδραση του όζοντος στο ρυθμό επιμήκυνσης του ελάσματος του φύλλου και του μέγιστου πλάτους .....	69
5.3.14. Εμβαδόν(cm <sup>2</sup> ) των φύλλων .....	70
5.3.15. Ξηρό βάρος(g) των φύλλων .....	70
5.3.16. Ξηρό βάρος(g) των βλαστών .....	71
5.3.17. Καθαρός ρυθμός φωτοσύνθεσης (μmol/m <sup>2</sup> .sec ) .....	71
5.3.18. Στοματική αγωγιμότητα (cm/sec).....	71
5.3.19 Μεσοκυτταρική συγκέντρωση του CO <sub>2</sub> (ppm) (Ci).....	72
5.3.20. Αντίσταση των στομάτων (s. cm <sup>-1</sup> )(Rs).....	72
5.3.21. Στοματική αγωγιμότητα (cm <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )(Cs) .....	73
5.3.22. Διαπνοή (mmol.m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) (E) .....	73
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 .....	74
ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....	74
6.1 Επίδραση της UV-B ακτινοβολίας .....	74
6.2. Επίδραση όζοντος .....	93
6.3 Συμπεράσματα .....	107
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	109



## Περίληψη

Σε αυτήν την πτυχιακή διατριβή μελετήθηκε η επίδραση της UV-B ακτινοβολίας και του όζοντος σε κάποιες μορφολογικές και φυσιολογικές παραμέτρους στο φυτό *sesamum indicum*.

Για την μέτρηση της επίδρασης της UV-B ακτινοβολίας φυτεύτηκαν σπόροι στις 20/8/2007 σε ζαρτινιέρες . Οι 15 συνολικά ζαρτινιέρες, περιείχαν ίση κατ' όγκο ποσότητα τύρφης floradur και εδάφους (PG) σε αναλογία 2:1 χόμα:τύρφη. Οι ζαρτινιέρες μεταφέρθηκαν στους θαλαμους των υπεριωδών ακτίνων B, 5 σε κάθε ένα από τους 3 θαλαμους που βρίσκονται σε ένα σκοτεινό παράπηγμα μεταλλικής κατασκευής, το οποίο βρίσκεται στην Γεωπονική σχολή του Βόλου. Οι τρεις θάλαμοι είχαν λαμπτήρες υπεριώδης ακτινοβολίας με ένταση  $0,000 \text{ w/m}^2$ ,  $0,1365 \text{ w/m}^2$  και  $0,2232 \text{ w/m}^2$  αντίστοιχα.

Η UV-B ακτινοβολία επηρέασε διάφορες μορφολογικές και φυσιολογικές παραμέτρους του φυτού *sesamun indicum*. Μείωσε το ύψος των φυτών, το περιεχόμενο των φύλλων σε χλωροφύλλη, το ποσοστό της βλαστικότητας των γυρεοκόκκων επί της %. Επίσης προκάλεσε αλλαγές στην μορφολογική δομή των φύλλων. Μείωσε τον αριθμό των μη αδενωδών τριχών, μείωσε τον αριθμό των επιδερμικών κυττάρων, μείωσε το μήκος και το πλάτος των στομάτων όπως επίσης και τον αριθμό των στομάτων. Ακόμα προκλήθηκαν αλλαγές στα άνθη του σουσαμιού και συγκεκριμένα μειώσεις στο μήκος της στεφάνης, των στημόνων και του στύλου των ανθέων και στην βλαστικότητα των γυρεοκόκκων επί της %. Μειώσεις από την επίδραση της UV-B ακτινοβολίας προκλήθηκαν και σε διάφορες φυσιολογικές παραμέτρους, όπως το υδατικό δυναμικό και το σχετικό υδατικό περιεχόμενο(%) επίσης μείωση προκλήθηκε και στο περιεχόμενο των φύλλων σε χλωροφύλλη (a+b, μονάδες SPAD) και στο ξηρό βάρος των βλαστών και των φύλλων.

Για την μέτρηση της επίδρασης του όζοντος στο φυτό *sesamum indicum* φυτεύτηκαν σπόροι στις 20/8/2007 σε ζαρτινιέρες . Οι 10 συνολικά ζαρτινιέρες, περιείχαν ίση κατ' όγκο ποσότητα τύρφης floradur και εδάφους (PG) σε αναλογία 2:1 χόμα:τύρφη. Και οι δέκα ζαρτινιέρες τοποθετήθηκαν σε θαλάμους, πέντε στο θάλαμο control και πέντε στο θάλαμο του όζοντος. Οι θάλαμοι βρίσκονται σε ένα σκοτεινό παράπηγμα μεταλλικής κατασκευής, το οποίο βρίσκεται στην Γεωπονική σχολή του Βόλου.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το όζον προκάλεσε σημαντικές αλλαγές στην δομή των φύλλων. Η έκθεση στο όζον μείωσε τον αριθμό των μη

αδενωδών τριχών των φύλλων. Αύξησε τον αριθμό των επιδερμικών κυττάρων στην κάτω επιφάνεια και των στομάτων στην πάνω. Το μήκος των στομάτων μειώθηκε , ενώ το πλάτος των στομάτων μειώθηκε στην κάτω επιφάνεια. Το όζον προκάλεσε μείωση του ποσοστού της βλαστικότητας των γυρεοκόκκων. Επίσης το όζον επηρέασε μερικές φυσιολογικές παραμέτρους όπως την φωτοσύνθεση και την χλωροφύλλη και του σχετικού υδατικού περιεχομένου επί της % προκαλώντας μειώσεις σε σχέση με τον μάρτυρα. Επίσης μειώθηκε το τελικό ύψος των φυτών.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Ιστορικά για το σουσάμι

Το σουσάμι είναι μια τροφή μοναδική. Η κατανάλωση τόσο ολόκληρων των σπόρων όσο και των αλεσμένων, καθώς και του ελαίου του, χρονολογούνται από τους αρχαίους χρόνους. Η καλλιέργεια του σουσαμιού είναι τόσο παλιά όσο αυτή του ρυζιού και υπολογίζεται ότι ξεκίνησε πριν από 6000 χρόνια. Το σουσάμι άρχισε να καλλιεργείται στην Παλαιστίνη και τη Συρία γύρω στο 3000 π.Χ. Ευρήματα στην Αίγυπτο μαρτυρούν ότι οι αρχαίοι Αιγύπτιοι γνώριζαν την καλλιέργεια του σησαμιού, το οποίο θεωρούσαν ως μια πηγή υψηλής ενέργειας για την ανθρώπινη διατροφή. Επιγραφές που φυλάσσονται στο Βρετανικό Μουσείο, αναφέρουν, ότι οι Ασσυριακοί θεοί έπιναν κρασί από σησάμι πριν ορμίσουν στη μάχη. Το σησάμι ήταν τόσο πολύτιμο, ώστε οι αρχαίοι Ασσύριοι διαπραγματεύονταν τα δάνεια τους σε ασήμι ή σησαμόσπορο. Ο Ηρόδοτος αναφέρει ότι και οι Βαβυλώνιοι γνώριζαν την καλλιέργεια του σησαμιού (1750 π.Χ.), καθώς και το παστέλι. Σησάμι έχει βρεθεί στο τάφο του Τουταγχαμών (14ος αιώνας π.Χ.) και στο ακρωτήριο της θήρας (καταστράφηκε από σεισμό το 1628 π.Χ.). Ο Μάρκο Πόλο επίσης αναφέρει ότι το 1298 μ.Χ. οι Πέρσες χρησιμοποιούσαν το σησάμι και τα προϊόντα του για τροφή, για μασάζ, σε γιαιτροσόφια, ως φωτιστικό λάδι και σε καλλυντικά.

Στην αρχαία Ελλάδα το σησάμι χρησιμοποιείται και ως τροφή, αλλά και για την παραγωγή φαρμάκων. Ο Ιπποκράτης εξαιρεί την υψηλή διαιτητική του αξία, ενώ ο Γαληνός το χρησιμοποιεί ως φάρμακο εναντίον της διακοπής του γάλακτος των γυναικών που θηλάζουν, της εξέλκωσης της μήτρας και της λευκόρροιας. Ακόμη, το λάδι του χρησιμοποιείται στην επάλειψη του προσώπου για τον περιορισμό των φακίδων (Ιπποφάντης). Ως τροφή, το σησάμι ήταν πολύ διαδεδομένο στην αρχαία ελληνική κουζίνα. Ο Αθηναίος, στους "Δειπνοσοφιστές", θεωρεί το σησάμι ως μια από τις βασικές τροφές των αρχαίων Ελλήνων. Στην "Ειρήνη", ο Αριστοφάνης αναφέρει μια από τις χρήσεις του σησαμιού, γνωστή μέχρι τις μέρες μας : "Η κότα

ψήθηκε. Το παστέλι του σησαμιού ζυμώθηκε". Στις "Βατραχομουμαχίες" αναφέρεται το σουσαμότυρο, προφανώς ένα μίγμα τυριού και ταχινιού. Η σησαμής, ένα μίγμα σησαμιού και μελιού (είδος χαλβά ) προσφερόταν στους γάμους, ενώ το κνήκον παρασκευαζόταν από αλευρωμένο γάλα και γαρνίρονταν με μέλι και σησάμι.

## **1.2 Βοτανική Σουσαμιού**

Το σησάμι ανήκει στο γένος *Sesamum* και είναι ένα από τα 16 γένη της οικογένειας *Pedeliaceae*. Υπάρχουν 36 είδη σησαμιού, τα περισσότερα από τα οποία είναι άγρια, διασκορπισμένα κυρίως στην Αφρικανική σαββάνα, στην Ινδία, στις Ανατολικές Ινδίες και στην Αυστραλία.

Το είδος που καλλιεργείται είναι το *Sesamum indicum* L., και αποτελεί την κύρια πηγή σησαμιού. Κυρίως φυτεύεται στην Ινδία, την Κίνα, το Μεξικό και το Σουδάν.

Το όνομα σησάμι προέρχεται από την Αραβική λέξη "semsin". Παλαιότερα η Ινδία θεωρούνταν η χώρα καταγωγής του σησαμιού, αλλά σήμερα πιστεύουμε ότι η πραγματική χώρα καταγωγής του είναι το Σουδάν, στην Κεντρική Αφρική, όπου έχουν βρεθεί πολλά άγρια είδη. Η χρησιμοποίηση του σησαμιού ως τροφής είναι τόσο παλαιά όσο του σιταριού και του ρυζιού όπως προκύπτει από αρχαιολογικές ανασκαφές στην αρχαία Αίγυπτο το 6000 π.Χ. Βάση των αρχαίων ευρημάτων δύο πιθανοί δρόμοι δημιουργήθηκαν για την εξάπλωση του από την Κεντρική Αφρική, ο ένας δρόμος ανατολικά πέρασε πάνω από τον Ινδικό Ωκεανό και έφθασε στην Ινδία, στην Κεντρική Ασία και από εκεί στην Κίνα, την Ιαπωνία, την Βορειοανατολική Ασία και την Αυστραλία. Ο άλλος δρόμος ήταν βόρεια από την Αίγυπτο και μέσω των Μεσογειακών χωρών στην Αραβία, την Κεντρική Ασία και την Κίνα, και τελικά στην Ευρώπη.

Το σησάμι είναι φυτό με ύψος 100-120cm, το οποίο αναπτύσσει απλά ή διακλαδισμένα στελέχη. Τα φύλλα του φύονται στους κόμβους εναλλάξ ή αντικρυστά. Ένα σε κάθε τρία άνθη, μήκους 4-5 cm, γονιμοποιείται και αργότερα αναπτύσσεται ο υποδοχέας που φέρει τους σπόρους. Το φυτό αρχίζει να ανθίζει 40-50 ημέρες μετά τη σπορά και η ανθοφορία συνεχίζεται μέχρι πλήρους ωριμότητας του φυτού. Ο αναποδογυρισμένος υποδοχέας ανοίγει από την κορυφή και απελευθερώνει τους σπόρους. Η αραβική φράση «σουσάμι άνοιξε» λέγεται ότι προέρχεται από τις

κινήσεις που κάνει η κάψουλα για να ανοίξει. Κάθε κάψουλα περιέχει 70-100 σπόρους. Οι σπόροι, ανάλογα με την ποικιλία από την οποία προέρχονται, διαφέρουν αρκετά στο χρώμα, το μέγεθος ακόμη και στην υφή του φλοιού του σπόρου. Το χρώμα διαφοροποιείται από τελείως λευκό σε καστανό, καστανοκίτρινο, γκριζό, ιώδες και μαύρο. Ο φλοιός του σπόρου μπορεί να είναι ομαλός ή και ανώμαλος. Συνήθως το μαύρο σησάμι έχει παχύ φλοιό. Το σησάμι ενώ πρωτοεμφανίσθηκε στην Αφρικανική σαββάνα τώρα καλλιεργείται σε όλο τον κόσμο, σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές μεταξύ του Βορείου και Νοτίου 45ου παραλλήλου. Η καλλιέργεια του απαιτεί όχι χαμηλές θερμοκρασίες κατά τη βλαστική περίοδο. Η ανάπτυξη και η δημιουργία σπόρων ευνοείται όταν η μέση ημερήσια θερμοκρασία είναι περίπου 25 °C. Το φυτό αντέχει στην ξηρασία και μπορεί να αναπτυχθεί σε περιοχές όπου υπάρχει αρκετή βροχόπτωση. Έχει καλά αναπτυγμένο ριζικό σύστημα το οποίο μπορεί να βρει νερό και σε βαθύτερα στρώματα. Η απόδοση του κυμαίνεται από 350 έως 1700kg/ha και εξαρτάται από την ποικιλία που χρησιμοποιείται και από τις τεχνικές καλλιέργειας και συγκομιδής. Σύμφωνα με στοιχεία του FAO ο μέσος όρος παραγωγής είναι 500kg/ha. Η παραγωγικότητα αυτή θεωρείται αρκετά χαμηλότερη από την παραγωγή άλλων ελαιούχων πηγών όπως σόγιας και κράμβης. (www.sesami.gr)

### **1.3 Η θρεπτική αξία του σουσαμιού**

Το σουσάμι (ή σησάμι) και τα προϊόντα του αποτελούν τρόφιμα υψηλής θρεπτικής αξίας. Ο σησαμόσπορος, καρπός του φυτού σησάμι, αποτελεί την πρώτη ύλη για την παρασκευή του σουσαμιού, του ταχινιού (πολτοποιημένο σουσάμι) και του χαλβά.

Το σουσάμι αποτελεί μια πολύ θρεπτική τροφή για τον άνθρωπο, η οποία τα τελευταία χρόνια έχει συσχετιστεί τόσο με την πρόληψη όσο και την αντιμετώπιση χρονίων νοσημάτων με υψηλή συχνότητα στους κατοίκους της Δύσης, όπως τα καρδιαγγειακά νοσήματα, διάφορες μορφές καρκίνου κ.ά.

Ανά 100 γρ. το σουσάμι περιλαμβάνει:

19,8 γρ. πρωτεΐνη

52,5 γρ. λίπος

15–20 γρ. υδατάνθρακες (εκτός φυτικών ινών)

3 γρ. φυτικών ινών

1.200 mg ασβεστίου

540 mg φωσφόρου

10 mg σιδήρου

Βιταμίνες του συμπλέγματος Β

Βιταμίνη Ε

Πρωτεΐνες

Το σουσάμι αποτελεί φυτικής προέλευσης τρόφιμο, που περιέχει υψηλής βιολογικής αξίας φυτικές πρωτεΐνες.

Όπως εξηγούν οι κλινικοί διαιτολόγοι-διατροφολόγοι κ.κ. Χαράλαμπος. Ι Γεωργακάκης, πρόεδρος του Πανελληνίου Συλλόγου Διαιτολόγων και Ιωάννης Χρύσου, ταμίας του Πανελληνίου Συλλόγου Διαιτολόγων, το σουσάμι είναι πλούσιο σε αμινοξέα όπως η μεθειονίνη, η τρυπτοφάνη, η λευκίνη και η αργινίνη, ενώ είναι σχετικά μικρή η περιεκτικότητά του σε λυσίνη.

Έτσι, όταν συνδυασθεί με τρόφιμα που περιέχουν λυσίνη, όπως τα όσπρια και οι ξηροί καρποί, οι πρωτεΐνες που προκύπτουν είναι υψηλής βιολογικής αξίας και διαθεσιμότητας, καθώς πλησιάζουν τη βιολογική αξία ζωικών πρωτεϊνών, όπως η καζεΐνη.

Γι' αυτούς τους λόγους το σουσάμι θα μπορούσε με τους κατάλληλους συνδυασμούς τροφίμων να αποτελέσει τρόφιμο εκλογής για ανθρώπους, οι οποίοι αποφεύγουν την κατανάλωση κρέατος και προϊόντων του, όπως είναι οι φυτοφάγοι και όσοι βρίσκονται σε περίοδο παρατεταμένης νηστείας.

Πάντως, σε καμία περίπτωση δεν θα πρέπει να θεωρηθεί ότι θα μπορούσε να υποκαταστήσει δια παντός το κρέας και τα ζωικά προϊόντα στη διατροφή.

### Λιπίδια

Τα λιπαρά οξέα αποτελούν τα θρεπτικά συστατικά με τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα στο σουσάμι. Στην πλειονότητά τους είναι μονοακόρεστα (45%) και

πολυακόρεστα (40%), ενώ τα κορεσμένα κατέχουν το μικρότερο ποσοστό στη σύσταση του τροφίμου (15%).

Η αυξημένη παρουσία πολυακόρεστων λιπαρών οξέων καθιστά το σουσάμι μια ιδιαίτερος θρεπτική τροφή, καθώς τα συγκεκριμένα οξέα δεν μπορεί να τα συνθέσει ο ανθρώπινος οργανισμός, γι' αυτό και θεωρείται απαραίτητο να προσλαμβάνονται μέσω της διατροφής.

#### Υδατάνθρακες

Οι υδατάνθρακες αποτελούν το θρεπτικό συστατικό με τη μικρότερη αναλογία στο σουσάμι. Αποτελούν το 15%–20% της σύστασης του τροφίμου. Από αυτούς το μεγαλύτερο μέρος αποτελούν οι φυτικές ίνες (κυρίως κυτταρίνη και ημικυτταρίνη), ενώ περιλαμβάνονται σε ελάχιστες ποσότητες απλά σάκχαρα, όπως η γλυκόζη και η φρουκτόζη.

#### Βιταμίνες

Στο σουσάμι περιέχονται κυρίως βιταμίνες του συμπλέγματος Β, όπως Β1, Β2 και νιασίνη (βιταμίνη Β5). Οι βιταμίνες αυτές αποτελούν συνένζυμα πολλών μεταβολικών συστημάτων και διεργασιών, γεγονός που τις καθιστά απαραίτητες για την καλύτερη υγεία του οργανισμού.

Στο σουσάμι και ιδιαίτερος στο έλαιό του περιέχονται επίσης επαρκείς ποσότητες βιταμίνης Ε, που έχει ισχυρές αντιοξειδωτικές ιδιότητες.

#### Μέταλλα και ιχνοστοιχεία

Τα κυριότερα μεταλλικά άλατα και ιχνοστοιχεία που περιέχονται στο σουσάμι είναι το ασβέστιο, ο φώσφορος, το μαγνήσιο, ο ψευδάργυρος και το σελήνιο.

Τα συστατικά αυτά αποτελούν πολύ σημαντικά στοιχεία του ανθρώπινου μεταβολισμού όντας απαραίτητα για ποικίλες λειτουργίες, όπως η σύνθεση των οστών και των μυών (ασβέστιο), οι αντιδράσεις μεταβολισμού (ψευδάργυρος) κ.λ.π.

Ιδιαίτερος το σελήνιο, που περιέχεται σε σημαντικές ποσότητες στο σουσάμι, έχει διαπιστωθεί τα τελευταία χρόνια ότι επίσης διαθέτει ισχυρές αντιοξειδωτικές ιδιότητες, προστατεύοντας έτσι από καρδιοπάθειες και καρκίνο (ιδίως τον καρκίνο του προστάτη).

### Άλλες ουσίες

Το σουσάμι περιέχει επίσης φυτοχημικές ουσίες με ισχυρές αντιοξειδωτικές ιδιότητες, όπως στερόλες (καμπεστερόλη, στιγμαστερόλη, β – σιτοστερόλη κ.α.) και λιγνάνες (σεσαμίνη και σεσαμολίνη). Πολλές μελέτες που έχουν διεξαχθεί με αυτές έχουν δείξει ότι δρουν προστατευτικά στον οργανισμό.

(<http://health.ana.gr/articleview3.php?id=1472>)



## 1.4 Ταξινόμηση φυτού *sesamum indicum*

### Sesame



Sesame plants

### Scientific classification

Kingdom: Plantae

(unranked): Angiosperms

(unranked): Eudicots

(unranked): Asterids

Order: Lamiales

Family: Pedaliaceae

Genus: *Sesamum*

Species: ***S. indicum***

### Binomial name

***Sesamum indicum***

**L.**

## 1.5 Ασθένειες και έντομα

Στην Ελλάδα αναφέρονται περιορισμένες εντομολογικές προσβολές , ενώ από τις μυκητολογικές αναφέρεται η φυτόφθορα, η βερτισιλλίωση και μερικές άλλες. Στις Η.Π.Α. αναφέρονται επιπλέον ζημιές από αφίδες και θρίπες και προσβολές από σπιρριζίες. (ΓΑΛΑΝΟΠΟΥΛΟΥ ‘ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΦΥΤΑ’)

## 1.6 Καλλιεργητικές απαιτήσεις του σουσαμιού

**Θερμοκρασία:** Είναι φυτό ξηρών και θερμών, υποτροπικών κυρίως περιοχών. Οι σπόροι βλαστάνουν σε θερμοκρασίες άνω των 15 °C και η άριστη ανάπτυξη του φυτού απαιτεί θερμοκρασίες μεταξύ 25 και 27 °C. Θερμοκρασίες κάτω από 20 °C περιορίζουν την ανάπτυξη , ενώ θερμοκρασίες κάτω από 10 °C παρεμποδίζουν τη βλάστηση του σπόρου και την αύξηση του φυτού.

**Φως:** Η μεγάλη φωτοπερίοδος αυξάνει την περιεκτικότητα του σπόρου σε λάδι και κατά συνέπεια μειώνει την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη.

**Έδαφος:** Προτιμά αμμοπηλώδη έως πηλώδη εδάφη και δεν ευδοκιμεί στα συνεκτικά. Ευδοκιμεί σε καλά στραγγιζόμενα , μέσης συστάσεως εδάφη , με ουδέτερο pH. Δεν ανέχεται αλατούχα και υγρά εδάφη.

**Υγρασία:** Ευδοκιμεί σε περιοχές με μέτρια και όχι υψηλή βροχόπτωση και είναι πολύ ανθεκτικό στην ξηρασία , κυρίως χάρη στο πλούσιο ριζικό του σύστημα. Σε ξηροθερμικές όμως περιοχές όπως η Ελλάδα , πολλαπλασιάζει τις αποδόσεις με 2-3 αρδεύσεις.

**Ημερομηνία και ποσότητα σποράς:** Η σπορά γίνεται τον Απρίλιο ή Μάιο , σε γραμμές με σπαρτική μηχανή και με ποσότητα σπόρου 1-2 Kg/ στρ.

(ΓΑΛΑΝΟΠΟΥΛΟΥ ‘ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΦΥΤΑ’)

## 1.7 Προϊόντα σουσαμιού

### ΧΑΛΒΑΣ

Ο χαλβάς αποτελεί παραδοσιακή τροφή των Ελλήνων και είναι ιδιαίτερα δημοφιλής στη Μέση Ανατολή και τη Βόρεια Αφρική. Η δημοτικότητα του απλώνεται στην Ανατολική Ευρώπη και Ρωσία και σε μικρότερο βαθμό στην υπόλοιπη Ευρώπη και στις Η.Π.Α. Ο χαλβάς καταναλώνεται στις χώρες αυτές ως τροφή ή επιδόρπιο, με κανέλα ή λεμόνι.

Χρησιμοποιείται επίσης ως κολατσιό (snack) για παιδιά με τη μορφή σάντουιτς. Ο χαλβάς παρασκευάζεται από ταχίνι (60 %) και μίγμα σακχάρων. Συνεπώς εμπεριέχονται σ' αυτόν κατά αντίστοιχο ποσοστό (60%), τα συστατικά του ταχινιού. Ο χαλβάς είναι μια καλή πηγή ανόργανων στοιχείων.

Σε σύγκριση με τις συνιστώμενες ποσότητες (RDA), 100 γραμμάρια χαλβά καλύπτουν περίπου 58% των ημερήσιων διατροφικών αναγκών ενήλικου άνδρα σε Fe, 55% σε Mg, 48% σε P, 36% σε Cu, 32% σε Zn, 18% σε Mn και 5% σε Ca. Η σύνθεση των λιπαρών οξέων στο χαλβά είναι παρόμοια με αυτή του ταχινιού. Τα θειούχα αμινοξέα (κυστίνη και μεθειονίνη), καθώς και η τρυπτοφάνη, που συνήθως βρίσκονται σε μικρές αναλογίες σε άλλες φυτικής προέλευσης πρωτεΐνες, στο χαλβά βρίσκονται σε μεγάλες ποσότητες. Πειράματα έχουν αποδείξει ότι η πρωτεΐνη του χαλβά, όχι μόνο περιέχει (με εξαίρεση τη λυσίνη) τα απαραίτητα αμινοξέα σε ποσότητα και ισορροπία επιθυμητή για τη διατροφή, αλλά είναι και ιδιαίτερα εύπεπτη.

### TAXINI

Το ταχίνι είναι μία ελαιώδης κρέμα που προέρχεται από την άλεση του αποφλοιωμένου και φρυγανισμένου σησαμιού. Αποτελεί το βασικό συστατικό του χαλβά και είναι γνωστό κυρίως στις χώρες της Μέσης Ανατολής, ως βασικό συστατικό πολλών δημοφιλών φαγητών ή σαλατών. Είναι φυσικό προϊόν, παράγεται χωρίς την προσθήκη προσθέτων και αποτελεί μια ιδανική και ολοκληρωμένη τροφή που ενισχύει την υγεία.

## ΣΗΣΑΜΕΛΑΙΟ

Το σησαμέλαιο είναι το λάδι που περιέχεται σχεδόν εξ ολοκλήρου στο σπόρο του σησαμιού και όχι στο φλοιό του. Αποτελείται στο μεγαλύτερο μέρος του (περίπου 85%) από μονοακόρεστα και πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, σε ίσες περίπου ποσότητες, ενώ από τη φύση του δεν περιέχει χοληστερόλη ή trans -ακόρεστα λιπαρά. Η παράλληλη δράση των ακόρεστων λιπαρών οξέων του σησαμελαίου, των τοκοφερολών τις οποίες περιέχει και της σεσαμίνης (μιας λιγνάνης που περιέχεται μόνο στο σησάμι), βοηθούν τον οργανισμό να μειώνει τα επίπεδα χοληστερόλης στο αίμα. Έτσι, η τακτική κατανάλωση σησαμελαίου βοηθάει στην προστασία του οργανισμού από καρδιαγγειακές παθήσεις. Το σησαμέλαιο είναι επίσης πλούσια πηγή βιταμινών και ιδιαίτερα βιταμίνης E, η οποία τα τελευταία χρόνια απέκτησε τη φήμη ότι προσφέρει στον ανθρώπινο οργανισμό σπουδαία αντιγηραντική προστασία, μέσω της αντιοξειδωτικής της δράσης.

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα του σησαμελαίου είναι ότι αντιστέκεται περισσότερο από οποιοδήποτε άλλο φυτικό λάδι στην οξείδωση και σε κάθε είδους αλλοίωση. Η ιδιότητά του αυτή είναι γνωστή από την αρχαιότητα. Μάλιστα, οι αρχαίοι Έλληνες προσέθεταν σησαμέλαιο ως "συντηρητικό" σε άλλα λάδια για να τα προστατέψουν από την οξείδωση κατά τη φύλαξη ή τη μεταφορά τους.

Η εξήγηση όμως γιατί το σησαμέλαιο δεν ταγγίζει εύκολα δόθηκε μόλις πρόσφατα, καθώς ανακαλύφθηκε ότι περιέχει αρκετές ουσίες με ισχυρή αντιοξειδωτική δράση. Η τακτική, έτσι, κατανάλωσή του καταπολεμά τις ελεύθερες ρίζες και ενισχύει τη θωράκιση του οργανισμού ενάντια στην αρτηριοσκλήρυνση, τον καρκίνο και πολλές άλλες εκφυλιστικές ασθένειες.

Η Αφοι Χαϊτογλου α.β.ε.ε., σεβόμενη την υψηλή βιολογική αξία του προϊόντος, παράγει παρθένο σησαμέλαιο και για την παραγωγή του ακολουθεί μία πρωτοποριακή μέθοδο, ειδικά πιστοποιημένη από την εταιρεία. Σε αντίθεση λοιπόν, με τις μεθόδους που ακολουθούνται σε άλλες χώρες, η Αφοι Χαϊτογλου α.β.ε.ε. απομονώνει το παρθένο σησαμέλαιο με ψυχρή έκθλιψη, δηλαδή με φυσικό τρόπο που διατηρεί αναλλοίωτα τα πολύτιμα συστατικά του, αφού οι διαδικασίες δεν ταλαιπωρούν θερμικά το προϊόν. Έτσι, η εταιρεία προσφέρει στους Έλληνες καταναλωτές ένα χρυσοκίτρινο, σε χρώμα, λάδι, με γλυκίζουσα γεύση και απαλό

άρωμα που θυμίζει καβουρδισμένο ξηρό καρπό και είναι ιδανικό για κάθε χρήση μαγειρικής ή ζαχαροπλαστικής.

## ΠΑΣΤΕΛΙ

Μέσα στην πληθώρα των snack που κατακλύζουν την αγορά ξεχωρίζει ένα, το παστέλι. Υγιεινό, από διαλεχτό σησάμι, που ξεχωρίζει για τη γευστικότητα και τα μοναδικά χαρακτηριστικά της πρώτης ύλης του. Περιέχει 67% σησάμι, ενώ την υπέροχη γεύση του συμπληρώνει ένα ακόμη προϊόν της φύσης, μέλι. Παράγεται με φυσικό τρόπο, χωρίς χημικά και πρόσθετα, από τον πολύτιμο σπόρο του σησαμιού και κουβαλά μέσα του όλες τις θρεπτικές ιδιότητες του σπόρου.

([www.sesame.gr](http://www.sesame.gr))

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

### **2.1 Γενικά για τις υπεριώδεις ακτινοβολίες .**

#### **2.1.1. Η υπεριώδης ηλιακή ακτινοβολία.**

Η υπεριώδης ηλιακή ακτινοβολία (UV) αποτελεί ένα μικρό μέρος του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στο έδαφος της Γης. Το υπεριώδες τμήμα του ηλιακού φάσματος εκτείνεται από τα 40 nm έως περίπου τα 400 nm. Ανάλογα με τα βιολογικά αποτελέσματα που προκαλεί στον ανθρώπινο οργανισμό έχει διαιρεθεί σε τρεις επί μέρους περιοχές: την υπεριώδη ακτινοβολία-A (UV-A), την υπεριώδη ακτινοβολία-B (UV-B) και την υπεριώδη ακτινοβολία-C (UV-C).

Η UV-C εκτείνεται από τα 40 nm έως τα 280 nm και είναι εξαιρετικά επικίνδυνη. Μεταξύ άλλων έχει χρησιμοποιηθεί και στο εργαστήριο για την πρόκληση κληρονομικών αλλαγών στους οργανισμούς (μεταλλάξεις), καθώς και για την αποστείρωση επιφανειών. Η UV-B εκτείνεται από τα 280 μέχρι τα 315 nm. Προκαλεί μαύρισμα αλλά και σοβαρές βλάβες στο δέρμα. Τέλος η UV-A εκτείνεται από τα 315 μέχρι τα 400 nm και σε μεγάλες δόσεις μπορεί να είναι επικίνδυνη. Παρά την μικρή της ένταση, η υπεριώδης ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα στον άνθρωπο, όταν αυτός εκτίθεται παρατεταμένα στον ήλιο.

Στη φωτογραφία εμφανίζεται ο Ήλιος όπως ακτινοβολεί στην υπεριώδη περιοχή και έχει φωτογραφηθεί από το τηλεσκόπιο του δορυφόρου Sun Yohkoh με ειδικά φίλτρα που «κόβουν» όλο το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα εκτός από το υπεριώδες τμήμα.

#### **2.1.2. Βιολογικές επιπτώσεις της υπεριώδους ακτινοβολίας.**

Το δέρμα και τα μάτια είναι τα όργανα που υφίσταται την μεγαλύτερη έκθεση στις υπεριώδεις ακτίνες του ήλιου. Αν και τα μαλλιά και τα νύχια είναι περισσότερο εκτεθειμένα, είναι λιγότερο σημαντικά από ιατρικής άποψης. Η έκθεση στην ηλιακή υπεριώδη ακτινοβολία μπορεί να καταλήξει σε άμεσα και σε χρόνια προβλήματα

υγείας του δέρματος, των ματιών και του ανοσοποιητικού συστήματος. Τα άμεσα αποτελέσματα της έκθεσης στην υπεριώδη ακτινοβολία είναι η πρόκληση εγκαυμάτων στο δέρμα και φωτοκερατίτιδας στο μάτι. Χρόνια αποτελέσματα είναι ο καρκίνος και η πρόωρη γήρανση του δέρματος. Στα χρόνια αποτελέσματα στα μάτια περιλαμβάνονται ο καταρράκτης, το περύγιο και η κερατοπάθεια. Ενώ η υπεριώδης ακτινοβολία-B (UV-B) προκαλεί εγκαύματα και διάφορες μορφές καρκίνου του δέρματος, η υπεριώδης ακτινοβολία-A (UV-A) επιδρά στον υποδόριο ιστό και μπορεί να αλλάξει τη δομή του κολλαγόνου και των ινών της ελαστίνης του δέρματος, επιταχύνοντας έτσι την γήρανσή του. Είναι σημαντικό να κατανοήσουμε, ότι το δέρμα έχει την ικανότητα να αφομοιώσει την υπεριώδη ακτινοβολία παράγοντας μελανίνη (μαύρισμα), η οποία προστατεύει από την έκθεση στην UV ακτινοβολία. Το ανθρώπινο μάτι όμως δεν έχει αυτή την ικανότητα.

### **2.1.3. Παράγοντες που επηρεάζουν την υπεριώδη ακτινοβολία.**

α) **ΤΟ ΟΖΟΝ:** Η υπεριώδης ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται ισχυρά από το όζον που βρίσκεται στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας (στρατόσφαιρα). Η ελάττωση της περιεκτικότητας της ατμόσφαιρας σε όζον έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της υπεριώδους ακτινοβολίας στο έδαφος, και αντίστροφα.

β) **ΤΑ ΝΕΦΗ:** Η υπεριώδης ακτινοβολία είναι εντονότερη όταν δεν υπάρχουν νέφη. Τα νέφη γενικά εξασθενίζουν την ηλιακή ακτινοβολία, αλλά το πόσο αποτελεσματικά συμβαίνει αυτό εξαρτάται από το πάχος και τον τύπο των νεφών. Αραιά ή διασκορπισμένα νέφη έχουν πολύ μικρή επίπτωση (περίπου 10%), ενώ τα χαμηλά και μαύρα νέφη προκαλούν σημαντική εξασθένιση (μέχρι και 80%). Στη Θεσσαλονίκη ειδικότερα από στατιστικές μελέτες 3 ετών έχει βρεθεί ότι η εξασθένιση αυτή κυμαίνεται μεταξύ 65 και 75%, ανάλογα με τη ζενίθια γωνία υπό την οποία ο ήλιος ρίχνει τις ακτίνες του. Υπό ορισμένες συνθήκες και για πολύ μικρές περιόδους μεμονωμένα και λαμπερά σύννεφα μπορούν να οδηγήσουν σε μικρή αύξηση της υπεριώδους ακτινοβολίας. Όταν ο ηλιακός δίσκος είναι ορατός, τότε η εξασθένιση της υπεριώδους από τα νέφη είναι σχεδόν αμελητέα.

γ)ΤΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ: Η υπεριώδης ακτινοβολία γίνεται ισχυρότερη όσο απομακρυνόμαστε κατακόρυφα από την επιφάνεια της θάλασσας, επειδή η ποσότητα των συστατικών της ατμόσφαιρας που την απορροφούν ελαττώνεται με το ύψος. Μετρήσεις έδειξαν ότι η υπεριώδης ακτινοβολία αυξάνεται κατά περίπου 10% κάθε 1000 μέτρα από το έδαφος.

δ)ΑΝΑΚΛΑΣΕΙΣ: Ένα αντικείμενο ή ένα άτομο δέχεται ακτινοβολία απευθείας από τον ήλιο και από τον ουρανό, αλλά και από ανακλάσεις του έδαφος. Το ποσοστό της ανακλώμενης ακτινοβολίας εξαρτάται από το είδος της επιφάνειας του εδάφους. Τα δένδρα, το γρασίδι, το χώμα και το νερό ανακλούν λιγότερο από το 10% της υπεριώδους ακτινοβολίας, σε αντίθεση με το φρέσκο χιόνι το οποίο ανακλά μέχρι και το 80%, η την στεγνή άμμο που ανακλά περίπου το 20% της ηλιακής ακτινοβολίας. Εξαιτίας των ανακλάσεων, άτομα που βρίσκονται σε χιονισμένες περιοχές, ή σε αμμώδεις παραλίες, δέχονται περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία.

ε)ΤΟ ΝΕΡΟ: Περίπου το 95% της υπεριώδους ακτινοβολίας διαπερνά το νερό και το 50% διεισδύει σε βάθος περίπου 3 μέτρων. Όταν λοιπόν κολυμπάμε το σώμα μας βρίσκεται μόλις λίγα εκατοστά κάτω από την επιφάνεια του νερού, και κατά συνέπεια δεν προστατεύεται από την υπεριώδη ακτινοβολία.

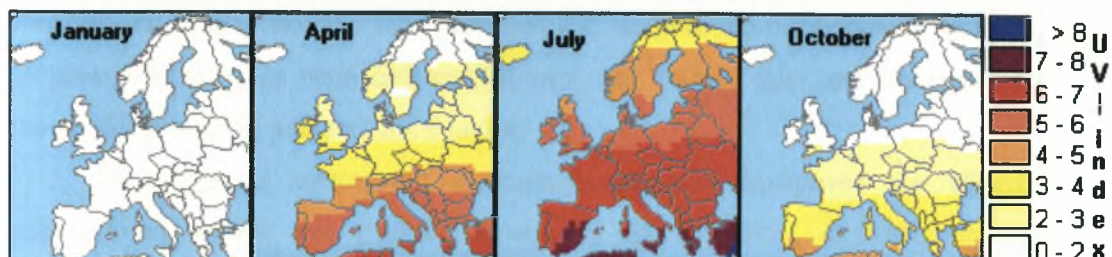
στ)Η ΚΛΙΣΗ ΤΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΑΚΤΙΝΩΝ: Σε μία ανέφελη ημέρα, η υπεριώδης ακτινοβολία είναι ισχυρότερη κατά τις μεσημεριανές από τις πρωινές ή απογευματινές ώρες. Όσο πιο ψηλά βρίσκεται ο ήλιος στον ουρανό, τόσο πιο έντονη είναι η ακτινοβολία (μικρότερη κλίση των ηλιακών ακτίνων). Για αυτό το λόγο το καλοκαίρι έχουμε εντονότερη ακτινοβολία από ότι το χειμώνα.

Υπό φυσιολογικές συνθήκες, η τιμή του Δείκτη UV στην Ελλάδα μπορεί φτάσει μέχρι και 10 ή 11, τιμές που εκφράζουν εξαιρετικά δραστική ακτινοβολία και κατά συνέπεια την ανάγκη άμεσης προστασίας από τον ήλιο. Όσο ο ήλιος πλησιάζει στον ορίζοντα (η ώρα πάει προς το απόγευμα) τόσο μικρότερες τιμές έχει ο Δείκτης UV και κατά συνέπεια τόσο μικρότερος είναι ο κίνδυνος από την υπεριώδη ακτινοβολία.

Όσο μεγαλύτερος είναι ο Δείκτης UV τόσο πιο εύκολα και πιο σύντομα μπορούν να εμφανισθούν τα ανεπιθύμητα αποτελέσματα της υπεριώδους



ακτινοβολίας. (<http://lap.physics.auth.gr/uvindex/> Laboratory of Atmospheric Physics.)



Εικόνα 1. Επίπεδα UV ακτινοβολίας στην Ευρώπη σε κάποιες μηνιαίες χρονικές στιγμές(1999) (πηγή: <http://www.eco-action.org/dt/ozone.html>).

0 to 2	Μπορούμε να είμαστε έξω χωρίς να υπάρχει πρόβλημα όλες τις ώρες
3 to 7	Κατά της μεσημβρινές ώρες πρέπει να καθόμαστε σε σκιερά μέρη να φοράμε γυαλιά και καπέλο
8	Πρέπει να αποφεύγουμε να είμαστε έξω κατά της μεσημβρινές ώρες. Γυαλιά και καπέλο χρειάζονται οπωσδήποτε.

(Πηγή: [http://www.who.int/uv/intersunprogramme/activities/uv\\_index/en/print](http://www.who.int/uv/intersunprogramme/activities/uv_index/en/print))

#### **2.1.4. Δείκτης UV (UV Index)**

Ο Δείκτης UV (Ultra-Violet = Υπέρ Ιώδης) είναι ένα μέγεθος το οποίο καθιερώθηκε διεθνώς ως ένα απλό μέσο έκφρασης της επικινδυνότητας της ηλιακής υπεριώδους ακτινοβολίας, όπως π.χ. εκφράζει η θερμοκρασία το πόσο ζεστή ή κρύα είναι η ατμόσφαιρα. (<http://lap.physics.auth.gr/uvindex/>)

#### **2.1.5 Ο Δείκτης UV στον 21ο αιώνα**

Η αντίστροφη συσχέτιση μεταξύ της ολικής στήλης του όζοντος και της υπεριώδους-B ακτινοβολίας έχει επιβεβαιωθεί από μετρήσεις σε διάφορες περιοχές.

Αυτές οι μετρήσεις δείχνουν ότι οι μακροχρόνιες αλλαγές στο στρώμα του στρατοσφαιρικού όζοντος μπορούν να τροποποιήσουν την κλιματολογία της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας, ειδικά στα μέσα και μεγάλα γεωγραφικά πλάτη. Ανάκαμψη του στρώματος του όζοντος στα μέσα του 21ου αιώνα αναμένεται να οδηγήσει σε σταθεροποίηση των επιπέδων της υπεριώδους ακτινοβολίας κατά τις επόμενες δεκαετίες, με τάση επαναφοράς τους στα επίπεδα πριν από την εμφάνιση του προβλήματος της μείωσης του όζοντος.

Οι σύγχρονες τάσεις και η συμπεριφορά του στρώματος του όζοντος επηρεάζονται ισχυρά από χημικές, δυναμικές και διεργασίες ακτινοβολίας στη στρατόσφαιρα.

Η σημαντικότητα αυτών των διεργασιών μπορεί να ενισχυθεί από τις ανθρώπινες δραστηριότητες (π.χ. το φαινόμενο του θερμοκηπίου) και να οδηγήσουν σε μεγαλύτερες μεταβολές του στρώματος του όζοντος και της υπεριώδους ακτινοβολίας Β. Οι αρνητικές συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία μπορούν να εξαλειφθούν με υπεύθυνη ευαισθητοποίηση και ενημέρωση του κοινού βασισμένη, για παράδειγμα, στον Δείκτη UV. Σε κάθε περίπτωση ο επόμενος αιώνας φέρνει μια πρόκληση για μεγαλύτερη ευαισθητοποίηση των πολιτών ώστε να ελέγχουν προσωπικά την έκθεσή τους στην υπεριώδη ακτινοβολία, καθώς για τη λήψη προστατευτικών μέτρων, τουλάχιστον για το μέρος του πληθυσμού με ιδιαίτερη φωτοευαισθησία. (<http://lap.phys.auth.gr/uvindex/>)

#### **2.1.6. Η ένταση της υπεριώδους ακτινοβολίας.**

Η ένταση της UV-B που φτάνει στο σημείο που βρισκόμαστε, εξαρτάται από:

1. Εποχή
2. Ώρα της ημέρας
3. Γεωγραφικό πλάτος
4. Υψόμετρο που βρισκόμαστε
5. Αντανάκλαση του ηλιακού φωτός στην επιφάνεια της γης
6. Διάχυση στην ατμόσφαιρα
7. Σύννεφα

Παραδείγματα:

1. Η ένταση της UV-B είναι μεγαλύτερη το μεσημέρι από το πρωί ή το απόγευμα, μεγαλύτερη το καλοκαίρι απ' ότι τον χειμώνα
2. Μεγαλύτερη στον Ισημερινό απ' ότι στην Ευρώπη
3. Σε υψόμετρο 1500 μ. η ένταση της UV αυξάνει κατά 20% !
4. Το γρασίδι αντανakλά μόνο το 3%, το νερό της θάλασσας 5%, η άμμος 17% και το χιόνι 85% !!
5. Τα σύννεφα απορροφούν το 30-80% της ακτινοβολίας (ανάλογα με το ύψος που βρίσκονται, την πυκνότητα κλπ), ΟΧΙ ΟΜΩΣ ΟΛΗ την ακτινοβολία.

[http://www.iatronet.gr/article.asp?art\\_id=94](http://www.iatronet.gr/article.asp?art_id=94)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### 3.1. Γενικά για το τροποσφαιρικό όζον.

Στο ευρύ κοινό είναι γενικά γνωστό ότι το όζον είναι ένα αέριο στοιχείο που παράγεται στην στρατόσφαιρα (15-50 km) όπου και βρίσκεται περίπου το 90% του ολικού όζοντος της ατμόσφαιρας της γης. Το στρατοσφαιρικό όζον είναι το λεγόμενο «καλό» όζον γιατί δρα ως φίλτρο που μας προστατεύει από τις επιβλαβείς υπεριώδεις ακτινοβολίες. Η μείωση του όζοντος στην στρατόσφαιρα από την χρήση ανθρωπογενών χημικών στοιχείων όπως οι χλωροφθοράνθρακες τις τελευταίες δεκαετίες του 20<sup>ου</sup> αιώνα είναι ένα πρόβλημα σε παγκόσμια κλίμακα και έχει απασχολήσει ιδιαίτερα αλλά και συνεχίζει να απασχολεί τόσο την επιστημονική κοινότητα όσο και την κοινή γνώμη και τις κυβερνήσεις των κρατών. Το υπόλοιπο 10% του όζοντος βρίσκεται στο χαμηλότερο στρώμα της ατμόσφαιρας, την τροπόσφαιρα (0-15 km). Το όζον χαμηλά στο έδαφος είναι ένας ρύπος που συνδέεται με επεισόδια φωτοχημικού νέφους σε αστικά κέντρα και γύρω από αυτά, όπου μπορεί να προκαλέσει ποικίλα προβλήματα στον άνθρωπο και την φύση όταν ξεπεραστούν κάποιες οριακές τιμές. Για αυτό τον λόγο έχει επικρατήσει να αποκαλούμε το τροποσφαιρικό όζον ως το «κακό» όζον. Είναι χαρακτηριστική η φράση για το όζον « good up high, bad nearby » που σημαίνει καλό εκεί ψηλά, κακό εδώ γύρω. Το ερώτημα που τίθεται είναι εάν η αύξηση του τροποσφαιρικού όζοντος είναι ένα πρόβλημα που αφορά μόνο το αστικό περιβάλλον ή είναι ένα πρόβλημα που εκτείνεται σε παγκόσμια κλίμακα.

Σήμερα γνωρίζουμε ότι η προέλευση του τροποσφαιρικού όζοντος αφενός είναι η φωτοχημική παραγωγή υπό την παρουσία διάφορων πρωτογενών ρύπων (π.χ. οξειδία του αζώτου, υδρογονάνθρακες) και του φωτός, και αφετέρου η μεταφορά στρατοσφαιρικού όζοντος προς την τροπόσφαιρα.

Θα πρέπει να επισημανθεί ότι μέχρι περίπου και τα τέλη της δεκαετίας του '70 η επιστημονική κοινότητα θεωρούσε ότι το όζον στην τροπόσφαιρα είναι ένα αδρανές αέριο που δεν αντιδρά με άλλα στοιχεία και ότι προέρχεται σχεδόν αποκλειστικά από την κατώτερη στρατόσφαιρα (από διεισδύσεις στρατοσφαιρικού όζοντος στην τροπόσφαιρα) και καταστρέφεται στο έδαφος. Ήταν στα τέλη της δεκαετίας του '70

και '80 που τέθηκαν οι βάσεις της θεωρίας της φωτοχημικής παραγωγής του τροποσφαιρικού όζοντος. Το έναυσμα δόθηκε από την προσπάθεια για την εξήγηση του φωτοχημικού νέφους του Λος Άντζελες στην δεκαετία του '60 από όπου διαπιστώθηκε ότι το φωτοχημικό νέφος (ή ρύπανση του όζοντος) δημιουργείται από μία πολύπλοκη σειρά χημικών αντιδράσεων που περιλαμβάνουν πτητικούς υδρογονάνθρακες και οξειδία του αζώτου από βιομηχανικές πηγές και αυτοκίνητα υπό την δράση του ηλιακού φωτός. Καθώς η θερμοκρασία αυξάνει κατά την διάρκεια της ημέρας, η ηλιακή ενέργεια επιταχύνει αυτές τις χημικές αντιδράσεις με αποτέλεσμα την αύξηση της ποσότητας όζοντος που παράγεται. Αντίστροφα, όταν η θερμοκρασία μειώνεται οι χημικές αντιδράσεις επιβραδύνουν και το φωτοχημικό νέφος σπάνια δημιουργείται. Η παραγωγή του τροποσφαιρικού όζοντος είναι λοιπόν ένα φαινόμενο που ευνοείται κατά την διάρκεια της ημέρας και των θερμών μηνών του έτους (τέλη ανοιξέως και καλοκαίρι).

Το τροποσφαιρικό όζον έχει πολλαπλή σημασία για την ατμόσφαιρα της γης. Καταρχάς το τροποσφαιρικό όζον κατέχει κεντρικό ρόλο στην χημεία της τροπόσφαιρας καθώς αποτελεί την βασική πηγή του πιο σημαντικού οξειδωτικού μέσου στην τροπόσφαιρα, της ρίζας του υδροξυλίου (OH). Με πιο απλά λόγια το υδροξύλιο αποτελεί το ισχυρότερο «απορρυπαντικό» της ατμόσφαιρας που την καθαρίζει από μια σειρά οργανικών και ανόργανων ενώσεων που εκπέμπονται από φυσικές ή ανθρωπογενείς πηγές. Φαντασθείτε πως υπό την έλλειψη της ρίζας του υδροξυλίου όλες αυτές οι ενώσεις θα είχαν πολύ μεγάλο χρόνο ζωής και θα συσσωρεύονταν στα ανώτερα στρώματα της τροπόσφαιρας δρώντας επικουρικά στο γνωστό φαινόμενο του θερμοκηπίου που προκαλείται από ενώσεις όπως το CO<sub>2</sub>, το μεθάνιο και βέβαια οι υδρατμοί. Αυτό θα είχε σαν συνέπεια ότι μια σειρά από αέριες ενώσεις που δεν συνεισφέρουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου θα συνέβαλλαν σε ακόμα μεγαλύτερες θερμοκρασίες στο πλανήτη μας.

Κατά δεύτερο λόγο το τροποσφαιρικό όζον που βρίσκεται στα υψηλότερα στρώματα της τροπόσφαιρας είναι από μόνο του ένα θερμοκηπιακό αέριο που σημαίνει ότι δρα και αυτό επικουρικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Πρέπει να επισημανθεί ότι η αύξηση του τροποσφαιρικού όζοντος παγκοσμίως συνεισφέρει περίπου το 1/3 από την αύξηση του CO<sub>2</sub> στην ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου από το προβιομηχανικά χρόνια έως σήμερα. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι το CO<sub>2</sub> είναι το βασικότερο αέριο που συνεισφέρει στην ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου σε σχέση με τα προβιομηχανικά χρόνια.

Η σημασία του τροποσφαιρικού όζοντος έγκειται όμως και στις συνέπειες που έχει τόσο στον άνθρωπο όσο και στο φυτικό βασίλειο και τα διάφορα υλικά. Ως αναφορά τις επιπτώσεις του όζοντος στον άνθρωπο η συνεχής έκθεση του ανθρώπου σε υψηλές τιμές όζοντος μπορεί να του προκαλέσει μόνιμη βλάβη στους πνεύμονες. Ακόμα και όταν το όζον είναι σε σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις η εισπνοή του μπορεί να προκαλέσει μια σειρά από προβλήματα υγείας όπως πόνους στο στήθος, βήχα, ερεθισμό του λαιμού, συμφόρηση, και να επιδεινώσει καρδιακά προβλήματα, βρογχίτιδα, εμφύσημα και άσθμα.

Το όζον είναι από μόνο του ένα οξειδωτικό μέσο και είναι φυτο-τοξικό στοιχείο που σημαίνει ότι όταν βρίσκεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις γίνεται επικίνδυνο για τα φυτά και δάση καθώς επηρεάζει την ικανότητα τους να παράγουν και να αποθηκεύουν τροφή κάνοντας τα έτσι πιο ευάλωτα στις αρρώστιες, τα έντομα και τις άσχημες καιρικές συνθήκες. Σύμφωνα με την U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency - <http://www.epa.gov/oar/oaqps/gooduphigh/>) η ρύπανση του όζοντος προκαλεί καταστροφές στη σοδειά που αντιστοιχεί σε μείωση της αγροτικής παραγωγής πάνω από 0.5 δισεκατομμύριο δολάρια κάθε έτος σε πανεθνικό επίπεδο. Σαν όριο φυτο-τοξικότητας η Ευρωπαϊκή Ένωση θέτει το όριο των 32 ppbv (μέρη ανά δισεκατομμύριο). Η υπέρβαση αυτού του ορίου δεν σημαίνει απαραίτητα ότι θα υπάρξει καταστροφή στη βλάστηση αλλά ότι βρισκόμαστε σε επίπεδα επικινδυνότητας για την βλάστηση, δηλαδή ότι είναι υπαρκτό το ρίσκο της καταστροφής για ευαίσθητα είδη φυτών και ιδιαίτερες συνθήκες.

Το όζον ως οξειδωτικό μέσο επιδρά και σε διάφορα οργανικά υλικά, όπως οργανικά χρώματα που χρησιμοποιούνται στην ζωγραφική, στις εξωτερικές ζωγραφισμένες διακοσμήσεις κτιρίων, ή για βαφή υφασμάτων, το φυσικό καουτσούκ, τα συνθετικά ελαστικά υλικά από κυτταρίνη όπως το χαρτί, διάφορα εκθέματα των μουσείων φυσικής ιστορίας όπως φτερά, δέρμα ζώων, πάπυρο. Επομένως η ρύπανση του όζοντος συνδέεται άρρηκτα και με προβλήματα υποβιβασμού της πολιτισμικής μας κληρονομιάς. ([http://lap.physics.auth.gr/pms/upload/tropo\\_o3.doc](http://lap.physics.auth.gr/pms/upload/tropo_o3.doc))

Το όζον θεωρείται σαν ένας από τους πιο φυτοτοξικούς ανάμεσα στους κυριότερους αέριους ρυπαντές. Τα κυριότερα συμπτώματα φυτοτοξικότητας του στα φυτά είναι η χλόρωση, η μαρανση, η μείωση της αύξησης των φυτών και της απόδοσης (Barbo et al. 2002).

Η φυτοτοξική επίδραση του όζοντος αρχίζει είτε με την απόθεση του στην επιδερμίδα είτε με την εισαγωγή του από τα στόματα. Παρόλο που γύρω στο 60% της ετήσιας επιφανειακής ροής του όζοντος απορροφάται στην επιδερμίδα (Fowler et al. 1998) αυτό αντιδρά με φυτοχημικούς παράγοντες στην επιφάνεια του φύλλου που επιδρούν σημαντικά στο να εισαχθεί στα εσωτερικά κυτταρικά μέρη. (Skarby et al. 1998). Όταν βρεθεί στο εσωτερικό του φύλλου προκαλεί φυσιολογικές αλλαγές στο φυτό με την καταστροφή των μεμβρανικών τμημάτων του κυττάρου και οδηγεί σε εξουδετέρωση των μεμβρανικών συστημάτων μεταφοράς και σε αδυναμία διατήρησης της ιοντικής ισορροπίας. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε διάσπαση των κυτταρικών αντιοξειδωτικών συστημάτων και των μηχανισμών που έχουν σχέση με την άμυνα του φυτού, δίνοντας του την ιδέα ότι τραυματίστηκε ή ότι δέχεται επίθεση από παθογόνους μικροοργανισμούς. (Health & Taylor 1997). Το όζον καθώς και τα διάφορα προϊόντα του μπορούν να μειώσουν την φωτοσυνθετική ικανότητα του φυτού με το να προκαλούν το κλείσιμο των στομάτων ή μεταβάλλοντας την δραστηριότητα της Rubisco. (Skarby et al. 1998).

Το τροποσφαιρικό όζον ( $O_3$ ) αυξάνεται συνολικά σε ένα ποσοστό 1-2% ετησίως (Chameides et al, 1995) και είναι πιθανό το όζον και η αύξηση του  $CO_2$  στην ατμόσφαιρα θα έχουν σημαντικές επιδράσεις στο μέλλον στα είδη και στα οικοσυστήματα των δασών και των καλλιεργειών. (Matyssek & Innes, 1999, Reilly et al, 1999).

Οι μηχανισμοί για την αντιμετώπιση των δυσμενών επιπτώσεων του όζοντος διαφέρουν από φυτό σε φυτό και από είδος σε είδος. Η έκταση της φυτοτοξικότητας που θα έχει η επίδραση του όζοντος εξαρτάται από τον τύπο του φυτού και από την γενετική του σύσταση. Η επίδραση του όζοντος σε ευαίσθητα φυτά είχε ως αποτέλεσμα να εμφανιστούν στα φυτά οξεία συμπτώματα και να προκληθούν σοβαρές ζημιές ή ακόμα και σε ορισμένες περιπτώσεις να αποφέρουν και το θάνατο. Παρόλα τα δυσμενή αποτελέσματα υπάρχουν ανθεκτικά φυτά και ποικιλίες που καταφέρνουν να ξεπερνούν την επίδραση από την μικρής διάρκειας έκθεση στο όζον, αλλά παρουσιάζουν μειωμένη αύξηση-ανάπτυξη και απόδοση μακροπρόθεσμα. Από τα διάφορα φυτά που έχουν μελετηθεί το γρασίδι εμφανίζεται να είναι το πιο ανθεκτικό στο όζον και κάποια είδη γρασιδιού είναι ακόμα πιο ανθεκτικά σε σχέση με άλλα. (Ashmore et al. 1995, Barbo et al. 1998).

Τα φυλλοβόλα δέντρα είναι πιο ευαίσθητα στις υψηλές εκθέσεις όζοντος από ότι τα αειθαλή (Bobbink 1998, Davison & Barnes 1998, Skarby 1998).

Τα καλλιεργούμενα φυτά και τα διάφορα βότανα είναι πιο ευαίσθητα, στην έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος, σε σχέση με τα φασόλια που είναι τα πιο ευαίσθητα (Sanders et al. 1995).

Οι Davison & Barnes (1998) αναφέρουν ότι παρόλη την μεγάλη ποικιλία που υπάρχει ανάμεσα στα είδη πολλά από τα αυτοφυή φυτά μπορεί να εμφανίζουν ευαισθησία στο όζον ανάλογη με τα πιο ευαίσθητα καλλιεργούμενα φυτά.

Σοβαρές ζημιές από την επίδραση του όζοντος στα δάση της Καλιφόρνιας έχουν αναφερθεί από τον Smith(1990), στις ανατολικές πολιτείες των Η.Π.Α. από τους (Chappelka & Samuelson. 1998) και στην Ευρώπη από τους (Skarby et al 1997, Bytnerowicz et al. 2002). Οι Chappelka & Samuelson (1998) αναφέρουν 0-10% μείωση στην αύξηση των δέντρων στις ανατολικές πολιτείες των Η.Π.Α. από την επίδραση του όζοντος. Ο Broadmeadow (1998) αναφέρει 10% μείωση στην αύξηση των δασών στην Ευρώπη από την επίδραση του όζοντος. Σε εργαστηριακά πειράματα οι αυξημένες συγκεντρώσεις όζοντος προκάλεσαν μια γραμμική μείωση της αύξησης – ανάπτυξης των δέντρων και της παραγωγής βιομάζας. (Pye 1988).

Συμπτώματα όζοντος σε διάφορα φυτά.



Εικόνα 2



Εικόνα 3

<http://i.treehugger.com>

[www.dailyyonder.com](http://www.dailyyonder.com)



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

### **4.1 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ**

#### **4.1.1 Περιγραφή του πειράματος του όζοντος.**

Για την μέτρηση της επίδρασης του όζοντος στο φυτό *sesamum indicum* φυτεύτηκαν σπόροι στις 20/8/2007 σε ζαρτινιέρες . Οι 10 συνολικά ζαρτινιέρες, περιείχαν ίση κατ' όγκο ποσότητα τύρφης floradur και εδάφους (PG) σε αναλογία 2:1 χόμα:τύρφη. Και οι δέκα ζαρτινιέρες τοποθετήθηκαν σε θαλάμους, πέντε στο θάλαμο control και πέντε στο θάλαμο του όζοντος. Οι θάλαμοι βρίσκονται σε ένα σκοτεινό παράπηγμα μεταλλικής κατασκευής, το οποίο βρίσκεται στην Γεωπονική σχολή του Βόλου.

Οι θάλαμοι του όζοντος έχουν διαστάσεις 2,4m μήκος, επί 2,3m πλάτος επί 2,3m ύψος και φέρουν πόρτες οι οποίες και κλείνουν αεροστεγώς. Η κορυφή του κάθε θαλάμου φέρει τζάμι για να περνά φως από κωδωνοειδείς προβολείς που κρέμονται ανά έξι από την κορυφή του παραπήγματος. Από μια οπή που βρίσκεται λίγο πιο κάτω από την γυάλινη οροφή του θαλάμου εισέρχεται στο θάλαμο φιλτραρισμένος ατμοσφαιρικός αέρας. Το φίλτρο που υπάρχει είναι κοκκώδης ενεργός άνθρακας που απορροφά όλους τους ατμοσφαιρικούς ρύπους. Το ορατό φως προέρχεται από λαμπτήρες του τύπου SON-T AGRO των 400 watt το κάτω άκρο των οποίων απείχε από την κορυφή των φυτών 75cm. Η πυκνότητα των φωτοσυνθετικών φωτονίων κυμαινόταν από 460-394  $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{sec}$ . Οι συνθήκες που επικρατούσαν στους θαλάμους ήταν 21- 31°C ελάχιστη και μέγιστη θερμοκρασία και 43-55% RH ελάχιστη και μέγιστη σχετική υγρασία, μετρήσεις που έγιναν με όργανο HOBO LCD Data Logger.

Η διάρκεια των ωρών φωτός που επικρατούσε στους θαλάμους αφορούσε στις ώρες φωτός των μηνών στην περιοχή του Βόλου (πίν.1)

**Πίνακας 1. Μέσοι όροι διάρκειας ηλιακού φωτός ανά μήνα στην περιοχή του Βόλου**

Μήνας	Ώρες και Λεπτά
Μάιος	14:24
Ιούνιος	15:00
Ιούλιος	14:43
Αύγουστος	13:43
Σεπτέμβριος	12:27
Οκτώβριος	11:45
Νοέμβριος	10:00
Δεκέμβριος	9:12

(πηγή: εργαστήριο φυσικής της Ατμόσφαιρας Α.Π.Θ.)

Το πότισμα των φυτών γινόταν μια φορά την βδομάδα σε ίσες ποσότητες .Ο θάλαμος του όζοντος τροφοδοτούνταν με όζον από οζονιστήρα που βρισκόταν εξωτερικά από τον θάλαμο και είναι του τύπου T-Series Genarator της εταιρείας TRIO<sub>3</sub> industries Inc(Fortpierce FLORIDA 34946). Ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες controllers και

αισθητήρες συντελούν ώστε το όζον στο θάλαμο να βρίσκεται σε περιεκτικότητα 100ppb περίπου. Στο θάλαμο υπάρχουν σιδηροκατασκευές επάνω στις οποίες και τοποθετούνται οι πέντε από τις δέκα ζαρτινιέρες.

Ο θάλαμος control έχει ακριβώς τις ίδιες διαστάσεις με τον θάλαμο του όζοντος τα ίδια εξαρτήματα και περιέχει τα ίδια με τον θάλαμο του όζοντος εκτός από την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα. Ο ατμοσφαιρικός αέρας που διοχετεύεται στο θάλαμο φιλτράρεται και αυτός με ενεργό άνθρακα. Σε κάθε θάλαμο υπήρχαν συνολικά 20 φυτά. Η επίδραση του όζοντος άρχισε 10 μέρες μετά την βλάστηση των σπερμάτων.

**Πίνακας 2. Μέσες μηνιαίες τιμές τιμές της συγκέντρωσης του τροποσφαιρικού όζοντος στην πόλη του Βόλου (Οκτώβριος 2005 – Δεκέμβριος 2006).**

Μήνας / Έτος	Μέσες μηνιαίες τιμές της συγκέντρωσης του τροποσφαιρικού όζοντος στην πόλη του Βόλου (ppb).
Οκτώβριος 2005	<b>15,63</b>
Νοέμβριος 2005	<b>7,30</b>
Δεκέμβριος 2005	<b>14,4</b>
Ιανουάριος 2006	<b>20,60</b>
Φεβρουάριος 2006	<b>24,75</b>
Μάρτιος 2006	<b>40,25</b>
Απρίλιος 2006	<b>34,60</b>
Μάιος 2006	<b>28,85</b>
Ιούνιος 2006	<b>31,50</b>
Ιούλιος 2006	<b>32,75</b>
Αύγουστος 2006	<b>30,65</b>
Σεπτέμβριος 2006	<b>28,55</b>
Οκτώβριος 2006	<b>16,70</b>
Νοέμβριος 2006	<b>14,75</b>
Δεκέμβριος 2006	<b>14,50</b>

(Πηγή: Γραφείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας του τμήματος Διασφάλισης και Ποιότητας της Διεύθυνσης Προγραμματισμού και Ανάπτυξης της Δ.Ε.Υ.Α.Μ.Β.(Δημόσια Επιχείρηση Ύδρευσης και Αποχέτευσης Μείζονος Βόλου)).



Εικόνα 4. Θάλαμοι control και ozone

#### **4.1.2 Περιγραφή του πειράματος επίδραση UV-B ακτινοβολίας**

Για την μέτρηση της επίδρασης της UV-B ακτινοβολίας φυτεύτηκαν σπόροι στις 20/8/2007 σε ζαρτινιέρες . Οι 15 συνολικά ζαρτινιέρες, περιείχαν ίση κατ' όγκο ποσότητα τύρφης floradur και εδάφους (PG) σε αναλογία 2:1 χόμα:τύρφη. Οι ζαρτινιέρες μεταφέρθηκαν στους θαλάμους των υπεριώδων ακτίνων B, 5 σε κάθε ένα από τους 3 θαλάμους που βρίσκονται σε ένα σκοτεινό παράπηγμα μεταλλικής κατασκευής, το οποίο βρίσκεται στην Γεωπονική σχολή του Βόλου. Οι θαλάμοι είχαν τα εξής χαρακτηριστικά:

1<sup>ος</sup> : 0,000 w/m<sup>2</sup> ένταση λαμπτήρων υπεριώδους φωτός-B.Φίλτρο πολυαιθυλενίου κάτω από τις λάμπες το οποίο απορροφά τις A ,B ΚΑΙ C ακτινοβολίες και κατά 66,24 % την ορατή ακτινοβολία.

$2^{ος}$  :  $0,1365 \text{ w/m}^2$  ένταση λαμπτήρων υπεριώδους φωτός-B. Η τιμή αυτή υπεριώδους φωτός-B είναι η μέση τιμή της υπεριώδους ακτινοβολίας B με κανονική πυκνότητα στρατοσφαιρικού όζοντος για την πόλη του Βόλου κατά τον μήνα Ιούλιο. Η τιμή αυτή υπολογίστηκε από το μοντέλο BJORN και MURPHY.

$3^{ος}$  :  $0,2232 \text{ w/m}^2$  ένταση λαμπτήρων υπεριώδους φωτός-B. Η τιμή αυτή είναι η μέση τιμή της υπεριώδους ακτινοβολίας B, με μείωση 30 % της πυκνότητας του στρατοσφαιρικού όζοντος, για την πόλη του Βόλου κατά τον μήνα Ιούλιο. Η τιμή αυτή υπολογίστηκε επίσης από το μοντέλο BJORN και MURPHY.

Και οι δυο θάλαμοι της υπεριώδους ακτινοβολίας –B έφεραν φίλτρα της οξικής κυτταρίνης ( διαπερατότητα της οξικής κυτταρίνης στην UV-C ακτινοβολία είναι 0) τα οποία απορροφούν την υπεριώδη ακτινοβολία –C και αφήνουν να περάσει κατά 86% UV-A, 85% UV-B ΚΑΙ ορατή ακτινοβολία 69,5%.



Εικόνα 5. Θάλαμοι υπεριώδους ακτινοβολίας B με τα φυτά σε τελικό στάδιο

#### **4.1.3. Μέτρηση του αριθμού των μη αδενωδών τριχών ανά mm<sup>2</sup> της επιφάνειας των φύλλων.**

Για την μέτρηση του αριθμού των αδενωδών τριχών ανά mm<sup>2</sup> χρησιμοποιήθηκαν πλήρως ανεπτυγμένα φύλλα σουσαμιού. Τα φύλλα τοποθετούνταν πάνω σε αντικειμενοφόρο πλάκα. Η μέτρηση έγινε σε μεγέθυνση 10x40 σε 10 πεδία 5 πεδία των 10 φύλλων ανα μεταχείριση. Το εμβαδόν του μικροσκοπίου μετατράπηκε σε mm<sup>2</sup>.

#### **4.1.4. Μέτρηση του αριθμού των επιδερμικών κυττάρων και των στομάτων ανά mm<sup>2</sup> της επιφάνειας των φύλλων.**

Για την μέτρηση χρησιμοποιήσαμε διαφανές βερνίκι νυχιών με το οποίο καλύψαμε την πάνω και κάτω επιφάνεια του φύλλου. Κατόπιν το τοποθετήσαμε πάνω σε αντικειμενοφόρο πλάκα και το αποκολλήσαμε με τσιμπίδα πάνω από αυτήν. Η μέτρηση έγινε σε μεγέθυνση 10X40 σε 10 πεδία των φύλλων για κάθε μεταχείριση. Το εμβαδόν του οπτικού πεδίου του μικροσκοπίου μετατράπηκε σε mm<sup>2</sup>.

#### **4.1.5. Μέτρηση του μήκους και του πλάτους των στομάτων.**

Για την μέτρηση του μήκους και του πλάτους των στομάτων χρησιμοποιήθηκε προσοφθάλμιο μικρόμετρο.

#### **4.1.6. Μέτρηση του μήκους των στημόνων της στεφάνης και των στύλων των ανθέων.**

Για την μέτρηση του μήκους(mm) των στημόνων, της στεφάνης και των στύλων των ανθέων έγινε χρήση υποδεκατόμετρου.

#### **4.1.7. Μέτρηση του βάρους 1000 σπερμάτων.**

Για την μέτρηση του βάρους 1000 σπερμάτων χρησιμοποιήθηκε το μηχάνημα Getreide Sonnenblumen Roggen Contador PFEUFER. Μετρήθηκε το βάρος των σπερμάτων από δέκα φυτά ανά μεταχείριση. Συνολικά μετρήθηκε το βάρος(g) 1000 σπερμάτων.

#### **4.1.8. Μέτρηση του ύψους των φυτών και των μεσογονατίων διαστημάτων του κυρίως βλαστού.**

Για την μέτρηση του ύψους των φυτών(cm) και των μεσογονατίων διαστημάτων(cm) του κυρίως βλαστού χρησιμοποιήθηκε μεταλλική μετροταινία.

#### **4.1.9. Μέτρηση του περιεχομένου σε χλωροφύλλη (a + b, μονάδες SPAD) των φύλλων.**

Για την μέτρηση χρησιμοποιήθηκε το χλωροφυλλόμετρο τύπου SPAD SO2 της εταιρείας Minolta(LTD, Osaka Japan) το οποίο μετράει χλωροφύλλη a+b. Από κάθε φυτό μετρήθηκε το 4 φύλλο από την κορυφή.

#### **4.1.10. Μέτρηση της βλαστικότητας των γυρεοκόκκων επί της %.**

Για την μέτρηση της βλαστικότητας των γυρεοκόκκων πήραμε κλειστά και ανοιχτά άνθη από τις μεταχειρίσεις από το toll και τοποθετήθηκαν σε πλαστική σακούλα κατά την μεταφορά στο εργαστήριο. Οι γυρεόκοκκοι τοποθετήθηκαν στη συνέχεια σε αντικειμενοφόρες πλάκες με το ακόλουθο θρεπτικό διάλυμα: (Brewbaker & Kwank.1963): $H_3BO_3$  (Βορικό οξύ) 0,1g/L

$Ca(NO_3)_2$ (Νιτρικό ασβέστιο) 0,3g/L

$MgSO_4$  (Θευκό μαγνήσιο) 0.2g/L

$KNO_3$  (Νιτρικό κάλιο) 0,1g/L

$KH_2PO_4$  (Δισόξινο φωσφορικό κάλιο) 0,1g/L

και 30% σουκρόζη (Abelardo A. 1997).

Τις αντικειμενοφόρους με τους γυρεοκόκκους και το διάλυμα τα τοποθετήσαμε σε τριβλία με απορροφητικό χαρτί στο πυθμένα με νερό για να διατηρηθεί η υγρασία και τοποθετήσαμε το τριβλίο σε θερμοκρασία 22-24°C.

#### **4.1.11. Μέτρηση του εμβαδού των φύλλων.**

Για την μέτρηση του εμβαδού των φύλλων ( $\text{cm}^2$ ) χρησιμοποιήσαμε εμβαδόμετρο τύπου Li-300A Portable Area Meter της εταιρείας LICOR (LICOR, Inc. 4421 Superior Street, Lincoln, Nebraska, USA). Χρησιμοποιήσαμε 10 φύλλα ανά μεταχείριση.

#### **4.1.12. Μέτρηση του υδατικού δυναμικού(Mpa).**

Η μέτρηση του υδατικού δυναμικού έγινε σε πλήρως ανεπτυγμένα φύλλα με τη μέθοδο του θαλάμου πίεσης που αναπτύχθηκε για πειραματική χρήση από το Scholander et al.(1956b) και τώρα χρησιμοποιείται η βελτιωμένη μέθοδος αυτή από τους Turner(1981a) και Koide et al. (1991) κατά κύριο λόγο στη οικοφυσιολογική έρευνα. Η συσκευή μετρά την υδροστατική πίεση εντός του αγωγού ιστού και στηρίζεται στις αρχές του μοντέλου κίνησης του νερού στο σύστημα έδαφος-φυτό-ατμόσφαιρα(SPA).

Η μέθοδος βασίζεται στο γεγονός, ότι η διαπνοή δημιουργεί αρνητική πίεση στο απόπλασμα η οποία μεταφέρεται στο νερό του αγωγού ιστού έτσι ώστε η στήλη του νερού εντός του αγωγού να υφίσταται μια τάση προς τα πάνω. Οποιαδήποτε τομή στον φυτικό ιστό διακόπτει τη συνέχεια της υδάτινης στήλης και απαιτεί ειδική τιμή πίεσης για να φτάσει η στήλη του νερού στο αρχικό επίπεδο.(Μαρία Καρατάσιου 1999).

Πλήρως ανεπτυγμένα φύλλα τοποθετούνταν στο θάλαμο πίεσης με το μίσχο του κάθε φύλλου να βρίσκεται έξω από το θάλαμο. Εντός του θαλάμου η πίεση που ασκείται κάνει το νερό που υπάρχει στον αγωγό ιστό να εξέλθει από το μίσχο. Η πίεση αυτή μετρίεται σε bar και μετατρέπεται σε Mpa ( $1 \text{ bar}=0,1 \text{ Mpa}$ )

#### **4.1.13. Μέτρηση του σχετικού υδατικού περιεχομένου(%).**

Ο προσδιορισμός του σχετικού υδατικού περιεχομένου έγινε με την μέθοδο των δισκίων (Weatherley 1950). Δίσκοι διαμέτρου 4mm λαμβάνονταν από πλήρως ανεπτυγμένα φύλλα από οκτώ φύλλα ανά μεταχείριση και δυο ανά τεμάχιο. Οι δίσκοι ζυγίζονταν αμέσως για τον προσδιορισμό του νεπού βάρους(FW). Έπειτα τοποθετούνταν σε υδατικά κορεσμένη ατμόσφαιρα (κλεισμένα μπουκαλάκια με αποσταγμένο νερό) για 24 ώρες ή 12 ώρες σε θερμοκρασία  $4-6^\circ\text{C}$  στο ψυγείο. Κατόπιν αφαιρούνταν το νερό από την εξωτερική επιφάνεια των δισκίων με τη



βοήθεια στυπόχαρτου και ζυγίζονταν για τον προσδιορισμό του βάρους σε κατάσταση κορεσμού(SD). Το ξηρό βάρος (DW) προσδιοριζόταν μετά από ξήρανση των δίσκων στους 70-80°C για 12-24 ώρες.

Το σχετικό υδατικό περιεχόμενο του φύλλου υπολογίστηκε με την εξίσωση (Koide et al. 1991):

$$\text{RWC} = \frac{\text{FW} - \text{DW}}{\text{SW} - \text{DW}} \times 100 = 100 - \text{WSD}$$

Όπου **WSD**=Το υδατικό έλλειμμα σε κατάσταση κορεσμού.

Το υδατικό έλλειμμα σε κατάσταση κορεσμού εκφράζει την απόλυτη ποσότητα νερού που απαιτείται για να φτάσει το φυτό σε κατάσταση κορεσμού, είναι δηλαδή μια παράμετρος που εκφράζει την ποσοτική υδατική κατάσταση του ιστού(Slavik 1974, Turner 1981a).

#### **4.1.14. Μέτρηση του ρυθμού επιμήκυνσης του ελάσματος των φύλλων και του μέγιστου πλάτους.**

Για την μέτρηση χρησιμοποιήθηκε χάρακας με υποδεκάμετρο. Από κάθε μεταχείριση διαλέξαμε 10 φύλλα και παρατηρήσαμε τον ρυθμό αύξησης των φύλλων ανά τριήμερο.

#### **4.1.15. Μέτρηση του καθαρού ρυθμού φωτοσύνθεσης των φύλλων.**

Για την μέτρηση του καθαρού ρυθμού της φωτοσύνθεσης χρησιμοποιήθηκε η φορητή συσκευή φωτοσύνθεσης LI-6200 της εταιρείας LI-COR (portable photosynthesis system box 4425/4421 superior street, Lincoln Nebraska 68504, USA). Η καθαρή ανταλλαγή του CO<sub>2</sub> μεταξύ του φύλλου και της ατμόσφαιρας του θαλάμου μετράτε τοποθετώντας το φύλλο στο εσωτερικό του θαλάμου της φορητής συσκευής LI-6200 χωρίς να αποκοπεί από το βλαστό και ελέγχοντας το ρυθμό με τον οποίο αλλάζει η συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> εντός του θαλάμου σε μικρό χρονικό διάστημα.

#### **4.1.16 Μέτρηση του ξηρού βάρους των φύλλων και των βλαστών**

Αφού κόψαμε τα φυτά από το τολ τα διαχωρίσαμε σε φύλλα και βλαστούς ανά φυτό. Τα φύλλα και οι βλαστοί τοποθετήθηκαν σε χάρτινες σακούλες τις οποίες βάλαμε για ξήρανση σε κλίβανο του εργαστηρίου της Γεωργίας για τρεις μέρες. Κατόπιν μετρήθηκε το ξηρό βάρος(g) των φύλλων και των βλαστών ανά φυτό.

#### **4.1.17. Στατιστική επεξεργασία πειραματικών δεδομένων.**

Η επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων, τόσο για την επίδραση της UV-B ακτινοβολίας όσο και για την επίδραση του όζοντος έγινε με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος SPSS 14 και αφορούσε την ανάλυση της παραλλακτικότητας και την εφαρμογή του τεστ του LSD με 5% επίπεδο σημαντικότητας για τυχόν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφόρων μετρήσεων κάτω από την επίδραση των διαφόρων μεταχειρίσεων και επαναλήψεων τόσο στο πείραμα της υπεριώδους ακτινοβολίας-B και του όζοντος στο φυτό *sesamum indicum* .

Στην υπεριώδεις ακτινοβολία για την επεξεργασία των δεδομένων: χλωροφύλλη, εμβαδόν φύλλων, επιδερμικά κύτταρα, υδατικό δυναμικό, μήκος στημόνων, μήκος στεφάνης, μήκος στύλου, αριθμός στομάτων, ύψος φυτών , μέτρηση cs, μέτρηση διαπνοής, καθαρό ρυθμό φωτοσύνθεσης, στοματική αγωγιμότητα, σχετικό υδατικό περιεχόμενο χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος για τα παραμετρικά δείγματα, ενώ για το βάρος 1000 σπόρων, το μήκος πλάτος στομάτων, των αριθμό των μη αδενωδών τριχών, τη βλαστικότητα γυρεόκκοκων , το ξηρό βάρος των φύλλων και βλαστών, τη μέτρηση της CI και RS χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος για τα μη παραμετρικά δείγματα.

Στο όζον για την επεξεργασία των δεδομένων: βάρος 1000 σπόρων, επιδερμικά κύτταρα, υδατικό δυναμικό, μήκος στημόνων, μήκος στεφάνης, μήκος στύλου, ύψος φυτών , βλαστικότητα γυρεόκκοκων, ξηρό βάρος των φύλλων, στοματική αγωγιμότητα, διαπνοή, τη μέτρηση της CI , RS και CS χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος για τα παραμετρικά δείγματα ,ενώ για την μέτρηση( χλωροφύλλης, εμβαδόν φύλλων, το μήκος πλάτος στομάτων, αριθμός στομάτων, των αριθμό των μη αδενωδών τριχών, το ξηρό βάρος βλαστών και καθαρό ρυθμό φωτοσύνθεσης) χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος για τα μη παραμετρικά δείγματα.

#### **4.1.18. Παρουσίαση των αποτελεσμάτων**

Στους πίνακες που παρουσιάζονται στα αποτελέσματα η σημαντικότητα του κάθε παράγοντα συμβολίζεται με αστερίσκους(\*).Με ένα \* όταν  $p < 0.05$ , με \*\* όταν  $p < 0.01$  και με \*\*\* όταν  $p < 0,001$ , ενώ όταν δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές με N.S.(Non Significant).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### 5.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 5.2. Επίδραση της UV-B ακτινοβολίας.

##### 5.2.1. Μη αδενώδεις τρίχες ανά mm<sup>2</sup> της επιφάνειας των φύλλων.

Από την στατιστική επεξεργασία των δεδομένων βρήκαμε ότι η UV-B ακτινοβολία είχε σημαντική επίδραση στον αριθμό μη των αδενωδών τριχών ανά mm<sup>2</sup> της επιφάνειας του φύλλου (P<0,001). Παρατηρήσαμε σημαντική διαφορά ανάμεσα στην άνω και κάτω επιφάνεια του φύλλου (P<0,005). Η αλληλεπίδραση ανάμεσα σε UV-BxΕπιφάνεια είχε σημαντική επίδραση στον αριθμό των αδενωδών τριχών (P<0,01)(Πιν.3)

Οι μέσοι όροι των δειγμάτων στο επίπεδο (1) και (2) παρουσίασαν μια μείωση της τάξης του 63,9% και 44% αντίστοιχα σε σχέση με τον μάρτυρα(επίπεδο 3) στην πάνω επιφάνεια. Στην κάτω επιφάνεια είχαμε μια μείωση κατά 24,5% του αριθμού των αδένων στο επίπεδο 2 και στο επίπεδο 1 κατά 48.5%(Πιν.3).

**Πίνακας 4. Αριθμός των μη αδενωδών τριγών (mm<sup>2</sup>) στην πάνω και κάτω επιφάνεια των φύλλων.**

Επίπεδα UV-B	Επιφάνεια φύλλων	Αδενώδεις τρίχες ανά mm <sup>2</sup> της επιφάνεια των φύλλων	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
UV 0,2232 w/m <sup>2</sup>	Άνω	16,1	-63.9%
	Κάτω	24,5	-48,5%
UV 0,1365 w/m <sup>2</sup>	Άνω	25	-44%
	Κάτω	35,9	-24,50%
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	Άνω	44,7	100%
	Κάτω	47,5	100%
UV-B		***	
Επιφάνεια		*	
UV-BxΕπιφάνεια		***	



Εικόνα 6.Μη Αδενώδης τρίχα σουσαμιού

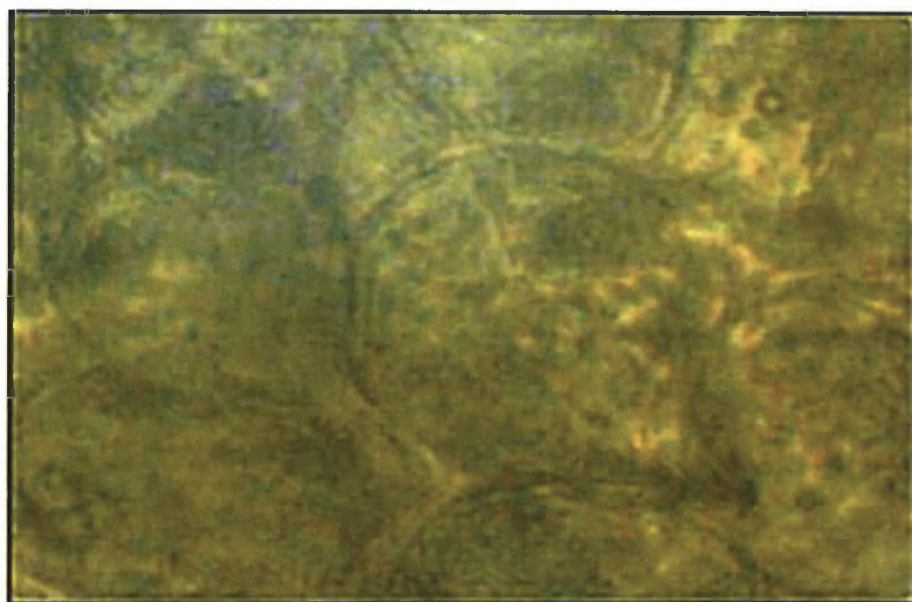
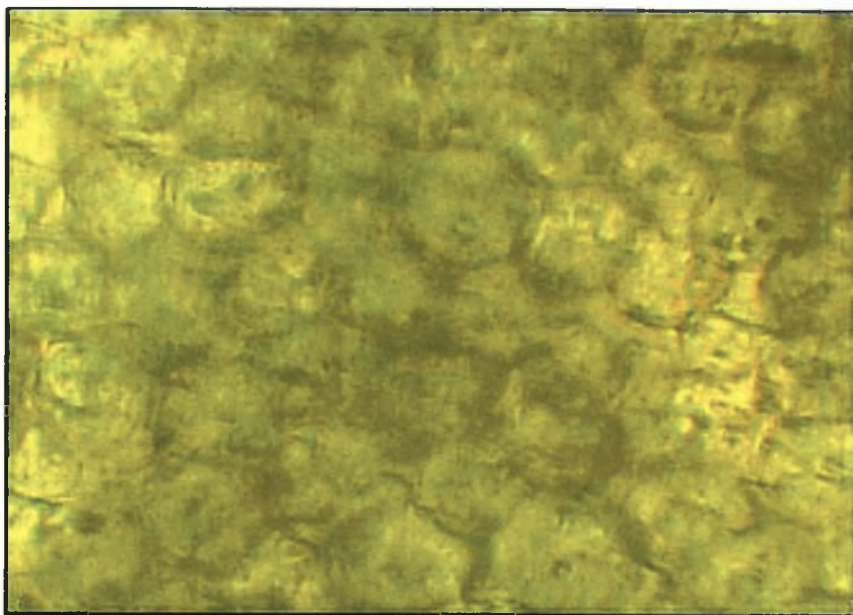
### 5.2.2. Αριθμός επιδερμικών κυττάρων ανά mm<sup>2</sup> της επιφάνειας των φύλλων.

Από την στατιστική επεξεργασία των δεδομένων προκύπτει ότι η UV-B ακτινοβολία επηρεάζει σημαντικά τον αριθμό των επιδερμικών κυττάρων ( $P < 0,001$ ) όπως και ότι υπάρχει σημαντική διαφορά ανάμεσα στην πάνω και στην κάτω επιφάνεια του φύλλου ( $P < 0,001$ ). Η αλληλεπίδραση ανάμεσα στην UVBxΕπιφάνεια δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές ( $P > 0,05$ )(Πιν.4).

Σημαντική διαφορά υπήρξε μεταξύ του επιπέδου (3) και (1) και (1) (2) και(2) (3) ( $P < 0,001$ ). Οι μέσοι όροι παρουσίασαν μια μείωση της τάξης του 36,14% στο επίπεδο (1) και μια μείωση της τάξης του 9,05% στο επίπεδο (2) στην πάνω επιφάνεια σε σχέση με το επίπεδο (3) μάρτυρα. Στην κάτω επιφάνεια είχαμε μια μείωση της τάξης του 37% στο επίπεδο(1) και 11,6% στο επίπεδο (2) σε σχέση με τον μάρτυρα επίπεδο (3).(Πιν.4).

**Πίνακας 4. Αριθμός των επιδερμικών κυττάρων(mm<sup>2</sup>) στην πάνω και κάτω επιφάνεια του φύλλου.**

Επίπεδα UV-B	Επιφάνεια φύλλων	Αριθμός επιδερμικών κυττάρων ανά mm <sup>2</sup> της επιφάνειας των φύλλων	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
UVA- 0.2232 w/m <sup>2</sup>	Άνω	142.4	-36.14%
	Κάτω	170.1	-37%
UVB-0.1365 w/m <sup>2</sup>	Άνω	202.8	-9.05
	Κάτω	238.6	-11.6%
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	Άνω	223	100%
	Κάτω	270.1	100%
UV-B		***	
Επιφάνεια		***	
UV-BxΕπιφάνεια		N.S.	
Επίπεδο (1) – (2)		***	
Επίπεδο (1) – (3)		***	
Επίπεδο (2) – (3)		***	



Εικόνες 7, 8, επιδερμικά κύτταρα σουσαμιού

### 5.2.3. Αριθμός στομάτων ανά mm<sup>2</sup> της επιφάνειας των φύλλων.

Από την στατιστική επεξεργασία των δεδομένων προκύπτει ότι η UV-B ακτινοβολία είχε σημαντική επίδραση στον αριθμό των στομάτων (P<0,001). Παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά ανάμεσα στην πάνω και κάτω επιφάνεια του φύλλου (P<0,001) ενώ δεν υπήρχε διαφορά από την αλληλεπίδραση UVBxΕπιφάνεια (P>0,5). (Πιν.5).

Υπήρξαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στο επίπεδο (2) σε σχέση με το επίπεδο (1) (P<0,001). Σημαντικές διαφορές σημειώθηκαν στο επίπεδο (3) σε σχέση με το επίπεδο (1) (P<0,001). Σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στο επίπεδο (2) και (3) P<0,001). (Πιν. 5).

Στο επίπεδο (1) παρατηρήσαμε μια μείωση του αριθμού των στομάτων κατά 53,5% και στο επίπεδο (2) μια μείωση κατά 22,8% σε σχέση με τον μάρτυρα όσων αφορά την πάνω επιφάνεια. Στην κάτω επιφάνεια παρατηρήθηκε μια μείωση κατά 56,6% στο επίπεδο (1) και μια μείωση κατά 29,5% στο επίπεδο (2) σε σχέση με τον μάρτυρα επίπεδο (3) (Πιν. 5).

**Πίνακας 5. Αριθμός των στομάτων ανά mm<sup>2</sup> στην πάνω και κάτω επιφάνεια του φύλλου.**

Επίπεδα UV-B	Επιφάνεια φύλλων	Αριθμός στομάτων ανά mm <sup>2</sup> της επιφάνειας των φύλλων	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
UVA-0.2232 w/m <sup>2</sup>	Άνω	23.8	-53.5%
	Κάτω	26.5	-56.6%
UVB-0.1365 w/m <sup>2</sup>	Άνω	39.5	-22.8%
	Κάτω	43.1	-29.5%
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	Άνω	51.2	100%
	Κάτω	61.2	100%
UV-B		***	
Επιφάνεια		***	
UV-BxΕπιφάνεια		N.S.	
Επίπεδο (1) – (2)		***	
Επίπεδο (1) – (3)		***	
Επίπεδο (2) – (3)		***	

#### **5.2.4. Μήκος(μm) των στομάτων.**

Από την στατιστική ανάλυση των δεδομένων βρήκαμε ότι η UV-B ακτινοβολία είχε σημαντική επίδραση στο μήκος των στομάτων ( $P<0,05$ ). Σημαντική διαφορά παρατηρήθηκε και ανάμεσα στην άνω και κάτω επιφάνεια των φύλλων( $P<0,05$ ). Σημαντική διαφορά παρατηρήθηκε και από την αλληλεπίδραση μεταξύ UVBxΕπιφάνεια ( $P<0,001$ ). (Πιν.6)

Στο επίπεδο (1) είχαμε μια αύξηση του μήκους των στομάτων της τάξης του 60% και στο επίπεδο (2) παρέμεινε ίδιος ο αριθμός των στομάτων σε σχέση με τον μάρτυρα στην πάνω επιφάνεια,

Στην κάτω επιφάνεια παρέμεινε ίδιος ο αριθμός των στομάτων στο επίπεδο (1) και μειώθηκε κατά 14,2% στο επίπεδο (2) σε σχέση με τον μάρτυρα επίπεδο (3)(Πιν.6).

**Πίνακας 6. Μήκος(μm) των στομάτων στην πάνω και κάτω επιφάνεια του φύλλου.**

Επίπεδα UV-B	Επιφάνεια φύλλων	Μήκος(μm) των στομάτων	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
UVA-0.2232 w/m <sup>2</sup>	Άνω	30.72	+60%
	Κάτω	22.4	0%
UVB-0.1365 w/m <sup>2</sup>	Άνω	19.2	0%
	Κάτω	19.2	-14.2%
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	Άνω	19,2	100%
	Κάτω	22.4	100%
UV-B		*	
Επιφάνεια		*	
UV-BxΕπιφάνεια		***	

#### **5.2.5. Πλάτος(μm) των στομάτων.**

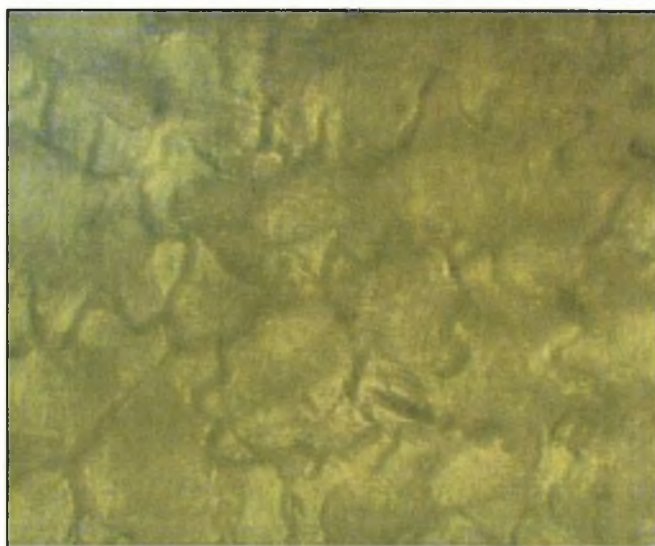
Από την στατιστική ανάλυση βρήκαμε ότι η UV-B ακτινοβολία δεν επηρεάζει σημαντικά το πλάτος των στομάτων των δυο καταφρακτικών κυττάρων( $P>0,05$ ). Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ της πάνω και της κάτω επιφάνειας( $P>0,05$ ) ενώ παρατηρήθηκαν μεταξύ της αλληλεπίδρασης UVBxΕπιφάνεια( $P>0,05$ ). (Πιν.7, Πιν. 9 παραρτήματος Ι).

Στο επίπεδο (1) είχαμε μια αύξηση του πλάτους των στομάτων κατά 10% και στο επίπεδο (2) κατά 60% σε σχέση με επίπεδο (3) όσο αφορά την πάνω επιφάνεια του φύλλου. Στην κάτω επιφάνεια παρατηρήθηκε αύξηση στο επίπεδο (1) κατά 45,5 % και στο επίπεδο (2) μείωση κατά 9,1% σε σχέση με το επίπεδο (3) (Πιν.7).



**Πίνακας 7. Πλάτος(μm) των στομάτων στην πάνω και κάτω επιφάνεια του φύλλου.**

Επίπεδα UV-B	Επιφάνεια φύλλων	Πλάτος(μm) στομάτων	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
UVB-0.2232 w/m <sup>2</sup>	Άνω	17.6	+10%
	Κάτω	25.6	+45.5%
UVB-0.1365 w/m <sup>2</sup>	Άνω	25.6	+60%
	Κάτω	16	-9.1%
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	Άνω	16	100%
	Κάτω	17.6	100%
UV-B		N.S.	
Επιφάνεια		N.S.	
UV-BxΕπιφάνεια		***	



Εικόνα 9. Σταμάτιο σουσαμιού

### **5.2.6. Μήκος(cm) των στημόνων.**

Από την στατιστική ανάλυση των δεδομένων βρέθηκε ότι η UV-B ακτινοβολία επιδρά σημαντικά το μήκος των στημόνων ( $P<0,001$ ). Σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ του επιπέδου (2) σε σχέση με το επίπεδο (1) ( $P<0,001$ ) όπως και μεταξύ των επιπέδων (1) και (3) ( $P<0,001$ ). Δεν παρουσιάστηκαν όμως σημαντικές διαφορές μεταξύ του του επιπέδου (3) σε σχέση με το επίπεδο (2) ( $P>0,05$ ) (Πιν.8).

Οι μέσοι όροι παρουσίασαν μια μείωση της τάξης του 22,8% και 17,1% αντίστοιχα στα επίπεδα (1) και (2) σε σχέση με το επίπεδο (3) (Πιν.8).

**Πίνακας 8. Μήκος (cm) των νημάτων πάνω και κάτω ζεύγους.**

Επίπεδα UV-B	Μήκος(cm) των στημόνων	Ποσοστό % σε σχέση με τον μαρτυρα
UVB-0.2232 w/m <sup>2</sup>	1,08	-22,8 <sup>ο</sup> /ο
UVB-0.1365 w/m <sup>2</sup>	1,16	-17,1 <sup>ο</sup> /ο
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	1,4	100%
UV-B	***	
Επίπεδο (1) – (2)	***	
Επίπεδο (1) – (3)	***	
Επίπεδο (2) – (3)	N.S.	

### **5.2.7. Μήκος(cm) του στύλου στα άνθη.**

Από την στατιστική ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι η UV-B ακτινοβολία έχει σημαντική επίδραση στο μήκος του στύλου του άνθους. ( $P<0,001$ ) (Πιν.

9), Σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ του επιπέδου (2) σε σχέση με το επίπεδο (1) ( $P<0,001$ ) όπως και μεταξύ των επιπέδων (2) και (3) και (3) (1) ( $P<0,001$ ). Οι μέσοι όροι παρουσίασαν μια μείωση της τάξης του 20% και αύξηση 23% αντίστοιχα στα επίπεδα (1) και (2) σε σχέση με το επίπεδο (3) (Πιν.9).

**Πίνακας 9. Μήκος(cm) του στύλου στα άνθη.**

Επίπεδα UV-B	Μήκος(cm) του στύλου	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
UVB-0.2232 w/m <sup>2</sup>	0.8	-20%
UVB-0.1365 w/m <sup>2</sup>	1.23	+23%
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	1	100%
UV-B	***	
Επίπεδο (1) – (2)	***	
Επίπεδο (1) – (3)	***	
Επίπεδο (2) – (3)	***	

### **5.2.8. Μήκος(cm) της στεφάνης στα άνθη.**

Από την στατιστική ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι η UV-B ακτινοβολία έχει σημαντική επίδραση στο μήκος της στεφάνης του άνθους. ( $P < 0,001$ ) (Πιν. 10)

Σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ του επιπέδου (2) σε σχέση με το επίπεδο (1) ( $P < 0,001$ ) όπως και μεταξύ των επιπέδων (2) και (3) και (3) (1) ( $P < 0,001$ ). Οι μέσοι όροι παρουσίασαν μια μείωση της τάξης του 31% και 18% αντίστοιχα στα επίπεδα (1) και (2) σε σχέση με το επίπεδο (3) (Πιν.10).

**Πίνακας 10. Μήκος(cm) της στεφάνης στα άνθη.**

Επίπεδα UV-B	Μήκος(cm) της στεφάνης	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
UVB-0.2232 w/m <sup>2</sup>	1,92	-31%
UVB-0.1365 w/m <sup>2</sup>	2,28	-18%
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	2,77	100%
UV-B	***	
Επίπεδο (1) – (2)	***	
Επίπεδο (1) – (3)	***	
Επίπεδο (2) – (3)	***	

### **5.2.9. Βάρος(g) 1000 σπερμάτων.**

Από την στατιστική ανάλυση βρέθηκε ότι η UV-B ακτινοβολία επιδρά σημαντικά στο βάρος 1000 σπόρων ( $P < 0,001$ ) (Πιν.11),

Οι μέσοι όροι του βάρους 1000 σπόρων παρουσίασαν μια μείωση στο επίπεδο (1) κατά 15,3% και στο επίπεδο (2) κατά 10% σε σχέση με τον μάρτυρα επίπεδο (3) (Πιν.11).

**Πίνακας 11. Βάρος(g) 1000 σπερμάτων.**

Επίπεδα UV-B	Βάρος(g) 1000 σπερμάτων	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
UVB – 0.2232 w/m <sup>2</sup>	2.6967	-15.3%
UVB – 0.1365 w/m <sup>2</sup>	2.8555	-10%
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	3.1857	100%
UV-B	***	

### **5.2.10. Περιεχόμενο σε χλωροφύλλη (a + b, μονάδες SPAD) των φύλλων.**

Από την ανάλυση των δεδομένων βρέθηκε ότι η UV-B ακτινοβολία επηρεάζει σημαντικά το περιεχόμενο των φύλλων σε χλωροφύλλη. ( $P < 0,001$ ) (Πιν.12), Δεν σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στο επίπεδο (2) και το επίπεδο (3) ( $P > 0,05$ ). Σημαντικές διαφορές παρουσίασε το επίπεδο (3) σε σχέση με το επίπεδο (1) ( $P < 0,001$ ). Επίσης παρουσιάστηκαν διαφορές μεταξύ των επιπέδων (2) και (1) ( $P < 0,050,05$ ) (Πιν.12)

Οι μέσοι όροι των φύλλων σε χλωροφύλλη παρουσίασε μια μείωση στο επίπεδο (1) κατά 36,2% και στο επίπεδο (2) κατά 19,55% σε σχέση με τον μάρτυρα επίπεδο (3) (Πιν.12).

**Πίνακας 12. Περιεχόμενο σε χλωροφύλλη (a + b, μονάδες SPAD) των φύλλων.**

Επίπεδα UV-B	Περιεχόμενο σε χλωροφύλλη (a + b, μονάδες SPAD) των φύλλων	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
UVB-0.2232 w/m <sup>2</sup>	18.56	-36.2%
UVB-0.1365 w/m <sup>2</sup>	23.41	-19.55%
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	29.1	100%
UV-B	***	
Επίπεδο (1) – (2)	*	
Επίπεδο (1) – (3)	***	
Επίπεδο (2) – (3)	N.S.	

### **5.2.11. Βλαστικότητα των Γυρεοκόκκων επί της %.**

Από την στατιστική ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι η UV-B ακτινοβολία επιδρά σημαντικά στο ποσοστό βλαστικότητας των γυρεοκόκκων. ( $P<0,001$ ) (Πιν.13)

Οι μέσοι των δειγμάτων του ποσοστού της βλαστικότητας των γυρεοκόκκων παρουσίασαν μια μείωση στο επίπεδο (1) κατά 63% και στο επίπεδο (2) κατά 42% σε σχέση με τον μάρτυρα επίπεδο (3) (Πιν.13).

**Πίνακας 13. Βλαστικότητα των Γυρεοκόκκων επί της %**

Επίπεδα UV-B	Βλαστικότητα Γυρεοκόκκων επί της %	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
UVB – 0.2232 w/m <sup>2</sup>	23,108	-63%
UVB-0.1365 w/m <sup>2</sup>	36,268	-42%
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	62,4	100%
UV-B	***	

### **5.2.12. Ύψος(cm) των φυτών.**

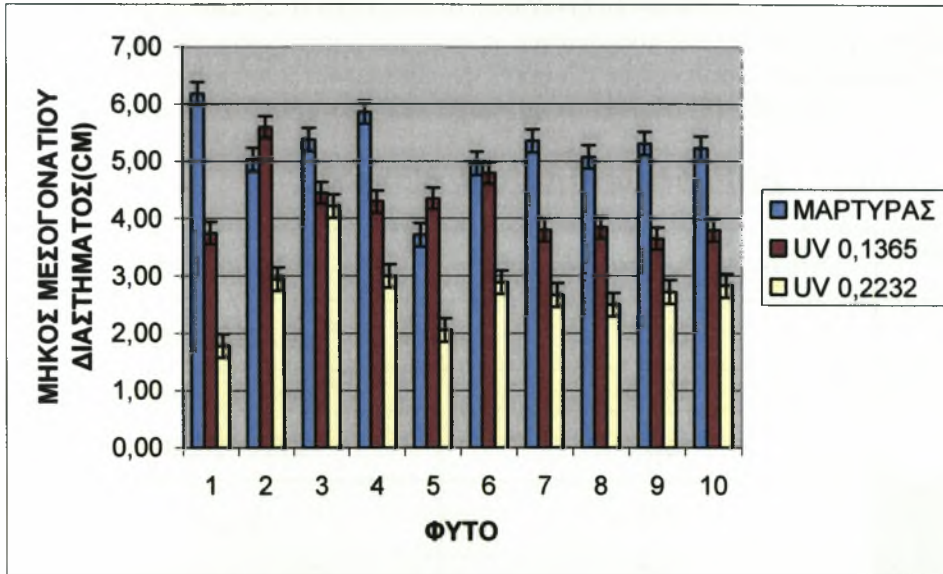
Από την στατιστική ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι η UV-B ακτινοβολία είχε σημαντική επίδραση στο ύψος των φυτών. ( $P<0,001$ ) (Πιν.14)

Σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ όλων των επιπέδων ( $P<0,001$ ), Οι μέσοι όροι του ύψους παρουσίασαν μια μείωση στο επίπεδο (1) κατά 57% και στο επίπεδο (2) κατά 32,1% σε σχέση με τον μάρτυρα επίπεδο (3) (Πιν.14).

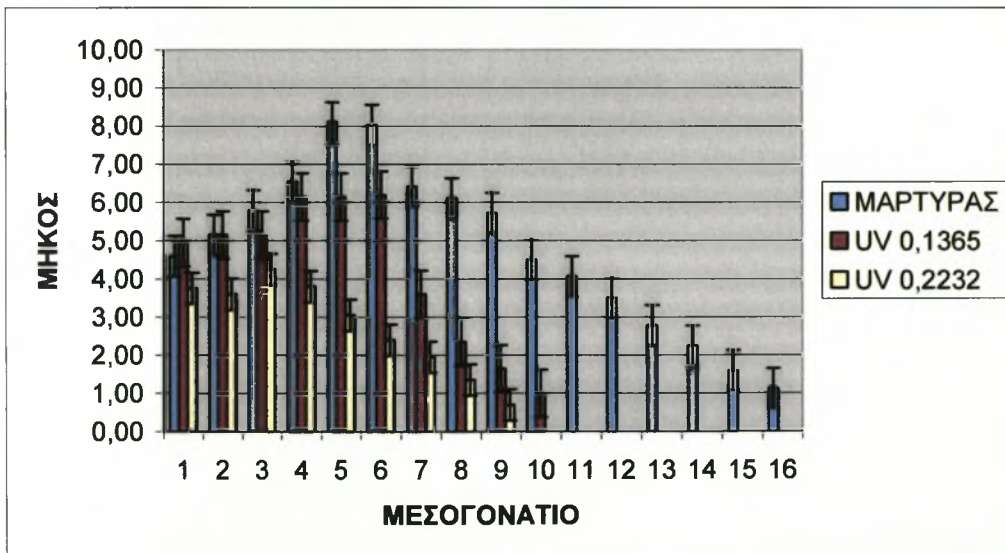
**Πίνακας 14. Ύψος(cm) των φυτών.**

Επίπεδα UV-B	Ύψος(cm) των φυτών	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
UVB-0.2232 w/m <sup>2</sup>	32.4	-57%
UVB-0.1365 w/m <sup>2</sup>	51.25	-32.1
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	75.5	100%
UV-B	***	
Επίπεδο (1) – (2)	***	
Επίπεδο (1) – (3)	***	
Επίπεδο (2) – (3)	***	

**5.2.13. Επίδραση UV-B ακτινοβολίας στα μεσογονάτια διαστήματα(cm) του κυρίως βλαστού.**



Σχήμα 1, Επίδραση της UV-B ακτινοβολίας στα μεσογονάτια διαστήματα ανά φυτό.



Σχήμα 2. Επίδραση της UV-B ακτινοβολίας στα μεσογονάτια διαστήματα

#### **5.2.14. Υδατικό δυναμικό(Mpa).**

Από την στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι η UV-B ακτινοβολία είχε σημαντική επίδραση στο υδατικό δυναμικό ( $P<0,001$ ) (Πιν.15)Σημαντική διαφορά είχαμε στο επίπεδο (2) σε σχέση με το επίπεδο (1) ( $P<0,001$ ). Επίσης και στο επίπεδο (3) είχαμε σημαντικές διαφορές σε σχέση με το επίπεδο (1)( $P<0,001$ ).

Σημαντικές διαφορές είχαμε και μεταξύ των δυο επιπέδων (2) και (3) ( $P<0,001$ ) (Πιν.15)Οι μέσοι όροι των επιπέδων (1) και (2) παρουσίασαν μια μείωση της τάξης του 45% και 25,3% αντίστοιχα σε σχέση με το επίπεδο (3) (Πιν.15).

**Πίνακας 15. Υδατικό δυναμικό (Mpa).**

Επίπεδα UV-B	Υδατικό δυναμικό (Mpa) στις	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
UVB-0.2232 w/m <sup>2</sup>	4.845	-45%
UVB-0.1365 w/m <sup>2</sup>	6.591	-25.3%
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	8.826	100%
UV-B	***	
Επίπεδο (1) – (2)	***	
Επίπεδο (1) – (3)	***	
Επίπεδο (2) – (3)	***	

### **5.2.15. Σχετικό υδατικό περιεχόμενο(%).**

Από την στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι η UV-B ακτινοβολία έχει σημαντική επίδραση στο σχετικό υδατικό περιεχόμενο ( $P<0.001$ ) (Πιν.16),

Σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές στο επίπεδο (2) σε σχέση με το επίπεδο (1) ( $P<0,01$ ) αλλά και ανάμεσα στο επίπεδο (3) σε σχέση πάλι με το επίπεδο (2) ( $P<0,001$ ). Επίσης μεταξύ των δυο επιπέδων του (1) και του (3) δεν σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές( $P>0,05$ ) (Πιν.16),

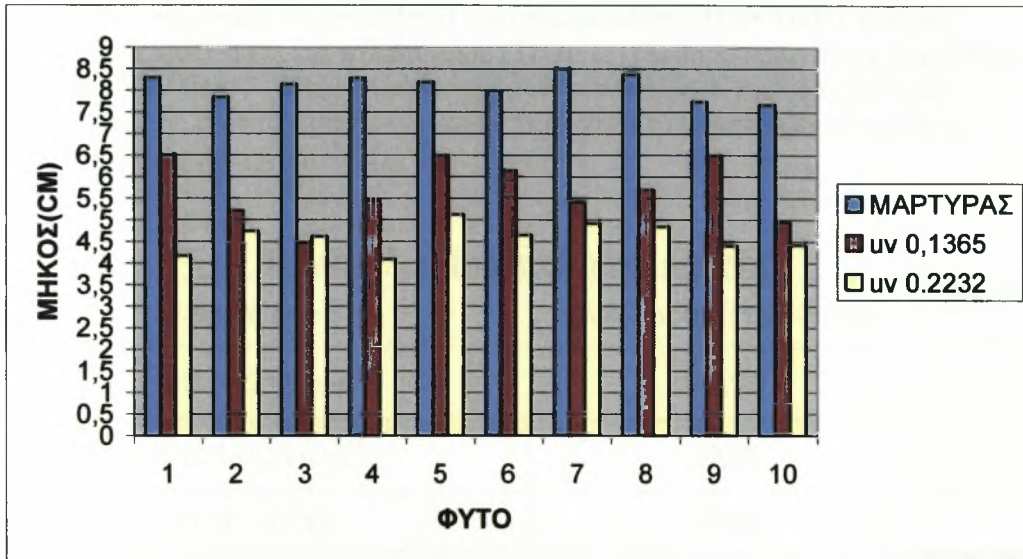
Οι μέσοι όροι του σχετικού υδατικού περιεχομένου παρουσίασαν μια μείωση στο επίπεδο (2) σε σχέση με το επίπεδο (3) της τάξης του 9% και μια αύξηση στο επίπεδο (1) κατά 2,8% σε σχέση με το επίπεδο (3) (Πιν.16).

**Πίνακας 16. Σχετικό υδατικό περιεχόμενο (%).**

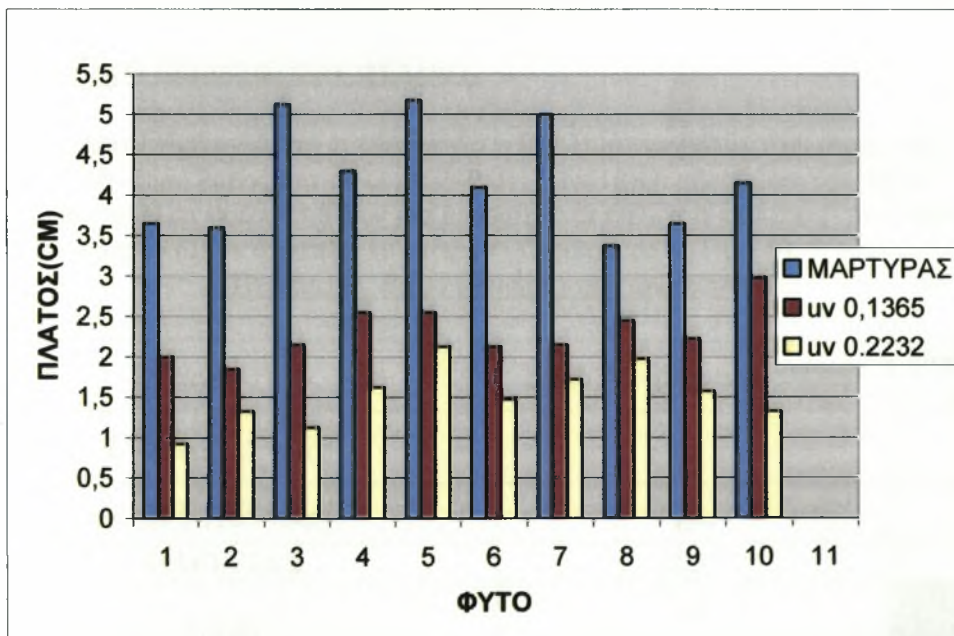
Επίπεδα UV-B	Σχετικό υδατικό περιεχόμενο (%) στις	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
UVB-0.2232 w/m <sup>2</sup>	75.59	2.8%
UVB-0.1365 w/m <sup>2</sup>	66.67	-9%
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	73.46	100%
UV-B	***	
Επίπεδο (1) – (2)	**	
Επίπεδο (1) – (3)	N.S.	
Επίπεδο (2) – (3)	***	



**5.2.16. Επίδραση της UV-B ακτινοβολίας στο ρυθμό επιμήκυνσης του ελάσματος του φύλλου και του μέγιστου πλάτους.**



Σχήμα 3, Επίδραση UV-B ακτινοβολίας στο ρυθμό αύξησης του φύλλου (μήκος)



Σχήμα 4, Επίδραση UV-B ακτινοβολίας στο ρυθμό αύξησης του φύλλου (πλάτος)

### **5.2.17. Εμβαδόν(cm<sup>2</sup>) των φύλλων.**

Από την στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι η UV-B ακτινοβολία έχει σημαντική επίδραση στο εμβαδόν των φύλλων(P<0,001) (Πιν.17)Σημαντική διαφορά παρουσιάστηκε μεταξύ του επιπέδου(1) και του επιπέδου (2)(P<0,001). Επίσης μεταξύ του επιπέδου (1) και του επιπέδου (3) και (2) (3) παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές(P<0,001). Οι μέσοι όροι των εμβαδόν των φύλλων παρουσιάζουν μια μείωση κατά 71,2% στο επίπεδο (1) και κατά 45,8% στο επίπεδο (2) σε σχέση με το επίπεδο (3) (μάρτυρας) (Πιν.17).

**Πίνακας 17. Εμβαδόν(cm<sup>2</sup>) των φύλλων.**

Επίπεδα UV-B	Εμβαδόν(cm <sup>2</sup> ) των φύλλων	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
UVB-0.2232 w/m <sup>2</sup>	19,77	-71,2%
UVB-0.1365 w/m <sup>2</sup>	37,18	-45,8%
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	68,68	100%
UV-B	***	
Επίπεδο (1) – (2)	***	
Επίπεδο (1) – (3)	***	
Επίπεδο (2) – (3)	***	

### **5.2.18. Ξηρό βάρος(g) των φύλλων.**

Από την στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι η UV-B ακτινοβολία έχει σημαντική επίδραση στο ξηρό βάρος των φύλλων(P<0,01) (Πιν.18)Οι μέσοι όροι του ξηρού βάρους των φύλλων παρουσιάζουν μια μείωση κατά 66% στο επίπεδο (1) και κατά 62% στο επίπεδο (2) σε σχέση με το επίπεδο (3) (μάρτυρας) (Πιν.18).

**Πίνακας 18. Ξηρό βάρος(g) των φύλλων.**

Επίπεδα UV-B	Ξηρό βάρος(g) των φύλλων	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
UVB-0.2232 w/m <sup>2</sup>	0,81	-66%
UVB-0.1365 w/m <sup>2</sup>	0.9	-62%
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	2,37	100%
UV-B	**	

### **5.2.19. Ξηρό βάρος(g) των βλαστών.**

Από την στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι η UV-B ακτινοβολία έχει σημαντική επίδραση στο ξηρό βάρος των βλαστών ( $P < 0,001$ ) (Πιν.19) Οι μέσοι όροι του ξηρού βάρους των φύλλων παρουσιάζουν μια μείωση κατά 81% στο επίπεδο (1) και κατά 64% στο επίπεδο (2) σε σχέση με το επίπεδο (3) (μάρτυρας) (Πιν.19).

**Πίνακας 19. Ξηρό βάρος(g) των φύλλων.**

Επίπεδα UV-B	Ξηρό βάρος(g) των βλαστών	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
UVB-0.2232 w/m <sup>2</sup>	1,81	-81%
UVB-0.1365 w/m <sup>2</sup>	3,44	-64%
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	9.46	100%
UV-B	***	

### **5.2.20. Καθαρός ρυθμός φωτοσύνθεσης (μmol/m<sup>2</sup>.sec).**

Από την στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι η UV-B ακτινοβολία έχει σημαντική επίδραση στον καθαρό ρυθμό φωτοσύνθεσης (μmol/m<sup>2</sup>.sec). ( $P < 0,05$ ) (Πιν.20) Σημαντική διαφορά παρουσιάστηκε μεταξύ του επιπέδου(1) και του επιπέδου (3) ( $P < 0,05$ ). Επίσης μεταξύ του επιπέδου (1) και του επιπέδου (2) και (2) (3) δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές ( $P > 0,05$ ). Οι μέσοι όροι παρουσιάζουν μια μείωση κατά 30% στο επίπεδο (1) και κατά 22% στο επίπεδο (2) σε σχέση με το επίπεδο (3) (μάρτυρας) (Πιν.20).

**Πίνακας 20. Καθαρός ρυθμός φωτοσύνθεσης (μmol/m<sup>2</sup>.sec).**

Επίπεδα UV-B	Καθαρός ρυθμός φωτοσύνθεσης (μmol/m <sup>2</sup> .sec)	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
UVB-0.2232 w/m <sup>2</sup>	4,5069	-30%
UVB-0.1365 w/m <sup>2</sup>	5,0489	-22%
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	6,4361	100%
UV-B	*	
Επίπεδο (1) – (2)	N.S.	
Επίπεδο (1) – (3)	*	
Επίπεδο (2) – (3)	N.S.	

### **5.2.21. Στοματική αγωγιμότητα (cm/sec).**

Από την στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι η UV-B ακτινοβολία δεν έχει σημαντική επίδραση στην στοματική αγωγιμότητα (cm/sec). ( $P>0,05$ ) (Πιν.21). Επίσης στα επίπεδά μας δεν είχαμε σημαντικές διαφορές ( $P>0,05$ ). Οι μέσοι όροι παρουσιάζουν μια μείωση κατά 8% στο επίπεδο (1) και κατά 29,5% στο επίπεδο (2) σε σχέση με το επίπεδο (3) (μάρτυρας) (Πιν.21).

**Πίνακας 21. Στοματική αγωγιμότητα (cm/sec).**

Επίπεδα UV-B	Καθαρός ρυθμός φωτοσύνθεσης ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{sec}$ )	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
UVB-0.2232 $\text{w}/\text{m}^2$	0.37511	-8 %
UVB-0.1365 $\text{w}/\text{m}^2$	0.28767	-29,5%
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	0,40806	100%
UV-B	N.S.	
Επίπεδο (1) – (2)	N.S.	
Επίπεδο (1) – (3)	N.S.	
Επίπεδο (2) – (3)	N.S.	

### **5.2.22. Μεσοκυτταρική συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> (ppm) (Ci).**

Από την στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι η UV-B ακτινοβολία δεν έχει σημαντική επίδραση στην μεσοκυτταρική συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> (ppm) (Ci). ( $P>0,05$ ) (Πιν.22). Οι μέσοι όροι παρουσιάζουν μια μείωση κατά 2% στο επίπεδο (1) και κατά 4,8% στο επίπεδο (2) σε σχέση με το επίπεδο (3) (μάρτυρας) (Πιν.22).

**Πίνακας 22. Μεσοκυτταρική συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> (Ci).**

Επίπεδα UV-B	Μεσοκυτταρική συγκέντρωση του CO <sub>2</sub> (Ci) (ppm)	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
UVB-0.2232 $\text{w}/\text{m}^2$	336,26	-2%
UVB-0.1365 $\text{w}/\text{m}^2$	326,58	-4,8%
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	343	100%
UV-B	N.S.	

### **5.2.23. Αντίσταση των στομάτων (s. cm<sup>-1</sup>)(Rs).**

Από την στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι η UV-B ακτινοβολία έχει σημαντική επίδραση στην μεσοκυτταρική συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> (ppm) (Ci). (P<0,001) (Πιν.23). Οι μέσοι όροι παρουσιάζουν μια μείωση κατά 51% στο επίπεδο (1) και μια αύξηση κατά 27% στο επίπεδο (2) σε σχέση με το επίπεδο (3) (μάρτυρας) (Πιν.23).

**Πίνακας 23. Αντίσταση των στομάτων (s. cm<sup>-1</sup>) (Rs).**

Επίπεδα UV-B	Αντίσταση των στομάτων (s. cm <sup>-1</sup> )(Rs)	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
UVB-0.2232 w/m <sup>2</sup>	0,64125	-51%
UVB-0.1365 w/m <sup>2</sup>	1,5771	27%
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	1,24137	100%
UV-B	***	

### **5.2.24. Στοματική αγωγιμότητα (cm<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>)(Cs).**

Από την στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι η UV-B ακτινοβολία έχει σημαντική επίδραση στην Στοματική αγωγιμότητα (cm<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>)(Cs). (P<0,001) (Πιν.24) . Σημαντική διαφορά παρουσιάστηκε μεταξύ του επιπέδου(1) και του επιπέδου (3) και (2) (3)(P<0,001). Μεταξύ του επιπέδου (1) και του επιπέδου (2) δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές(P>0,05). Οι μέσοι όροι παρουσιάζουν μια αύξηση κατά 68% στο επίπεδο (1) και μια μείωση κατά 31% στο επίπεδο (2) σε σχέση με το επίπεδο (3) (μάρτυρας) (Πιν.24).

**Πίνακας 24. Στοματική αγωγιμότητα (cm<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>)(Cs).**

Επίπεδα UV-B	Στοματική αγωγιμότητα (cm <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )(Cs).	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
UVB-0.2232 w/m <sup>2</sup>	1,79553	68%
UVB-0.1365 w/m <sup>2</sup>	0,73632	-31%
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	1,06462	100%
UV-B	***	
Επίπεδο (1) – (2)	N.S.	
Επίπεδο (1) – (3)	***	
Επίπεδο (2) – (3)	***	

### **5.2.25. Διαπνοή ( $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) (E).**

Από την στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι η UV-B ακτινοβολία έχει σημαντική επίδραση στην διαπνοή ( $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) (E).( $P<0,001$ ) (Πιν.25). Σημαντική διαφορά παρουσιάστηκε μεταξύ του επιπέδου(1) και του επιπέδου (3) και (2) (3)( $P<0,001$ ). Μεταξύ του επιπέδου (1) και του επιπέδου (2) δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές( $P>0,05$ ). Οι μέσοι όροι παρουσιάζουν μια αύξηση κατά 88% στο επίπεδο (1) και μια μείωση κατά 17% στο επίπεδο (2) σε σχέση με το επίπεδο (3) (μάρτυρας) (Πιν.25).

**Πίνακας 25. Διαπνοή ( $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) E**

Επίπεδα UV-B	Στοματική αγωγιμότητα ( $\text{cm}^3\cdot\text{s}^{-1}$ )(Cs).	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
UVB-0.2232 $\text{w}/\text{m}^2$	0.028411	88%
UVB-0.1365 $\text{w}/\text{m}^2$	0.01257	-17%
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	0.0151	100%
UV-B	***	
Επίπεδο (1) – (2)	N.S.	
Επίπεδο (1) – (3)	***	
Επίπεδο (2) – (3)	***	

### **5.3. Επίδραση όζοντος**

#### **5.3.1. Μη Αδενώδεις τρίχες ανά mm<sup>2</sup> της επιφάνειας των φύλλων.**

Από την στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι το όζον έχει σημαντική επίδραση στον αριθμό των μη αδενωδών τριχών.(P>0,001). Επίσης και μεταξύ της άνω και κάτω επιφάνειας ο αριθμός των αδένων είχε σημαντικές διαφορές. (P<0,001) (Πιν.26).

Οι μέσοι όροι των μετρήσεων του όζοντος παρουσίασαν μια μείωση του αριθμού των αδενωδών τριχών στην πάνω επιφάνεια της τάξης του 34,3% και μια μείωση στην κάτω επιφάνεια κατά 22,4% ανάμεσα στο μάρτυρα και στο όζον(Πιν.26).

**Πίνακας 26. Αδενώδεις τρίχες (mm<sup>2</sup>) στην πάνω και κάτω επιφάνεια του φύλλου.**

Επίπεδα Όζοντος	Επιφάνεια Φύλλων	Αδενώδεις τρίχες ανά mm <sup>2</sup> στην επιφάνεια των φύλλων	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
Μάρτυρας (CF <4ppb)	Άνω	34.4	100%
	Κάτω	50.7	100%
100 ppb	Άνω	22.6	-34.3%
	Κάτω	39.3	-22.4%
Όζον		*	
Επιφάνεια		***	
ΌζονxΕπιφάνεια		***	

#### **5.3.2. Αριθμός επιδερμικών κυττάρων ανά mm<sup>2</sup> της επιφάνειας των φύλλων.**

Από την στατιστική επεξεργασία των δεδομένων προκύπτει ότι το όζον δεν έχει σημαντική επίδραση στον αριθμό των επιδερμικών κυττάρων (P>0,05). Παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά ανάμεσα στην πάνω και στην κάτω επιφάνεια των φύλλων.(P<0,001). επίσης παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στην αλληλεπίδραση ΌζονxΕπιφάνεια(P<0,05) (Πιν.27).

Οι μέσοι όροι παρουσίασαν μια μείωση της τάξης του 14,3% για την κάτω επιφάνεια και μια αύξηση κατα 5.27% για την πάνω επιφάνεια .(Πιν.27).

**Πίνακας 27. Αριθμός επιδερμικών κυττάρων ανά mm<sup>2</sup> στην πάνω και κάτω επιφάνεια του φύλλου.**

Επίπεδα Όζοντος	Επιφάνεια φύλλων	Αριθμός επιδερμικών κυττάρων ανά mm <sup>2</sup> στην πάνω και κάτω επιφάνεια του φύλλου	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
Μάρτυρας (CF <4ppb)	Άνω	241.1	100%
	Κάτω	260	100%
100 ppb	Άνω	206.4	-14.3%
	Κάτω	273.7	+5.27%
Όζον		N.S.	
Επιφάνεια		***	
ΌζονxΕπιφάνεια		*	

### **5.3.3. Αριθμός στομάτων ανά mm<sup>2</sup> της επιφάνειας των φύλλων.**

Από την στατιστική επεξεργασία προέκυψε ότι το όζον είχε σημαντική επίδραση στον αριθμό των στομάτων (P<0,001). Δεν υπήρξε σημαντική διαφορά στην πάνω και κάτω επιφάνεια του φύλλου.(P>0,05). Η αλληλεπίδραση ανάμεσα στο ΌζονxΕπιφάνεια ήταν επίσης σημαντική (P<0,001) (Πιν.28).

Οι μέσοι παρουσίασαν μια αύξηση της τάξης του 62,6% στην πάνω επιφάνεια και στην κάτω μείωση 35% ανάμεσα στον μάρτυρα και στο όζον (Πιν.28).

**Πίνακας 28. Αριθμός στομάτων ανά mm<sup>2</sup> στην πάνω και κάτω επιφάνεια του φύλλου.**

Επίπεδα Όζοντος	Επιφάνεια φύλλων	Αριθμός στομάτων ανά mm <sup>2</sup> στην πάνω και κάτω επιφάνεια του φύλλου	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
Μάρτυρας (CF <4ppb)	Άνω	55.4	100%
	Κάτω	59.4	100%
100 ppb	Άνω	20.7	62.6%
	Κάτω	38.6	-35%
Όζον		***	
Επιφάνεια		N.S.	
ΌζονxΕπιφάνεια		***	

### **5.3.4. Μήκος στομάτων(μm).**

Από την στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι το όζον έχει σημαντική επίδραση στο μήκος των στομάτων (P>0,05). Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στην πάνω και κάτω επιφάνεια του φύλλου (P>0,05). Η αλληλεπίδραση ανάμεσα στο ΌζονxΕπιφάνεια είχε σημαντική διαφορά επίσης (P<0,001) (Πιν.29).



Οι μέσοι όροι του μήκους των στομάτων παρουσίασαν μια μείωση της τάξης του 14.2% σε σχέση με τον μάρτυρα για τη πάνω επιφάνεια και μια αύξηση της τάξης του 28.5% για την κάτω επιφάνεια (Πιν.29).

**Πίνακας 29. Μήκος στομάτων (μm) στην πάνω και κάτω επιφάνεια του φύλλου.**

Επίπεδα Όζοντος	Επιφάνεια Φύλλων	Μήκος στομάτων(μm)	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
Μάρτυρας (CF <4ppb)	Άνω	22.4	100%
	Κάτω	22.4	100%
100 ppb	Άνω	19.2	-14.2
	Κάτω	16	-28.5
Όζον		*	
Επιφάνεια		N.S	
ΌζονxΕπιφάνεια		***	

**5.3.5. Πλάτος στομάτων(μm).**

Από την στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι το όζον δεν έχει επίδραση στο πλάτος των στομάτων.(P>0,05). Παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά ανάμεσα στην πάνω και κάτω επιφάνεια του φύλλου.(P>0,05). Η αλληλεπίδραση μεταξύ όζονxΕπιφάνεια δεν είχε παρουσίαση σημαντική διαφορά.(P>0,05) (Πιν.30).

Οι μέσοι όροι παρουσίασαν μια αύξηση της τάξης του 9.1% στην πάνω επιφάνεια και μείωση της τάξης του 9.1% στην κάτω σε σχέση με τον μάρτυρα (Πιν.30).

**Πίνακας 30. Πλάτος στομάτων(μm) στην πάνω και κάτω επιφάνεια του φύλλου.**

Επίπεδα Όζοντος	Επιφάνεια Φύλλων	Πλάτος στομάτων(μm) στην πάνω και κάτω επιφάνεια του φύλλου	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
Μάρτυρας (CF <4ppb)	Άνω	17.6	100%
	Κάτω	17.6	100%
100 ppb	Άνω	19.2	+9.1%
	Κάτω	16	-9.1%
Όζον		N.S.	
Επιφάνεια		N.S.	
ΌζονxΕπιφάνεια		N.S.	

### **5.3.6. Βάρος(g) 1000 σπερμάτων.**

Από την στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι το όζον δεν έχει σημαντική επίδραση στο βάρος των σπόρων του φυτού ( $P>0,05$ ) (Πιν.31)

Οι μέσοι όροι παρουσιάζουν μια μείωση της τάξης του 14,76%(Πιν. 31).

**Πίνακας 31. Βάρος(g) 1000 σπερμάτων.**

Επίπεδα Όζοντος	Βάρος(g) 1000 σπερμάτων	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
Μάρτυρας (CF <4ppb)	4.024	100%
100 ppb	3.43	-14.76%
Όζον	N.S.	

### **5.3.7. Περιεχόμενο σε γλωροφύλλη (a+b, μονάδες SPAD) των φύλλων.**

Από την στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι το όζον έχει σημαντική επίδραση στο περιεχόμενο σε γλωροφύλλη των φύλλων ( $P<0,001$ ) (Πιν.32).

Οι μέσοι όροι παρουσιάζουν μια μείωση της τάξης του 55.2% (Πιν.32).

**Πίνακας 32. Περιεχόμενο σε γλωροφύλλη(a+b, μονάδες SPAD) των φύλλων.**

Επίπεδα Όζοντος	Περιεχομένου σε γλωροφύλλη(a+b, μονάδες SPAD) των φύλλων	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
Μάρτυρας (CF <4ppb)	33.49	100%
100 ppb	15.01	-55.2%
Όζον	***	

### **5.3.8. Βλαστικότητα Γυρεοκόκκων επί της (%).**

Από την στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι το όζον έχει σημαντική επίδραση στη βλάστηση των γυρεοκόκκων ( $P < 0,001$ ) (Πιν.33).

Οι μέσοι όροι παρουσίασαν μια μείωση της τάξης του 56% σε σχέση με τον μάρτυρα (Πιν.33).

**Πίνακας 33. Βλαστικότητα των Γυρεοκόκκων επί της %.**

Επίπεδα Όζοντος	βλαστικότητα γυρεοκόκκων επί της %	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
Μάρτυρας (CF <4ppb)	66,07	100%
100 ppb	35,708	-56%
Όζον	***	

### **5.3.9. Ύψος(cm) των φυτών.**

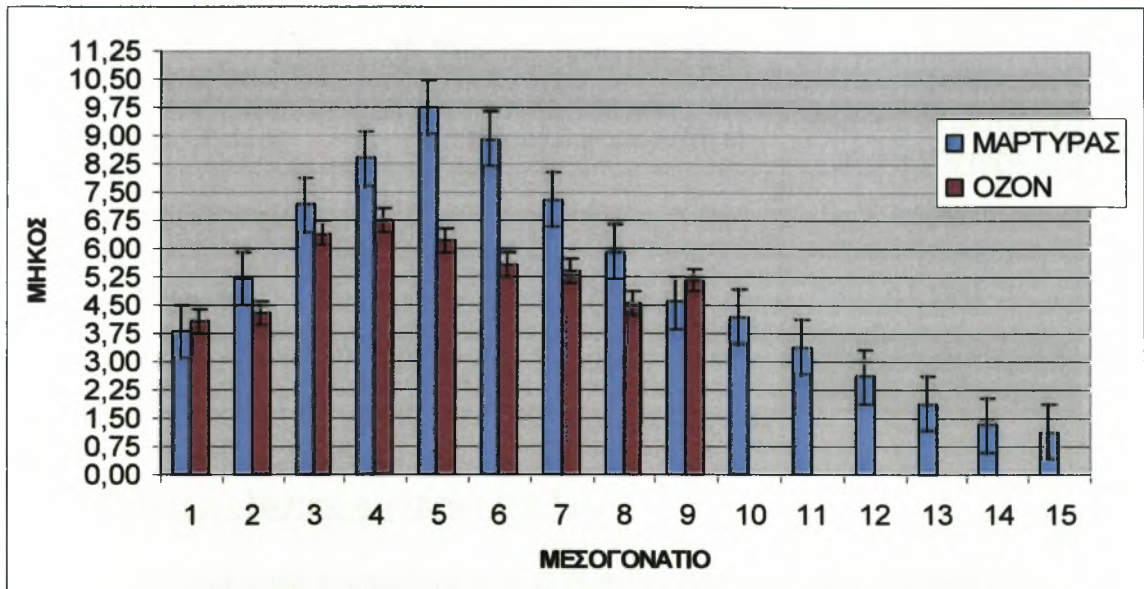
Από την στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι το όζον έχει σημαντική επίδραση στο ύψος του φυτού ( $P < 0,001$ ) (Πιν.34).

Οι μέσοι όροι παρουσίασαν μια μείωση της τάξης του 23 % (Πιν.34).

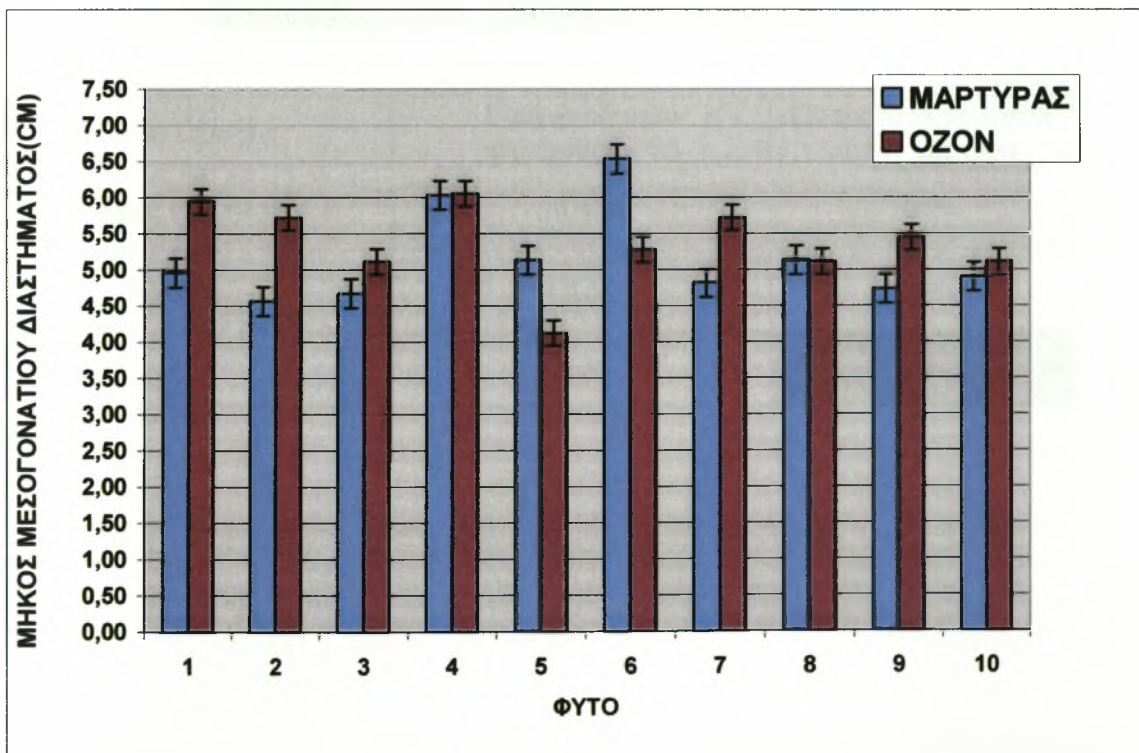
**Πίνακας 34. Ύψος(cm) των φυτών.**

Επίπεδα Όζοντος	Ύψος(cm) των φυτών	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
Μάρτυρας (CF <4ppb)	91.2	100%
100 ppb	70.3	-23%
Όζον	***	

**5.3.10. Επίδραση του όζοντος στα μεσογονάτια διαστήματα(cm) του κυρίως βλαστού**



Σχήμα 5. Επίδραση του όζοντος στα μεσογονάτια διαστήματα των φυτών



Σχήμα 6. Επίδραση όζοντος στα μεσογονάτια διαστήματα

### **5.3.11. Υδατικό δυναμικό(Mpa).**

Από την στατική ανάλυση προκύπτει ότι το όζον έχει σημαντική επίδραση στο υδατικό δυναμικό του φυτού ( $P < 0,001$ ) (Πιν.35).

Οι μέσοι όροι παρουσιάζουν μια μείωση της τάξης του 33,13% σε σχέση με τον μάρτυρα (Πιν.35).

**Πίνακας 35. Υδατικό δυναμικό(Mpa).**

Επίπεδα Όζοντος	Υδατικό δυναμικό(Mpa)	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
Μάρτυρας (CF <4ppb)	7.917	100%
100 ppb	5.294	-33.13%
Όζον	***	

### **5.3.12. Σχετικό υδατικό περιεχόμενο(%).**

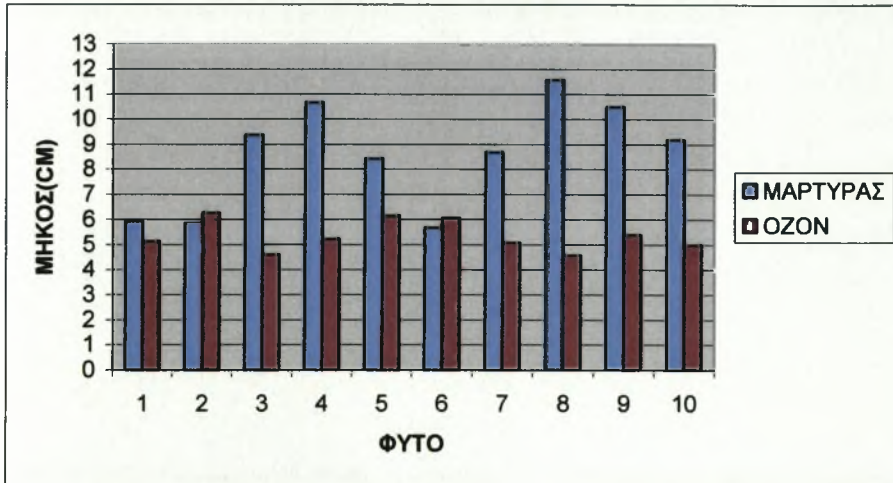
Από την στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι το όζον δεν έχει σημαντική επίδραση στο σχετικό υδατικό περιεχόμενο του φυτού ( $P > 0,05$ ) (Πιν.36).

Οι μέσοι παρουσίασαν μια μείωση της τάξης του 8,3% (Πιν.36).

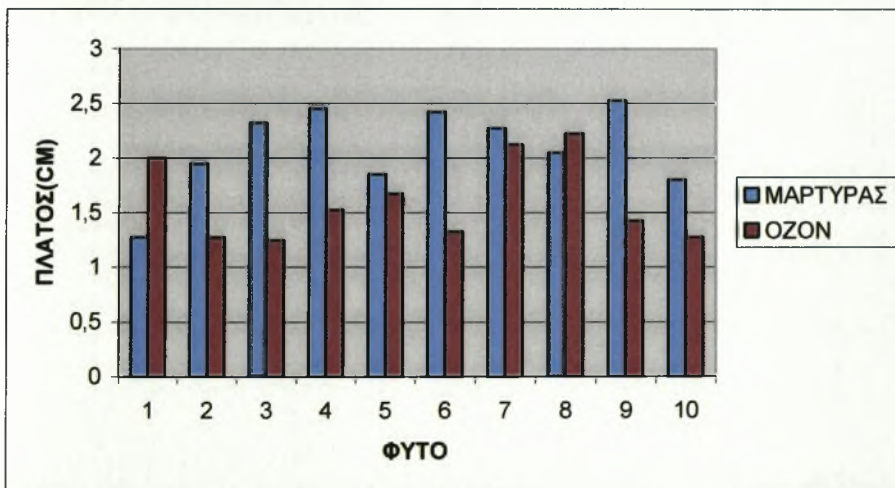
**Πίνακας 36. Σχετικό υδατικό περιεχόμενο(%).**

Επίπεδα Όζοντος	Σχετικό υδατικό περιεχόμενο(%)	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
Μάρτυρας (CF <4ppb)	74,838	100%
100 ppb	68,65	-8,3%
Όζον	N.S.	

**5.3.13. Επίδραση του όζοντος στο ρυθμό επιμήκυνσης του ελάσματος του φύλλου και του μέγιστου πλάτους.**



Σχήμα 7. Επίδραση του όζοντος στο ρυθμό αύξησης του φύλλου (μήκος)



Σχήμα 8. Επίδραση του όζοντος στο ρυθμό αύξησης του φύλλου (πλάτος)

### **5.3.14. Εμβαδόν(cm<sup>2</sup>) των φύλλων**

Από την στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι το όζον έχει σημαντική επίδραση στο εμβαδόν των φύλλων(P<0,001) (Πιν.37) σημαντικές διαφορές(P<0,001). Οι μέσοι όροι των εμβαδόν των φύλλων παρουσιάζουν μια μείωση κατά 62%,(Πιν.37).

**Πίνακας 37. Εμβαδόν(cm<sup>2</sup>) των φύλλων**

Επίπεδα Όζοντος	Εμβαδόν φύλλων	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
Μάρτυρας (CF <4ppb)	31,77	100%
100 ppb	12,09	-62%
Όζον	***	

### **5.3.15. Ξηρό βάρος(g) των φύλλων.**

Από την στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι το όζον έχει σημαντική επίδραση στο ξηρό βάρος των φύλλων(P<0,01) (Πιν.38). Οι μέσοι όροι παρουσιάζουν μια μείωση της τάξης του 62,5% σε σχέση με τον μάρτυρα (Πιν.38).

**Πίνακας 38. Ξηρό βάρος(g) των φύλλων.**

Επίπεδα Όζοντος	Ξηρό βάρος(g) των φύλλων	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
Μάρτυρας (CF <4ppb)	2,98	100%
100 ppb	1,12	-62.5%
Όζον	**	

### **5.3.16. Ξηρό βάρος(g) των βλαστών.**

Από την στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι το όζον έχει σημαντική επίδραση στο ξηρό βάρος των βλαστών( $P<0,01$ ) (Πιν.39)

Οι μέσοι όροι παρουσιάζουν μια μείωση της τάξης του 61% σε σχέση με τον μάρτυρα (Πιν.39).

**Πίνακας 39. Ξηρό βάρος(g) των βλαστών.**

Επίπεδα Όζοντος	Ξηρό βάρος(g) των βλαστών	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
Μάρτυρας (CF <4ppb)	8,73	100%
100 ppb	3,38	-61%
Όζον	**	

### **5.3.17. Καθαρός ρυθμός φωτοσύνθεσης ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{sec}$ ).**

Από την στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι το όζον δεν έχει σημαντική επίδραση στην φωτοσύνθεση ( $P>0,05$ ) (Πιν.40).

Οι μέσοι όροι παρουσιάζουν μια μείωση της τάξης του 13% σε σχέση με τον μάρτυρα (Πιν.40).

**Πίνακας 40. Καθαρός ρυθμός φωτοσύνθεσης ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{sec}$ ).**

Επίπεδα Όζοντος	Καθαρός ρυθμός φωτοσύνθεσης ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{sec}$ )	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
Μάρτυρας (CF <4ppb)	7,328	100%
100 ppb	6,3687	-13%
Όζον	N.S.	

### **5.3.18. Στοματική αγωγιμότητα (cm/sec).**

Από την στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι το όζον δεν έχει σημαντική επίδραση στην στοματική αγωγιμότητα ( $P>0,05$ ) (Πιν.41)

Οι μέσοι όροι παρουσιάζουν μια μείωση της τάξης του 21% σε σχέση με τον μάρτυρα (Πιν.41).



**Πίνακας 41. Στοματική αγωγιμότητα (cm/sec).**

Επίπεδα Όζοντος	Στοματική αγωγιμότητα (cm/sec)	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
Μάρτυρας (CF <4ppb)	0,5724	100%
100 ppb	0,4541	-21%
Όζον	N.S.	

**5.3.19. Μεσοκυτταρική συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> (ppm) (Ci).**

Από την στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι το όζον δεν έχει σημαντική επίδραση στην Ci (P>0,05) (Πιν.42).

Οι μέσοι όροι παρουσιάζουν μια μείωση της τάξης του 1,1% σε σχέση με τον μάρτυρα (Πιν.42).

**Πίνακας 42. Μεσοκυτταρική συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> (Ci).**

Επίπεδα Όζοντος	Μεσοκυτταρική συγκέντρωση του CO <sub>2</sub> (Ci) (ppm)	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
Μάρτυρας (CF <4ppb)	329,58	100%
100 ppb	326,2	-1,1%
Όζον	N.S.	

**5.3.20. Αντίσταση των στομάτων (s. cm<sup>-1</sup>)(Rs).**

Από την στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι το όζον δεν έχει σημαντική επίδραση στην Rs (P>0,05) (Πιν.43).

Οι μέσοι όροι παρουσιάζουν μια μείωση της τάξης του 31,5% σε σχέση με τον μάρτυρα (Πιν.43).

**Πίνακας 43. Αντίσταση των στομάτων (s. cm<sup>-1</sup>) (Rs).**

Επίπεδα Όζοντος	Αντίσταση των στομάτων (s. cm <sup>-1</sup> )(Rs)	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
Μάρτυρας (CF <4ppb)	2,2262	100%
100 ppb	1,5285	-31.5%
Όζον	N.S.	

### **5.3.21. Στοματική αγωγιμότητα ( $\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )(Cs).**

Από την στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι το όζον δεν έχει σημαντική επίδραση στην Cs ( $P > 0,05$ ) (Πιν.44),

Οι μέσοι όροι παρουσιάζουν μια αύξηση της τάξης του 15% σε σχέση με τον μάρτυρα (πιν.44).

**Πίνακας 44. Στοματική αγωγιμότητα ( $\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )(Cs).**

Επίπεδα Όζοντος	Στοματική αγωγιμότητα ( $\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )(Cs).	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
Μάρτυρας (CF <4ppb)	1,0780	100%
100 ppb	1,2485	+15%
Όζον	N.S.	

### **5.3.22. Διαπνοή ( $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) (E).**

Από την στατιστική ανάλυση προέκυψε ότι το όζον δεν έχει σημαντική επίδραση στην E ( $P > 0,05$ ) (Πιν.45) Οι μέσοι όροι παρουσιάζουν μια μείωση της τάξης του 14% σε σχέση με τον μάρτυρα (Πιν.45).

**Πίνακας 45. Διαπνοή ( $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) E**

Επίπεδα Όζοντος	Διαπνοή ( $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) (E)	Ποσοστό % σε σχέση με τον μάρτυρα
Μάρτυρας (CF <4ppb)	0,03071	100%
100 ppb	0,02637	-14%
Όζον	N.S.	

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### ΣΥΖΗΤΗΣΗ

#### 6.1 Επίδραση της UV-B ακτινοβολίας

Το ύψος των φυτών του σουσαμιού επηρεάστηκε σημαντικά από την UV-B ακτινοβολία ( $P < 0,001$ ). Το ύψος των φυτών του σουσαμιού μειώθηκε κατά 57% (UVB-0.2232  $\text{w/m}^2$ ) και κατά 32,1% (UVB-0.1365  $\text{w/m}^2$ ), σε σχέση με τον μάρτυρα (μηδέν UV-B).

Παρόμοια αποτελέσματα βρήκαν:

Φυτά ρυζιού των ποικιλιών Sasanishiki και Norin 1, εκτέθηκαν σε υπεριώδη ακτινοβολία (280-320 nm, UV-B). Η προσθήκη στην ορατή ακτινοβολία με UVB ακτινοβολία μείωσε το ύψος των φυτών (Hidema et al., 1996).

Η επίδραση της UV-B ακτινοβολίας 8,40  $\text{KJm}^{-2}$  και της συγκέντρωσης του  $\text{CO}_2$  700  $\mu\text{molmol}^{-1}$ , καθώς και ο συνδυασμός τους μελετήθηκε στην ανάπτυξη της τομάτας (*Lycopersicon esculentum*) και της ποιότητας των καρπών της. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι κάτω από τα αυξημένα επίπεδα της UV-B ακτινοβολίας, το ύψος των φυτών μειώθηκε (Li et al., 2006).

Η UV-B ακτινοβολία μείωσε το ύψος σε μεταφυτευμένα φυτά πεπονιού, αγγουριού και κολοκύθας τα οποία δέχθηκαν καθημερινά για 0,5-2 ώρες ακτινοβολία που κυμαινόταν 4,3-25,8  $\text{kJ m}^{-2}$  μέρα<sup>-1</sup> κατά την διάρκεια της νύχτας από λάμπες Philips TL12-40W που τοποθετήθηκαν σε ύψος 60 εκατοστά από τα σπορόφυτα (Bartolomeo et al., 2003).

Δύο πληθυσμοί *Dimorphotheca sinuata* DC., που παράχθηκαν από την ίδια παρτίδα σπόρου, καλλιεργήθηκαν ταυτόχρονα κάτω από την επίδραση της UV-B ακτινοβολίας του περιβάλλοντος (2.5-8.9  $\text{kJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ) και της αυξημένης UV-B ακτινοβολίας (4.7-11.4  $\text{kJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ) για δύο διαδοχικές γενεές. Οι δύο πληθυσμοί, ορίστηκαν σαν ποικιλίες σε χαμηλά επίπεδα UV-B ακτινοβολίας (2,5 και 4,7  $\text{kJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ) και σε υψηλά επίπεδα UV-B ακτινοβολίας (8,9 και 11,4  $\text{kJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ). Οι διαφορές στην απόδοση των φυτών ερευνήθηκαν μεταξύ των διαφόρων μεταχειρίσεων της UV-B ακτινοβολίας (άμεσα αποτελέσματα UV-B ακτινοβολίας), μεταξύ των ποικιλιών (συσσωρευμένα αποτελέσματα UV-B ακτινοβολίας), μεταξύ των σειρών και μεταξύ της αλληλεπίδρασης όλων αυτών. Τα συσσωρευμένα αποτελέσματα της UV-B ακτινοβολίας είχαν μια μεγαλύτερη επίδραση στην απόδοση των φυτών σε σχέση με τα άμεσα αποτελέσματα της UV-B ακτινοβολίας. Τα πρώτα (άμεσα αποτελέσματα) μείωσαν τον βλαστό (ύψος) (Musil, 1996).

Εξετάστηκε η επίδραση τριών επιπέδων UV-B ακτινοβολίας (καθόλου UV-B, 80% και 90% UV-B του περιβάλλοντος) στο *Bromus catharticus*. Τα φυτά εμφάνισαν μειωμένο ύψος (Deckmyn & Impens, 1998).

Πέντε βρύοφυτα (*Rhytidium rugosum*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Hylocomium splendens*, *Hylocomium pyrenaicum*, και *Polytrichum alpinum*) εκτέθηκαν σε 0,2  $\text{kJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$  UV-B περιβάλλοντος, CK), 3,0  $\text{kJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$  (μιμούμενη τη δόση της UV-B ακτινοβολίας στην τούνδρα στα βουνά της Changbai, Κίνα, μέση δόση της UV-B ακτινοβολίας, T1), και 6,0  $\text{kJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$  (υψηλή δόση της UV-B ακτινοβολίας, T2) για να ερευνηθούν τα αποτελέσματα της αυξημένης UV-B ακτινοβολίας στο ύψος των φυτών, στη βιομάζα, και στο περιεχόμενο των φύλλων σε χλωροφύλλη. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μέσες και υψηλές UV-B ακτινοβολίες μείωσαν το ύψος

των φυτών, τη βιομάζα, και το περιεχόμενο των φύλλων σε χλωροφύλλη του *Rhytidadelphus triquetrus* και του *Hylocomium splendens* κατά 32,3% και 21,4% αντίστοιχα (Wu et al., 2007).

Διαφορετικές ποικιλίες φασολιών (*Phaseolus vulgaris* L.) προερχόμενες από την κεντρική και νότια Ευρώπη αναπτύχθηκαν από τον μήνα Ιούλιο μέχρι και τον Αύγουστο/ Σεπτέμβριο του 1993 για 7 και 8 εβδομάδες, αντίστοιχα, σε δύο θερμοκήπια που καλύφθηκαν από διαφορετικά πλαστικά φύλλα που απορροφούν την UV-B ακτινοβολία(280-320nm). Τα επίπεδα της UV-B ακτινοβολίας ήταν: περιβαλλοντικά επίπεδα της UV-B ακτινοβολίας που επικρατούν στις νότιες περιοχές της Πορτογαλίας(38,7 βόρεια, 9,1δυτικά) στο ένα θερμοκήπιο και μειωμένα επίπεδα της UV-B ακτινοβολίας στο δεύτερο θερμοκήπιο, για σύγκριση με τα περιβαλλοντικά επίπεδα. Προσομοιώθηκε μια διαφορά στην UV-B ακτινοβολία περίπου 8-10%. Όλες οι ποικιλίες που εξετάστηκαν παρουσίασαν σημαντικές μειώσεις του ύψους μέχρι 31,8% στις περισσότερες φάσεις της ανάπτυξης τους κάτω από το περιβαλλοντικά επίπεδα της UV-B ακτινοβολίας(Saile-Mark & Tevini, 1997).

Η επίδραση της UV-B ακτινοβολίας  $8,40 \text{ KJm}^{-2}$  και της συγκέντρωσης του  $\text{CO}_2$   $700 \mu\text{molmol}^{-1}$ , καθώς και ο συνδυασμός τους μελετήθηκε στην ανάπτυξη της τομάτας (*Lycopersicon esculentum*) και της ποιότητας των καρπών της. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι κάτω από τα αυξημένα επίπεδα της UV-B ακτινοβολίας, το περιεχόμενο της συνολικής χλωροφύλλης, της χλωροφύλλης a, της χλωροφύλλης b, μειώθηκαν(Li et al., 2006).

Αντίθετα αποτελέσματα βρήκαν:

Η επίδραση της αυξημένης UV-B ακτινοβολίας (280-320nm) μελετήθηκε στα διαφορετικά φαινολογικά στάδια μιας ανθεκτικής στη ξηρασία ποικιλίας σίτου (*Triticum durum* ποικιλίας *Horani*) και μιας ευαίσθητης στην ξηρασία ποικιλίας κουκιών (*Vicia faba*) σε συνθήκες αγρού. Και τα δύο είδη εκτέθηκαν σε μια καθημερινή δόση UV-B ακτινοβολίας 20% επάνω από τα περιβαλλοντικά επίπεδα UV-B ακτινοβολίας που προσομοιώνει μια μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος κατά 10% από τη βλάστηση ως την συγκομιδή. Αυτή η δόση κυμάνθηκε από  $1,34 \text{ J/cm}^2$  στην αρχή του πειράματος και  $6,33 \text{ J/cm}^2$  στο τέλος του πειράματος. Το ύψος των φυτών και στα δύο είδη παρουσίασε **σημαντική θετική επίδραση** από την επίδραση της UV-B ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια των φυτικών σταδίων ανάπτυξης. (Oudat et al., 1998).

Η τρύπα του όζοντος στην Ανταρκτική και μια γενική μείωση του στρατοσφαιρικού στρώματος του όζοντος σε όλο τον πλανήτη αύξησαν τα επίπεδα της ηλιακής UV-B ακτινοβολίας πάνω από την Tierra del Fuego, το νοτιότερο άκρη της Νότιας Αμερικής. Για τρεις διαδοχικές εποχές ανάπτυξης (1997-2000), μελετήθηκαν οι βιολογικές επιδράσεις (στην μορφολογία, στην φυσιολογία, στην δημογραφία και την φαινολογία) της φυσικής UV-B ακτινοβολίας στο πολυετή πληθυσμό του *Salicornia ambigua* Michx. στον κόλπο του San Sebastian (53 νότια και 68 δυτικά), στην περιοχή Tierra del Fuego, στην Αργεντινή. Είναι ένα πείραμα για την επίδραση της UV-B ακτινοβολίας με χρήση πλαστικών φίλτρων σε μια υποανταρκτική αλλοφυτική κοινότητα. Το μήκος κύματος του φάσματος της UV-B ακτινοβολίας (280-320nm) αποκλείστηκε με την κάλυψη των πειραματικών τεμαχίων με φίλτρο που εμποδίζει την UV-B ακτινοβολία (Mylar)(χαμηλά επίπεδα UV-B ακτινοβολίας). Αυτά τα πειραματικά τεμάχια συγκρίθηκαν με τους μάρτυρες, που καλύφθηκαν από διαφανές (Aclar) πλαστικό φίλτρο(UV-B πολύ κοντά στην UV-B του περιβάλλοντος) και με πειραματικά τεμάχια που δεν είχαν κανένα φίλτρο(UV-B περιβάλλοντος). Το μήκος του κύριου βλαστού του *Salicornia ambigua* δεν επηρεάστηκε από την UV-B ακτινοβολία(Bianciotto et al., 2003).

Μελέτες πραγματοποιήθηκαν για να αξιολογήσουν την απόδοση των χαμηλής ποιότητας επικαλυπτικών στρωμάτων σε φυσικά αεριζόμενο θερμοκήπιο σε σύγκριση με τις συνθήκες στον ανοιχτό αγρό στην περιοχή Tamil Nadu, της Ινδίας και την επίδρασή τους στην απόδοση και την ποιότητα των καρπών δύο ποικιλιών τομάτας των Vaishali και PKM1 σε δύο καλλιεργητικές εποχές (Kharif και Rabi) κατά τη διάρκεια του 1999-2000. Οι συνθήκες στον ανοιχτό αγρό χρησιμοποιήθηκαν ως μάρτυρες (T5) για τα τέσσερα χαμηλού κόστους και φυσικά αεριζόμενα θερμοκήπια. Οι τέσσερις τύποι ήταν: T1 πλήρης κάλυψη με φίλτρο UV (και οι δύο πλευρές της πόρτας κρατήθηκαν ανοικτές για αερισμό κατά τη διάρκεια της ημέρας), T2 ολόκληρη η οροφή καλύφθηκε με φίλτρο UV και οι τέσσερις πλευρές με δίχτυ που παρέχει σκίαση κατά 25%, T3 οι τέσσερις πλευρές και η τριγωνική στέγη και στις δύο πλευρές καλύφθηκαν με δίχτυ που παρείχε σκίαση κατά 25% και τα παραλληλόγραμμα της στέγης καλύφθηκαν με το φίλτρο UV και T4 ολόκληρη στέγη και το μισό των τεσσάρων πλευρών καλύφθηκαν με φίλτρο UV από την κορυφή και το υπόλοιπο μισό καλύφθηκε με τη δίχτυ που παρείχε σκιά κατά 25% καθαρή. Η απόδοση και η ποιότητα των καρπών μετρήθηκαν με ποσοτικές αναλύσεις και συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων έδειξαν ότι η μεταχείριση T2 είχε σημαντική επίδραση στην τομάτα (ποικιλία Vaishlai), ενώ η μεταχείριση T3 ήταν περισσότερο αποτελεσματική για την ποικιλία PKM1. Η περιεκτικότητα των φύλλων σε χλωροφύλλη δεν επηρεάστηκε από τις μεταχειρίσεις σε καμία από τις δύο ποικιλίες (Ganesan, 2002).

**Το μήκος της στεφάνης στα άνθη του σουσαμιού επηρεάστηκε σημαντικά από την UV-B ακτινοβολία ( $P < 0,001$ ).** Το μήκος της στεφάνης του σουσαμιού μειώθηκε κατά 31% ( $0,2232 \text{ w/m}^2$ ) και κατά 18% ( $\text{UV-B B0.1365 w/m}^2$ ), σε σχέση με τον μάρτυρα (μηδέν UV-B).

**Το μήκος των στημόνων στα άνθη του σουσαμιού επηρεάστηκε σημαντικά από την UV-B ακτινοβολία ( $P < 0,001$ ).** Το μήκος των στημόνων του σουσαμιού μειώθηκε κατά 22,8% ( $\text{UV-B } 0,2232 \text{ w/m}^2$ ) και κατά 17,1% ( $\text{UV-B } 0,1365 \text{ w/m}^2$ ), σε σχέση με τον μάρτυρα (μηδέν UV-B).

**Το μήκος του στύλου στα άνθη του σουσαμιού επηρεάστηκε σημαντικά από την UV-B ακτινοβολία ( $P < 0,001$ ).** Το μήκος των στημόνων του σουσαμιού παρουσίασε μείωση 20% ( $\text{UV-B } 0,2232 \text{ w/m}^2$ ) και αύξηση κατά 23% ( $\text{UV-B } 0,1365 \text{ w/m}^2$ ), σε σχέση με τον μάρτυρα (μηδέν UV-B).

Παρόμοια αποτελέσματα βρήκαν:

Φυτά σόγιας αναπτύχθηκαν κάτω από τέσσερα επίπεδα βιολογικά ενεργής UV-B ακτινοβολίας 0 (μάρτυρας), 5, 10 και  $15 \text{ kJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  σε ελεγχόμενους περιβαλλοντικούς θαλάμους υπό το φως του ήλιου. Μειώσεις στο μήκος των λουλουδιών, των πετάλων και του μήκους του στήμονα παρατηρήθηκαν σε όλα τα φυτά που αναπτύχθηκαν κάτω από τα αυξημένα επίπεδα UV-B ακτινοβολίας (Koti et al., 2004).

Αντίθετα αποτελέσματα βρήκαν:

Ο στόχος αυτής της εργασίας ήταν να εξεταστούν οι λόγοι για τα υψηλά ποσοστά γονιμοποίησης στο φυτό *Cistus creticus* κάτω από τα αυξημένα επίπεδα της UV-B ακτινοβολίας (Plant Ecology (1998) 134: 91-96). Για αυτό το λόγο, μια σειρά από χαρακτηριστικά γνωρίσματα των ανθέων μελετήθηκαν σε πείραμα που έγινε στον αγρό στο Πανεπιστήμιο της Πάτρας τον Νοέμβριο του 1994. Τα φυτά εκτέθηκαν σε περιβαλλοντικά επίπεδα UV-B ακτινοβολίας και σε περιβαλλοντικά συν επιπρόσθετη UV-B ακτινοβολία, που προσομοιώνει μια μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος κατά 15% πάνω από την Πάτρα (38,3 μοίρες βόρεια, 29,1 μοίρες ανατολικά). Η UV-B ακτινοβολία δεν είχε καμία επίδραση στην συνολική μορφολογία των ανθέων

(εμβαδόν της επιφάνειας των πετάλων, στον αριθμό των γυρεοκόκκων, των στημόνων και του στύλου (Stephanou et al., 2000).

**Το ξηρό βάρος των φύλλων του σουσαμιού επηρεάστηκε σημαντικά** από την UV-B ακτινοβολία ( $P < 0,01$ ). Το ξηρό βάρος των φύλλων μειώθηκε κατά 66% (UV-B  $0,2232 \text{ w/m}^2$ ) και κατά 62% (UV-B  $0,1365 \text{ w/m}^2$ ), σε σχέση με τον μάρτυρα (μηδέν UV-B).

**Το ξηρό βάρος των βλαστών του σουσαμιού επηρεάστηκε σημαντικά** από την UV-B ακτινοβολία ( $P < 0,001$ ). Το ξηρό βάρος των βλαστών μειώθηκε κατά 81% (UV-B  $0,2232 \text{ w/m}^2$ ) και κατά 64% (UV-B  $0,1365 \text{ w/m}^2$ ), σε σχέση με τον μάρτυρα (μηδέν UV-B).

Παρόμοια αποτελέσματα βρήκαν:

Φυτά ρυζιού των ποικιλιών Sasanishiki και Norin 1, εκτέθηκαν σε υπεριώδη ακτινοβολία (280-320 nm, UV-B). Η προσθήκη στην ορατή ακτινοβολία με UVB ακτινοβολία μείωσε το ξηρό βάρος του βλαστού (DW) (Hidema et al., 1996).

Διαφορετικές ποικιλίες φασολιών (*Phaseolus vulgaris* L.) προερχόμενες από την κεντρική και νότια Ευρώπη αναπτύχθηκαν από τον μήνα Ιούλιο μέχρι και τον Αύγουστο/τον Σεπτέμβριο του 1993 για 7 και 8 εβδομάδες, αντίστοιχα, σε δύο θερμοκήπια που καλύφθηκαν από διαφορετικά πλαστικά φύλλα που απορροφούν την UV-B ακτινοβολία (280-320nm). Τα επίπεδα της UV-B ακτινοβολίας ήταν: περιβαλλοντικά επίπεδα της UV-B ακτινοβολίας που επικρατούν στις νότιες περιοχές της Πορτογαλίας (38,7 βόρεια, 9,1 δυτικά) στο ένα θερμοκήπιο και μειωμένα επίπεδα της UV-B ακτινοβολίας στο δεύτερο θερμοκήπιο, για σύγκριση με τα περιβαλλοντικά επίπεδα. Προσομοιώθηκε μια διαφορά στην UV-B ακτινοβολία περίπου 8-10%. Το ξηρό βάρος των φύλλων μειώθηκε κάτω από τα περιβαλλοντικά επίπεδα της UV-B ακτινοβολίας στις ποικιλίες Purple Teepee, Cropper Teepee και Goldstrahl, και στα αρχικά στάδια ανάπτυξης στην ποικιλία Coco bianco, αλλά στις επόμενες φάσεις ανάπτυξης αυτή η ποικιλία κάλυψε το χαμένο έδαφος (Saile-Mark & Tevini, 1997).

Πέντε βρύοφυτα (*Rhytidium rugosum*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Hylocomium splendens*, *Hylocomium pyrenaicum*, και *Polytrichum alpinum*) εκτέθηκαν σε  $0,2 \text{ kJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  UV-B περιβάλλοντος, CK),  $3,0 \text{ kJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  (μιμούμενη τη δόση της UV-B ακτινοβολίας στην τούνδρα στα βουνά της Changbai, Κίνα, μέση δόση της UV-B ακτινοβολίας, T1), και  $6,0 \text{ kJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  (υψηλή δόση της UV-B ακτινοβολίας, T2) για να ερευνηθούν τα αποτελέσματα της αυξημένης UV-B ακτινοβολίας, στη βιομάζα των φυτών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μέσες και υψηλές UV-B ακτινοβολίες μείωσαν τη βιομάζα, του *Rhytidiadelphus triquetrus* και του *Hylocomium splendens* κατά 62,4% και 59,4% αντίστοιχα. Το *Rhytidium rugosum* εμφάνισε την υψηλότερη ανοχή ενάντια στην UV-B ακτινοβολία, ενώ το *Rhytidiadelphus triquetrus* και το *Hylocomium splendens* ήταν τα πιο ευαίσθητα στην UV-B ακτινοβολία (Wu et al., 2007).

Μελετήθηκε η επίδραση των περιβαλλοντικών επιπέδων της UV-B ακτινοβολίας επάνω στη μορφολογία των φύλλων του *Arabidopsis thaliana* κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες ανάπτυξης. Σπόροι του *Arabidopsis thaliana* αναπτύχθηκαν σε έναν θάλαμο ανάπτυξης κάτω από  $300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  βιολογικά ενεργή φωτοσυνθετική ακτινοβολία με και χωρίς την επίδραση βιολογικά ενεργής UV-B ακτινοβολίας  $6 \text{ KJ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Μετά από 21 ημέρες, δέκα φύλλα από κάθε μεταχείριση (με και χωρίς UV-B ακτινοβολία) συλλέχθηκαν για να μετρηθεί η ξηρά μάζα των φύλλων. Τα φύλλα που δέχθηκαν την επίδραση της UV-B ακτινοβολίας είχαν μικρότερο ξηρό βάρος φύλλων (Boeger & Poulson, 2006).

Δύο πληθυσμοί *Dimorphotheca sinuata* DC., που παράχθηκαν από την ίδια παρτίδα σπόρου, καλλιεργήθηκαν ταυτόχρονα κάτω από την επίδραση της UV-B

ακτινοβολίας του περιβάλλοντος ( $2.5-8.9 \text{ kJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ) και της αυξημένης UV-B ακτινοβολία ( $4.7-11.4 \text{ kJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ) για δύο διαδοχικές γενεές. Οι δύο πληθυσμοί ορίστηκαν σαν ποικιλίες σε χαμηλά επίπεδα UV-B ακτινοβολίας ( $2,5$  και  $4,7 \text{ kJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ) και σε υψηλά επίπεδα UV-B ακτινοβολίας ( $8,9$  και  $11,4 \text{ kJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ). Οι διαφορές στην απόδοση των φυτών ερευνήθηκαν μεταξύ των διαφόρων μεταχειρίσεων της UV-B ακτινοβολίας (άμεσα αποτελέσματα UV-B ακτινοβολίας), μεταξύ των ποικιλιών (συσσωρευμένα αποτελέσματα UV-B ακτινοβολίας), μεταξύ των σειρών και μεταξύ της αλληλεπίδρασης όλων αυτών. Τα συσσωρευμένα αποτελέσματα της επίδρασης της UV-B ακτινοβολίας είχαν μια μεγαλύτερη επίδραση στην απόδοση των φυτών σε σχέση με τα άμεσα αποτελέσματα της UV-B ακτινοβολίας. Τα πρώτα (άμεσα αποτελέσματα) έδειξαν προκάλεσαν σημαντικές (μέχρι 35%) μειώσεις της ξηράς μάζας (μίσχοι, φύλλα και αναπαραγωγικά όργανα) (Musil, 1996).

Αντίθετα αποτελέσματα βρήκαν:

Διαφορετικές ποικιλίες φασιολιών (*Phaseolus vulgaris* L.) προερχόμενες από την κεντρική και νότια Ευρώπη αναπτύχθηκαν από τον μήνα Ιούλιο μέχρι και τον Αύγουστο/τον Σεπτέμβριο του 1993 για 7 και 8 εβδομάδες, αντίστοιχα, σε δύο θερμοκήπια που καλύφθηκαν από διαφορετικά πλαστικά φύλλα που απορροφούν την UV-B ακτινοβολία (280-320nm). Τα επίπεδα της UV-B ακτινοβολίας ήταν: περιβαλλοντικά επίπεδα της UV-B ακτινοβολίας που επικρατούν στις νότιες περιοχές της Πορτογαλίας (38,7 βόρεια, 9,1 δυτικά) στο ένα θερμοκήπιο και μειωμένα επίπεδα της UV-B ακτινοβολίας στο δεύτερο θερμοκήπιο, για σύγκριση με τα περιβαλλοντικά επίπεδα. Προσομοιώθηκε μια διαφορά στην UV-B ακτινοβολία περίπου 8-10%. Οι ποικιλίες Hilds Maja, Primel, Manata και Cannellino δεν παρουσίασαν καμιά επίδραση από την UV-B ακτινοβολία στο ξηρό βάρος των φύλλων (Saile-Mark & Tevini, 1997).

Η επίδραση της αυξημένης UV-B ακτινοβολίας (280-320nm) μελετήθηκε στα διαφορετικά φαιολογικά στάδια μιας ανθεκτικής στη ξηρασία ποικιλίας σίτου (*Triticum durum* ποικιλίας *Horani*) και μιας ευαίσθητης στην ξηρασία ποικιλίας κουκιών (*Vicia faba*) σε συνθήκες αγρού. Και τα δύο είδη εκτέθηκαν σε μια καθημερινή δόση UV-B ακτινοβολίας 20% επάνω από τα περιβαλλοντικά επίπεδα UV-B ακτινοβολίας που προσομοιώνει μια μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος κατά 10% από τη βλάστηση ως την συγκομιδή. Αυτή η δόση κυμάνθηκε από  $1,34 \text{ J/cm}^2$  στην αρχή του πειράματος και  $6,33 \text{ J/cm}^2$  στο τέλος του πειράματος. Η ξηρά μάζα των φύλλων και στα δύο είδη παρουσίασε σημαντική θετική επίδραση από την επίδραση της UV-B ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια των φυτικών σταδίων ανάπτυξης. (Oudat et al., 1998).

Κατά τη διάρκεια του 1997 στο Βέλγιο πραγματοποιήθηκε πείραμα σε 6 θερμοκήπια τα οποία ήταν καλυμμένα με πλαστικό πολυαιθυλένιο. Το πλαστικό πολυαιθυλένιο επέτρεπε να περάσει 0%, 80% και το 90% της UV-B ακτινοβολίας. Φράουλες της ποικιλίας *Elsanta* αναπτύχθηκαν σε φυτοδοχεία και παρατηρήσεις που σχετίζονταν με την βιομάζα συλλέχθηκαν μετά από 22, 47 και 90 ημέρες. Καμία διαφορά στη βιομάζα, στις ημέρες που είχαμε άνθιση και καρπόδεση δεν βρέθηκε μεταξύ των μεταχειρίσεων. (Deckmyn et al., 1999).

Εξετάστηκε η επίδραση τριών επιπέδων UV-B ακτινοβολίας (καθόλου UV-B, 80% και 90% UV-B του περιβάλλοντος) στο *Bromus catharticus*. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η UV-B ακτινοβολία είχε μικρή θετική επίδραση στην παραγωγή βιομάζας του *Bromus* (Deckmyn & Impens, 1998).

Η UV-B ακτινοβολία επέδρασε σημαντικά στον αριθμό των επιδερμικών κυττάρων ( $P < 0,001$ ). Είχαμε μια μείωση του αριθμού των επιδερμικών κυττάρων στην άνω επιφάνεια των φύλλων κατά 36,14% (UV-B  $0,2232 \text{ w/m}^2$ ) και μια μείωση

κατά 9,05%(UV-B 0,1365 w/m<sup>2</sup>) σε σχέση με τον μάρτυρα(μηδέν UV-B). Στην κάτω επιφάνεια είχαμε μια μείωση κατά 37% (UV-B0,2232 w/m<sup>2</sup>) και κατά 11,6%( UV-B0,1365 w/m<sup>2</sup>) σε σχέση με τον μάρτυρα (μηδέν UV-B). Σημαντικές διαφορές παρουσιάστηκαν μεταξύ της άνω και κάτω επιφάνειας των φύλλων (P<0,001)

Παρόμοια αποτελέσματα βρήκαν:

Σπορόφυτα *Vicia faba* της ποικιλίας Minica σε πείραμα που έγινε σε θερμοκήπιο αναπτύχθηκαν σε 380 ή 750 μmol mol<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub> και τέσσερα επίπεδα UV-B ακτινοβολίας. Τα επίπεδα της UV-B ακτινοβολίας ήταν 0(μάρτυρας), 4,6, 7,6 και 10,6 kJ m<sup>-2</sup> μέρα<sup>-1</sup>. Μετά από 20 και 40 μέρες τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η UV-B ακτινοβολία **μείωσε την πυκνότητα των επιδερμικών κυττάρων** στην κάτω επιφάνεια των φύλλων (Visser et al., 1997).

Αντίθετα αποτελέσματα βρήκαν:

**Δεν υπήρξε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά** στην πυκνότητα των επιδερμικών κυττάρων στην πάνω και κάτω επιφάνεια των φύλλων σε φυτά βαμβακιού τα οποία εκτέθηκαν σε τρία διαφορετικά επίπεδα UV-B ακτινοβολίας (0, 8 και 16 kJ m<sup>-2</sup> μέρα<sup>-1</sup>)(Kakani et al., 2003).

Η UV-B ακτινοβολία **επέδρασε σημαντικά στον αριθμό των στομάτων ανά mm<sup>2</sup> στην πάνω και κάτω επιφάνεια του φύλλου** (P<0,001). Είχαμε μείωση του αριθμού των στομάτων του σουσαμιού ανά mm<sup>2</sup> στην άνω επιφάνεια των φύλλων κατά 53,5% (UV-B 0,2232 w/m<sup>2</sup>) και κατά 22,8% (UV-B0,1365 w/m<sup>2</sup>) σε σχέση με τον μάρτυρα(μηδέν UV-B). Στην κάτω επιφάνεια είχαμε μια μείωση κατά 56,6% (UV-B 0,2232 w/m<sup>2</sup>) και κατά 29,5% ( UV-B0,1365 w/m<sup>2</sup>) σε σχέση με τον μάρτυρα (μηδέν UV-B). Σημαντικές διαφορές παρουσιάστηκαν μεταξύ της άνω και κάτω επιφάνειας των φύλλων (P<0,001).

Η UV-B ακτινοβολία **επέδρασε σημαντικά στον μήκος των στομάτων** του σουσαμιού(P<0,05). Είχαμε αύξηση του μήκος των στομάτων στην άνω επιφάνεια των φύλλων κατά 60% (UV-B 0,2232 w/m<sup>2</sup>) και καμιά μεταβολή (UV-B 0,1365 w/m<sup>2</sup>) σε σχέση με τον μάρτυρα(μηδέν UV-B). Στην κάτω επιφάνεια δεν παρουσιάστηκε καμία μεταβολή (UV-B 0,2232 w/m<sup>2</sup>) και είχαμε μια μείωση κατά 14,2% ( UV-B 0.1365 w/m<sup>2</sup>) σε σχέση με τον μάρτυρα (μηδέν UV-B). Σημαντικές διαφορές παρουσιάστηκαν μεταξύ της άνω και κάτω επιφάνειας των φύλλων (P<0,05).

Η UV-B ακτινοβολία **δεν επέδρασε σημαντικά στον πλάτος των στομάτων** του σουσαμιού (P>0,05). Είχαμε αύξηση του πλάτους των στομάτων στην άνω επιφάνεια των φύλλων κατά 10% UV-B 0,2232 w/m<sup>2</sup> και κατά 60% (UV-B 0,1365 w/m<sup>2</sup>) σε σχέση με τον μάρτυρα(μηδέν UV-B). Στην κάτω επιφάνεια είχαμε μια αύξηση κατά 45,5% (UV-B 0,2232 w/m<sup>2</sup>), ενώ μείωση κατα 9,1% ( UV-B 0,1365 w/m<sup>2</sup>) σε σχέση με τον μάρτυρα (μηδέν UV-B). Δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ της άνω και κάτω επιφάνειας των φύλλων (P>0,05).

Παρόμοια αποτελέσματα βρήκαν:

**Μείωση της πυκνότητας των στομάτων** στην κάτω επιφάνεια των φύλλων εξαιτίας της επίδρασης της UV-B ακτινοβολίας αναφέρεται σε πείραμα που έγινε σε θερμοκήπιο με σπορόφυτα της *Vicia faba* της ποικιλίας Minica σε 380 ή 750 μmol mol<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub> και τέσσερα επίπεδα UV-B ακτινοβολίας. Τα επίπεδα της UV-B ακτινοβολίας ήταν 0(μάρτυρας), 4,6, 7,6 και 10,6 kJ m<sup>-2</sup> μέρα<sup>-1</sup>(Visser et al., 1997).

Τέσσερις γραμμές σόγιας (*Glycine max*) με τις ποικιλίες Essex, Williams, OX921, and OX922 καλλιεργήθηκαν για 28 ημέρες σε θερμοκήπιο με ή χωρίς επιπλέον UV-B ακτινοβολία, μεγέθους 13 kJ m<sup>-2</sup> ημέρα<sup>-1</sup> βιολογικά ενεργής ακτινοβολίας. Στην άνω



επιφάνεια των φύλλων **μειώθηκε η πυκνότητα των στομάτων** στις ποικιλίες Essex, OX921 και OX922, ενώ στην κάτω επιφάνεια μείωση της πυκνότητας των στομάτων παρουσιάστηκε μόνο στην ποικιλία OX922 (Gitz et al., 2005).

Επίσης σε πείραμα με 5 φυλλοβόλα δέντρα (*Fraxinus excelsior*, *Betula pendula*, *Tilia cordata*, *Quercus robur* and *Acer pseudoplatanus*) τα οποία εκτέθηκαν για 5 χρόνια (το πείραμα άρχισε το 1993) στον αγρό, στην Βρετανία, σε ακτινοβολία που προσομοιώνει μια μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος κατά 18% αναφέρεται **μείωση της πυκνότητας των στομάτων** (Keiller & Holmes, 2001).

**Σημαντική μείωση της πυκνότητας των στομάτων** αναφέρεται σε πείραμα με ρύζι (*Oryza sativa* L.). Σπορόφυτα ηλικίας 10 ημερών, των ποικιλιών IR45 και IR74 (ευαίσθητες στην UVB ακτινοβολία) και IR64 και IR30 (λιγότερο ευαίσθητες στην UV-B), εκτέθηκαν σε UV-B ακτινοβολία (280-320nm) στο θερμοκήπιο για 6 ώρες την μέρα για 4 βδομάδες. Η ακτινοβολία ήταν κατά μέσο όρο στον μάρτυρα  $0,15 \text{ W/m}^2$  και στην μεταχείριση  $1,94 \text{ W/m}^2$ . Οι μετρήσεις στα στόματα γινόντουσαν κάθε βδομάδα. Σε όλες τις ποικιλίες παρατηρήθηκαν **μειώσεις στην πυκνότητα των στομάτων** εκτός από την IR64. Μεγαλύτερες μειώσεις στην πυκνότητα των στομάτων παρατηρήθηκαν στην άνω επιφάνεια παρά στην κάτω μετά την 3 και 4 εβδομάδα του πειράματος κάτι που υποδεικνύει μια άμεση επίδραση της UV-B ακτινοβολίας στην πυκνότητα των στομάτων (Dai et al., 1995).

Αντίθετα αποτελέσματα βρήκαν:

Τριών ετών σπορόφυτα σημύδας (*Betula pendula* Roth.) εκτέθηκαν, στον αγρό, σε αυξημένα επίπεδα UV-B ακτινοβολίας. Τα σπορόφυτα του μάρτυρα εκτέθηκαν σε επίπεδα UV-B ακτινοβολίας του περιβάλλοντος, με την χρήση σειρών από μη ενεργοποιούμενους λαμπτήρες. Ένας μάρτυρας για την UV-A ακτινοβολία συμπεριλήφθηκε επίσης στο πείραμα. Η UV-A ακτινοβολία αύξησε το μήκος και το πλάτος των στομάτων, ενώ η UV-B ακτινοβολία είχε μόνο μια οριακή επίδραση στο μέγεθος των στομάτων (Kostina et al., 2001).

**Αύξηση στην πυκνότητα των στομάτων** αναφέρεται σε πείραμα με 26 πληθυσμούς τριφυλλίου (*Trifolium repens* L.). Τα φυτά εκτέθηκαν για 18 ημέρες σε δυο επίπεδα UV-B ακτινοβολίας, UV-B περιβάλλοντος και UV-B περιβάλλοντος +  $13,3 \text{ kJ m}^{-2} \text{ μέρα}^{-1}$  σε ελεγχόμενο περιβάλλον (Hofmann et al., 2001).

Η πυκνότητα των στομάτων και στις δύο επιφάνειες των φύλλων του βαμβακιού (*Gossypium hirsutum* L.) διέφερε σημαντικά σε πείραμα με τρία επίπεδα της UV-B ακτινοβολίας. Τα επίπεδα της UV-B ακτινοβολίας ήταν  $0 \text{ kJ m}^{-2} \text{ μέρα}^{-1}$  (μάρτυρας),  $8 \text{ kJ m}^{-2} \text{ μέρα}^{-1}$  UV-B περιβάλλοντος και  $16 \text{ kJ m}^{-2} \text{ μέρα}^{-1}$  αυξημένη UV-B ακτινοβολία του περιβάλλοντος. Η έκθεση στην UV-B του περιβάλλοντος και στην αυξημένη UV-B ακτινοβολία του περιβάλλοντος **αύξησε τον αριθμό των στομάτων** στην άνω επιφάνεια των φύλλων κατά 36% και 65 % αντίστοιχα, σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα. Οι αντίστοιχες αυξήσεις στη κάτω επιφάνεια των φύλλων ήταν 22% και 10 % (UV-B περιβάλλοντος και αυξημένη UV-B ακτινοβολία) (Kakani et al., 2003).

Η UV-B ακτινοβολία **επέδρασε σημαντικά στο αριθμό των μη αδενωδών τριχών** του σουσαμιού ( $P < 0,001$ ). Είχαμε μια μείωση του αριθμού των μη αδενωδών τριχών στην άνω επιφάνεια των φύλλων κατά 63,9% (UV-B  $0,2232 \text{ w/m}^2$ ) και κατά 44 % (UV-B  $0,1365 \text{ w/m}^2$ ) σε σχέση με τον μάρτυρα (μηδέν UV-B). Στην κάτω επιφάνεια είχαμε μια μείωση κατά 48,5% (UV-B  $0,2232 \text{ w/m}^2$ ) και κατά 24,5% (UV-B  $0,1365 \text{ w/m}^2$ ) σε σχέση με τον μάρτυρα (μηδέν UV-B). Σημαντικές διαφορές παρουσιάστηκαν μεταξύ της άνω και κάτω επιφάνειας των φύλλων. ( $P < 0,05$ ).

Παρόμοια αποτελέσματα βρήκαν:

Μελετήθηκε η επίδραση των περιβαλλοντικών επιπέδων της UV-B ακτινοβολίας επάνω στη μορφολογία των φύλλων του *Arabidopsis thaliana* κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες ανάπτυξης. Σπόροι του *Arabidopsis thaliana* αναπτύχθηκαν σε έναν θάλαμο ανάπτυξης κάτω από  $300 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  βιολογικά ενεργή φωτοσυνθετική ακτινοβολία με και χωρίς την επίδραση βιολογικά ενεργής UV-B ακτινοβολίας  $6 \text{ KJ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Μετά από 21 ημέρες, δέκα φύλλα από κάθε μεταχείριση (με και χωρίς UV-B ακτινοβολία) συλλέχθηκαν για να μετρηθεί **η πυκνότητα των τριχών και στις δυο επιφάνειες των φύλλων**. Τα φύλλα που δέχθηκαν την επίδραση της UV-B ακτινοβολίας είχαν μικρότερη πυκνότητα τριχών (Boeger & Poulson, 2006).

Μονοετή δέντρα ελιάς (ποικιλίας Koroneiki) αναπτύχθηκαν σε πλαστικά εμπορευματοκιβώτια  $50.000 \text{ cm}^3$  κάτω από το πλήρες φως της ημέρας και κάτω από 30%, 60% και 90% σκίαση για δύο χρόνια. Όσο πιο υψηλό το επίπεδο της σκίασης (λιγότερη UV-B ακτινοβολία), τόσο μικρότερη η πυκνότητα των τριχών (Gregoriou et al., 2007).

**Μείωση της πυκνότητας των τριχών** κάτω από την επίδραση της UV-B ακτινοβολίας στην άνω επιφάνεια των φύλλων του καπνού (*Nicotiana tabacum* L.) της ποικιλίας Samsun και στο μεταλλαγμένο φυτό καπνού GR32-3, σε αντίθεση με αύξηση στην κάτω επιφάνεια. Τα δυο φυτά αναπτύχθηκαν κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες ανάπτυξης σε τρία διαφορετικά επίπεδα βιολογικά ενεργής ακτινοβολίας (UV-BBE; 280-320 nm)  $4.54$  και  $5.66 \text{ kJ m}^{-2} \text{ μέρα}^{-1}$  και ο μάρτυρας σε μηδέν UV-B (Barnes et al., 1996).

Φύλλα από τέσσερα κυρίαρχα είδη νάνων θάμνων, τα φυλλοβόλα *Vaccinium myrtillus* L. και *V. uliginosum* L. και τα αειθαλή *Vitis-idaea* L. και *Empetrum hermaphroditum* Hagerup της υπο-αρκτικής περιοχής Abisko ( $68^{\circ} 35' \text{N}$ ,  $18^{\circ} 82' \text{E}$ ) στη βόρεια Σουηδία, εξετάστηκαν μετά από 7 χρόνια επίδρασης δυο επιπέδων UV-B ακτινοβολίας. Τα φυτά είχαν εκτέθηκαν σε  $4,6 \text{ kJ m}^{-2} \text{ μέρα}^{-1}$  (μάρτυρας) και  $5,8 \text{ kJ m}^{-2} \text{ μέρα}^{-1}$ , το οποίο προσομειώνει μια μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος κατά 15%. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα αυξημένα επίπεδα UV-B ακτινοβολίας **μείωσαν σημαντικά την πυκνότητα των τριχών** στην πάνω επιφάνεια των φύλλων κατά περίπου 25% σε ένα μόνο ένα είδος, το *V. uliginosum*. (Semerdjieva et al., 2003).

**Καμιά επίδραση στην πυκνότητα των τριχών** κάτω από την επίδραση δυο επιπέδων UV-B ακτινοβολίας δεν αναφέρεται σε πείραμα με το χειμερινό ετήσιο φυτό *Malcolmia maritima* (L.) R. Br. (Brassicaceae). Τα φυτά αναπτύχθηκαν στον αγρό κάτω από την επίδραση της UV-B του περιβάλλοντος και της UV-B του περιβάλλοντος ενισχυμένη με επιπλέον UV-B ακτινοβολία η οποία προέβλεπε μια μείωση κατά 15% του όζοντος πάνω από την Πάτρα (Ελλάδα) (Yiannopoulos et al., 2001).

Αντίθετα αποτελέσματα βρήκαν:

**Αύξηση της πυκνότητας των τριχών, η οποία ήταν μη σημαντική**, κάτω από την επίδραση τριών επιπέδων UV-B φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας ( $2000$ ,  $400$  και  $100 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) σε φύλλα ελιάς (*Olea europaea*), όπως μετρήθηκε στις 29/9/1994. Τα φύλλα συλλέχθηκαν από τρία διαφορετικά προσανατολιζόμενα μέρη του δέντρου (φύλλα προσανατολιζόμενα προς το βορρά  $2000 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , φύλλα προσανατολιζόμενα προς το νότο  $400 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  και φύλλα από το εσωτερικό του δέντρου  $100 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) από πειραματική καλλιέργεια στο γεωπονικό πανεπιστήμιο της Αθήνας. (Liakoura V., et al., 1997).

Τριών ετών σπορόφυτα σημύδας (*Betula pendula* Roth.) εκτέθηκαν, στον αγρό, σε αυξημένα επίπεδα UV-B ακτινοβολίας. Τα σπορόφυτα του μάρτυρα εκτέθηκαν σε επίπεδα UV-B ακτινοβολίας του περιβάλλοντος, με την χρήση σειρών από μη ενεργοποιούμενους λαμπτήρες. Ένας μάρτυρας για την UV-A ακτινοβολία

περιλήφθηκε επίσης στο πείραμα. Τα φύλλα είχαν αυξημένη πυκνότητα των αδενωδών τριχών από τα αυξημένα επίπεδα της UV-B ακτινοβολίας (Kostina et al., 2001).

Μελετήθηκαν οι διαφορές στις διαφορετικές φυσιολογικές παραμέτρους που συνδέονται με την αντιμετώπιση των αρνητικών επιδράσεων της UV-B ακτινοβολίας: Απορροφητικότητα της UV-B ακτινοβολίας, την UV-ορατή φασματική ανάκλαση, την συγκέντρωση των καρωτινοειδών, το πάχος των φύλλων, το SLW (ειδικό βάρος φυλλώματος) και την πυκνότητα των τριχών του *Quercus ilex* που αναπτύσσεται σε 200 και 1200 μέτρα υψόμετρο και του *Rhododendron ferrugineum* που αναπτύσσεται σε 2200 μ. Εξετάστηκε ο ρόλος αυτών των παραμέτρων ως μηχανισμών προστασίας με βάση την υψομετρική κλίση αύξησης της UV ακτινοβολίας στη βόρεια Καταλωνία και σε φύλλα που δέχονται ήλιο και σκιαζόμενα. Η πυκνότητα των τριχών στην πάνω επιφάνεια των φύλλων στα φύλλα που έβλεπαν ήλιο (υψηλότερη UV-B ακτινοβολία) ήταν σημαντικά υψηλότερη από ότι στη χαμηλότερη θέση (μικρότερη UV-B ακτινοβολία) (Filella & Penmfuelas, 1999).

Το περιεχόμενο των φύλλων του σουσαμιού σε χλωροφύλλη επηρεάστηκε σημαντικά από την UV-B ακτινοβολία ( $P < 0,001$ ). Το περιεχόμενο των φύλλων σε χλωροφύλλη μειώθηκε κατά 36,2% (UV-B  $0,2232 \text{ w/m}^2$ ) και κατά 19,55% (UV-B  $0,1635 \text{ w/m}^2$ ), σε σχέση με τον μάρτυρα (μηδέν UV-B).

Παρόμοια αποτελέσματα βρήκαν:

Πέντε βρυόφυτα (*Rhytidium rugosum*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Hylocomium splendens*, *Hylocomium pyrenaicum*, και *Polytrichum alpinum*) εκτέθηκαν σε  $0,2 \text{ kJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  UV-B περιβάλλοντος, CK),  $3,0 \text{ kJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  (μιμούμενη τη δόση της UV-B ακτινοβολίας στην τούνδρα στα βουνά της Changbai, Κίνα, μέση δόση της UV-B ακτινοβολίας, T1), και  $6,0 \text{ kJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  (υψηλή δόση της UV-B ακτινοβολίας, T2) για να ερευνηθούν τα αποτελέσματα της αυξημένης UV-B ακτινοβολίας στο περιεχόμενο των φύλλων σε χλωροφύλλη. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μέσες και υψηλές UV-B ακτινοβολίες μείωσαν το περιεχόμενο των φύλλων σε χλωροφύλλη του *Rhytidiadelphus triquetrus* και του *Hylocomium splendens* κατά 81,3%, και κατά 62,8%, αντίστοιχα (Wu et al., 2007).

Η συνδυασμένη επίδραση των αυξημένων επιπέδων της UV-B ακτινοβολίας και της ξηρασίας ερευνήθηκαν στην φαινολογική ανάπτυξη, τις φωτοσυνθετικές χρωστικές ουσίες, τις ενώσεις που απορροφούν την υπεριώδη ακτινοβολία (π.χ. τα φλαβονοειδή), τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά, την βιομάζα και την απόδοση του ανοιξιάτικου σιταριού (*Triticum aestivum* L.) κάτω από ξηρές και ημιξηρικές συνθήκες αγρό. Η αυξημένη βιολογικά ενεργή UV-B ακτινοβολία ήταν  $4,25 \text{ KJm}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , που προσομοιώνει μια μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος κατά 20% κατά το θερινό ηλιοστάσιο στην περιοχή Lanzhou, 1550 μέτρα υψόμετρο επάνω από τη στάθμη θάλασσας, στην Κίνα. Η εδαφική υγρασία διατηρήθηκε σε επίπεδα 20% (μάρτυρας) και 15% (ομάδα κάτω από στρες υγρασίας) από την περιοδική άρδευση με νερό. Στα φυτά που δέχθηκαν την επίδραση της UV-B ακτινοβολίας ή της ξηρασίας, το περιεχόμενο των χρωστικών ουσιών (χλωροφύλλη a και b), μειώθηκε. Το περιεχόμενο των χρωστικών ουσιών (χλωροφύλλη a και b), μειώθηκε από το συνδυασμό των δύο μεταχειρίσεων σε σύγκριση με τις μεμονωμένες επιδράσεις. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι η συνδυασμένη δράση της ενισχυμένης UV-B ακτινοβολίας και της ξηρασίας λειτούργησε συνεργιστικά και ο ένας από τους δυο θα μπορούσε να ανακουφίσει την ανασταλτική επίδραση του άλλου κάτω από ξηρές και ημιξηρικές συνθήκες σε αμμώδη εδάφη. Επιπλέον, οι πρώιμες ποικιλίες ήταν καλύτερες από τις μέσες ή τις όψιμες ποικιλίες στην αντιμετώπιση των συνθηκών του στρες (Feng et al., 2007).

Τα αποτελέσματα της επίδρασης των διαφορετικών ζωνών της υπεριώδους (UV) ακτινοβολίας και οι μεταχειρίσεις με επιβρασσινοστεροειδή (epibrassinosteroid) μελετήθηκαν στην ποσότητα της χλωροφύλλης a και b, στην συνολική χλωροφύλλη, στην ανθοκυανίνη, στα καροτινοειδή, στα φλαβονοειδή και στις ενώσεις που απορροφούν την UV ακτινοβολία στα φύλλα του Glyzine max ποικιλίας Williams. Τα φυτά ψεκάστηκαν με επιβρασσινοστεροειδή (epibrassinosteroid) και δέχθηκαν την επίδραση ακτινοβολίας UV-A ( $2,73 \text{ Wm}^{-2}$ ), UV-B ( $1,15 \text{ Wm}^{-2}$ ) και UV-C ( $2,66 \text{ Wm}^{-2}$ ). Οι μελετημένες χρωστικές ουσίες ήταν στα φυτά που δέχθηκαν την επίδραση της UV-A ακτινοβολίας μη σημαντικά σε σχέση με τον μάρτυρα. Τα φυτά που δέχθηκαν την επίδραση της UV-B και της UV-C ακτινοβολίας μείωσαν σημαντικά τα επίπεδα της χλωροφύλλης a και b, της συνολικής χλωροφύλλης και το περιεχόμενο σε καροτινοειδή. Η μεταχείριση με επιβρασσινοστεροειδή στα φυτά μετρίασε την μείωση στα επίπεδα χλωροφύλλης και καροτινοειδών που δέχθηκαν την επίδραση της UV-B και της UV-C ακτινοβολίας. Η μείωση στην περιεκτικότητα σε καροτινοειδή ήταν λιγότερο σημαντική σε σύγκριση με την μείωση της περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη. Η ποσότητα των ανθοκυανών, των φλαβονοειδών και των συστατικών που απορροφούν την UV ακτινοβολία στα φυτά που δέχθηκαν την επίδραση της UV-B και της UV-C ακτινοβολίας και των επιβρασσινοστεροειδών (epibrassinosteroids) αυξήθηκε σημαντικά. Αυτές οι χρωστικές ουσίες έχουν υψηλή απορρόφηση στο UV φάσμα του φωτός και επομένως θα μπορούσε να χρησιμοποιηθούν σαν UV απορροφητικές ενώσεις από τα φυτά για να αποτρέψουν τη διείδυση της UV ακτινοβολίας ε πιο ευαίσθητους ιστούς (Enteshari et al., 2006). Πραγματοποιήθηκαν μελέτες στον αγρό για να καθοριστεί η πιθανότητα για αλλαγές στη φυσιολογία και την ενδογενή παραλλακτικότητα της φυσιολογικής ευαισθησίας σε 20 ποικιλίες σόγιας από την επίδραση της αυξημένης UV-B ακτινοβολίας (280-315nm). Η επιπλέον UV-B ακτινοβολία ήταν  $5 \text{ kJ m}^{-2}$ , η οποία προσομοιώνει μια μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος κατά 20%. Από τις 20 ποικιλίες σόγιας (προερχόμενες από τη νότια Κίνα και τη βόρεια Κίνα), οι δώδεκα παρουσίασαν σημαντικές μειώσεις στο συνολικό περιεχόμενο των φύλλων σε χλωροφύλλη. Στις περισσότερες από αυτές τις ευαίσθητες ποικιλίες, το περιεχόμενο σε χλωροφύλλη a μειώθηκε δραστικά. Το ίδιο μειώθηκε και η περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη β αλλά σε μικρότερο βαθμό από την χλωροφύλλη a, κάτι που οδήγησε σε μείωση της αναλογίας χλωροφύλλης a/b. Εντούτοις, η ποικιλία Heidadou παρουσίασε αύξηση της αναλογίας χλωροφύλλης a/b κάτω από την επίδραση της αυξημένης UV-B ακτινοβολίας (Yanqun et al., 2003). Δέντρα ερυθρελάτη της Νορβηγίας (*Picea abies*) από την υποαλπική περιοχή εκτέθηκαν όχι μόνο στην υψηλή UV-B ακτινοβολία αλλά και σε ένα σύμπλοκο από περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως η υψηλή φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία, ακραίες τιμές θερμοκρασίας, συνθήκες έλλειψης νερού και ανόργανων υλικών και ερευνήθηκαν οι αντιδράσεις τους στο στρες. Μελετήθηκαν δέντρα από την Λουμπλιάνα (320 μέτρα υψόμετρο), την Kamniska Bistrica (600 μέτρα υψόμετρο) και την Kamniska Grintovec (2100 μέτρα υψόμετρο) της Σλοβενίας. Οι βελόνες του τρέχοντος έτους από την υποαλπική περιοχή παρουσίασαν χαμηλότερη φωτοχημική αποδοτικότητα και συνολική περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη έναντι των δειγμάτων από τα χαμηλότερα ύψη (Sedej, 2005). Πραγματοποιήθηκαν μελέτες στον αγρό για να καθοριστεί η πιθανότητα για αλλαγές στη φυσιολογία και την ενδογενή παραλλακτικότητα της φυσιολογικής ευαισθησίας σε 20 ποικιλίες σίτου (*Triticum aestivum*) από την επίδραση της αυξημένης UV-B ακτινοβολίας (280-315nm).

Η επιπλέον UV-B ακτινοβολία ήταν  $5 \text{ kJ m}^{-2}$ , η οποία προσομοιώνει μια μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος κατά 20%. Από τις 20 ποικιλίες σίτου (προερχόμενες από τη νότια Κίνα και τη βόρεια Κίνα), οι δεκατρείς παρουσίασαν σημαντικές μειώσεις στο συνολικό περιεχόμενο των φύλλων σε συνολική χλωροφύλλη. Στα περισσότερα από αυτά τα ευαίσθητα είδη, το περιεχόμενο σε χλωροφύλλη a μειώθηκε δραστικά. Το ίδιο μειώθηκε και το περιεχόμενο σε χλωροφύλλη b αλλά σε μικρότερο βαθμό, κάτι που οδήγησε σε μια μείωση της αναλογίας της χλωροφύλλη a/b. Παρόλα αυτά, μερικά είδη παρουσίασαν μια αυξημένη αναλογία της χλωροφύλλη a/b κάτω από την επίδραση της αυξημένης UV-B ακτινοβολίας (Yuan et al., 2000).

Φυτά μπιζελιού (*Pisum sativum* L., ποικιλίας Greenfeast) εκτέθηκαν σε αυξημένα επίπεδα UV-B ακτινοβολίας, για 8 ημέρες, 17 ημέρες μετά την βλάστηση των φυταρίων. Τα αποτελέσματα αυτής της έκθεσης έδειξαν μια μείωση κατά 40% στο συνολικό περιεχόμενο των φύλλων σε χλωροφύλλη σε σχέση με τον μάρτυρα στην 8η ημέρα της έκθεσης στην UV-B ακτινοβολία. Τα επίπεδα της χλωροφύλλης a μειώθηκαν σε μεγαλύτερο βαθμό από το περιεχόμενο των φύλλων σε χλωροφύλλη b (Strid et al., 1990).

Η αντίδραση δύο πληθυσμών *Picea asperata* Mast. στα αυξημένα επίπεδα της UV-B ακτινοβολίας ερευνήθηκε σε επαρκώς ποτισμένα και σε συνθήκες ξηρασίας φυτά για να διευκρινιστεί η επίδραση της ακτινοβολίας UV-B στην αντοχή σε συνθήκες ξηρασίας. Οι δύο πληθυσμοί του *Picea asperata* που προέρχονται από υγρές και ξηρές κλιματικές περιοχές της Κίνας. Η αυξημένη UV-B ακτινοβολία προκάλεσε σημαντική μείωση στο περιεχόμενο των φύλλων σε χλωροφύλλη και στους δύο πληθυσμούς κάτω από τα επαρκώς ποτισμένα επίπεδα (Lu et al., 2007).

Φυτά πιπεριάς (*Capsicum annuum* L.) αναπτύχθηκαν για 5 εβδομάδες σε θαλάμους κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες περιβάλλοντος. Τα φυτά αναπτύχθηκαν σε φυτοδοχεία σε υπόστρωμα από βερμικουλίτη. Πριν από την επίδραση της UV ακτινοβολίας, τα φυτά δέχθηκαν θρεπτικό διάλυμα (διάλυμα Hoagland) για 5 εβδομάδες. Κατόπιν τα φυτά εκτέθηκαν σε UV-A ακτινοβολία (320-390nm), σε UV-B ακτινοβολία (312 nm) και UV-C ακτινοβολία (254nm) με πυκνότητες  $6,1 \text{ (Wm}^{-2}\text{)}$ ,  $5,8 \text{ (Wm}^{-2}\text{)}$  και  $5,7 \text{ (Wm}^{-2}\text{)}$  για 2 εβδομάδες. Τα φυτά δέχθηκαν την επίδραση της UV ακτινοβολίας για 27 λεπτά ανά ημέρα για 14 ημέρες. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το περιεχόμενο της χλωροφύλλης a, b των φύλλων της πιπεριάς μειώθηκε σημαντικά σε εκείνα τα φυτά που εκτέθηκαν στην UV-B ακτινοβολία σε σύγκριση με τον μάρτυρα. (Mahdavian et al., 2008).

Στα νοτιοανατολικά της περιοχής Qinghai, στο οροπέδιο του Θιβέτ, στην Κίνα, το έλατο (*Picea asperata*) (dragon spruce) αποτελεί ένα βασικό είδος και χρησιμοποιείται ευρέως στις διαδικασίες αναδάσωσης στην περιοχή. Μελετήθηκαν τα αποτελέσματα της UV-B ακτινοβολίας στην ανάπτυξη και στα φυσιολογικά στάδια σε 3 και 6 ετών σπορόφυτα ελάτου. Το πειραματικό σχέδιο περιλάμβανε περιβαλλοντικά επίπεδα UV-B ακτινοβολίας (μάρτυρας) και αυξημένα επίπεδα UV-B ακτινοβολίας (+UV-B, μια αύξηση 30%). Η περιεκτικότητα των φύλλων σε χλωροφύλλη, στα 3-ετών σπορόφυτα μειώθηκε σημαντικά από τα αυξημένα επίπεδα της UV-B ακτινοβολίας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα 3-ετών σπορόφυτα ήταν περισσότερο ευαίσθητα στα αυξημένα επίπεδα της UV-B ακτινοβολίας από τα 6-ετών σπορόφυτα (Yao & Liu, 2007).

Ανεπτυγμένα στο εργαστήριο φυτά (*Spirodela polyrhiza*) εκτέθηκαν σε  $0,72$  και  $1,44 \text{ J UV-B ακτινοβολίας έντασης } 0,4 \text{ mW/cm}^2$  σε καθημερινή βάση για 7 ημέρες. Η χλώρωση και η νέκρωση παρατηρήθηκαν μαζί με τη μείωση των πρωτεϊνών, των χρωστικών ουσιών (χλωροφύλλη, φαιοφυτίνη, καροτινοειδή, φυκοερυθρίνη, φυκοκυανίνη, και φλαβοξανθίνη), της βιομάζας, του μήκους της ρίζας, και του

μέγεθος των φύλλων στα φυτά που εκτέθηκαν στην επίδραση της UV-B ακτινοβολίας (Farooq et al., 2005).

Αντίθετα αποτελέσματα βρήκαν:

Στα νοτιοανατολικά της περιοχής Qinghai, στο οροπέδιο του Θιβέτ, στην Κίνα, το έλατο (*Picea asperata*) (dragon spruce) αποτελεί ένα βασικό είδος και χρησιμοποιείται ευρέως στις διαδικασίες αναδάσωσης στην περιοχή. Μελετήθηκαν τα αποτελέσματα της UV-B ακτινοβολίας στην ανάπτυξη και στα φυσιολογικά στάδια σε 3 και 6 ετών σπορόφυτα ελάτου. Το πειραματικό σχέδιο περιλάμβανε περιβαλλοντικά επίπεδα UV-B ακτινοβολίας (μάρτυρας) και αυξημένα επίπεδα UV-B ακτινοβολίας (+UV-B, μια αύξηση 30%). Η περιεκτικότητα των φύλλων σε χλωροφύλλη, στα στα 6-ετών σπορόφυτα δεν επηρεάστηκε από τα αυξημένα επίπεδα της UV-B ακτινοβολίας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα 3-ετών σπορόφυτα ήταν περισσότερο ευαίσθητα στα αυξημένα επίπεδα της UV-B ακτινοβολίας από τα 6-ετών σπορόφυτα (Yao & Liu, 2007).

Τα διάφορα περιβαλλοντικά μοντέλα που κάνουν μια πρόβλεψη για την μελλοντική κατάσταση στον πλανήτη όσον αφορά τις κλιματολογικές αλλαγές στη βιόσφαιρα περιλαμβάνουν ταυτόχρονους και διαδοχικούς συνδυασμούς της αυξανόμενης υπερϊόδους ακτινοβολίας (UV-B) του όζοντος ( $O_3$ ) και αυξημένων επιπέδων διοξειδίου του άνθρακα ( $CO_2$ ). Οι μακροπρόθεσμες αλλαγές προκύπτουν κυρίως από την μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος, την φωτοχημική σύνθεση του υψηλότερου τροποσφαιρικού όζοντος ( $O_3$ ), και των αυξανόμενων εκπομπών του  $CO_2$ . Οι επιδράσεις επιλεγμένων συνδυασμών αυτών αξιολογήθηκαν σε σπορόφυτα τομάτας (*Lycopersicon esculentum* ποικιλίας New Yorker) χρησιμοποιώντας διαδοχικές εκθέσεις σε αυξημένη UV-B ακτινοβολία, σε όζον ( $O_3$ ) και σε συγκεντρώσεις  $CO_2$ . Τα επίπεδα της έκθεσης ήταν: UV-B του περιβάλλοντος ( $7,2 \text{ kJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ) ή αυξημένη UV-B ακτινοβολία ( $13,1 \text{ kJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ) και περιβαλλοντικό  $CO_2$  ( $380 \mu\text{l l}^{-1}$ ) ή αυξημένο  $CO_2$  ( $600 \mu\text{l l}^{-1}$ ).  $CO_2$  εφαρμόστηκε για 19 ημέρες πριν από την έκθεση για τρεις ημέρες σε επίδραση ποσότητας όζοντος ( $O_3$ ) με μέγιστες συγκεντρώσεις 0,00, 0,08, 0,16 ή 0,24  $\mu\text{l l}^{-1}$  όζοντος ( $O_3$ ) σε περιβαλλοντικό ή αυξημένο  $CO_2$ . Ο εμπλουτισμός με  $CO_2$  αύξησε το περιεχόμενο των φύλλων σε χλωροφύλλη ανά μονάδα εμβαδού των φύλλων. Η έκθεση σε αυξημένη UV-B ακτινοβολία αύξησε τη χλωροφύλλη των φύλλων (Haoa et al., 2000).

Εξετάστηκε η επίδραση της αυξημένης UV-B ακτινοβολίας (280-320nm) στο ετήσιο φυτό *Brassica rapa* [*Brassica campestris*]. Τα φυτά αναπτύχθηκαν για 38 μέρες σε ένα θερμοκήπιο κάτω από λάμπες που παρείχαν καθημερινά βιολογικά ενεργή UV-B ακτινοβολία ισοδύναμη με: περιβαλλοντικά επίπεδα της UV-B ακτινοβολίας στα μέσα Μαρτίου, με μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος κατά 16% (χαμηλά επίπεδα αυξημένης UV-B ακτινοβολίας) και με 32% μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος (υψηλά επίπεδα αυξημένης UV-B ακτινοβολίας) για την περιοχή Morgantown, της δυτικής Βιρτζίνια, στις ΗΠΑ. Το περιεχόμενο της συνολικής χλωροφύλλης των φύλλων δεν επηρεάστηκε από την επίδραση της UV-B ακτινοβολίας (Demchik & Day, 1996).

Μελετήθηκε η επίδραση των περιβαλλοντικών επιπέδων της UV-B ακτινοβολίας επάνω στη μορφολογία των φύλλων του *Arabidopsis thaliana* κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες ανάπτυξης. Σπόροι του *Arabidopsis thaliana* αναπτύχθηκαν σε έναν θάλαμο ανάπτυξης κάτω από  $300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  βιολογικά ενεργή φωτοσυνθετική ακτινοβολία με και χωρίς την επίδραση βιολογικά ενεργής UV-B ακτινοβολίας  $6 \text{ KJ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Μετά από 21 ημέρες, δέκα φύλλα από κάθε μεταχείριση (με και χωρίς UV-B ακτινοβολία) συλλέχθηκαν για να μετρηθεί η συνολική χλωροφύλλη και η χλωροφύλλη a και b. Τα φύλλα που δέχθηκαν την επίδραση της UV-B ακτινοβολίας παρουσίασαν

**υψηλότερες μέσες τιμές**, για την συγκέντρωση της συνολικής χλωροφύλλης, για τη χλωροφύλλη a και b (Boeger & Poulson, 2006).

Μονοετή δέντρα ελιάς (ποικιλίας Koroneiki) αναπτύχθηκαν σε πλαστικά εμπορευματοκιβώτια 50.000 cm<sup>3</sup> κάτω από το πλήρες φως της ημέρας και κάτω από 30%, 60% και 90% σκίαση για δύο χρόνια. Η χλωροφύλλη a+b ανά νωπή μάζα, αυξήθηκε κάτω από τα τρία επίπεδα σκίασης (κατά 16%)(Gregoriou et al., 2007).

**Το υδατικό δυναμικό των φύλλων του σουσαμιού επηρεάστηκε σημαντικά** από την UV-B ακτινοβολία (P<0,001). Το υδατικό δυναμικό των φύλλων μειώθηκε κατά 45% (UV-B 0,2232 w/m<sup>2</sup>) και κατά 25,3% (UV-B 0,1365 w/m<sup>2</sup>), σε σχέση με τον μάρτυρα (μηδέν UV-B).

Παρόμοια αποτελέσματα βρήκαν:

Η συνδυασμένη επίδραση των αυξημένων επιπέδων της UV-B ακτινοβολίας και της ξηρασίας ερευνήθηκαν στην φαινολογική ανάπτυξη, τις φωτοσυνθετικές χρωστικές ουσίες, τις ενώσεις που απορροφούν την υπεριώδη ακτινοβολία (π.χ. τα φλαβονοειδή), τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά, την βιομάζα και την απόδοση του ανοιξιάτικου σιταριού (*Triticum aestivum* L.) κάτω από ξηρές και ημιξηρικές συνθήκες αγρό. Η αυξημένη βιολογικά ενεργή UV-B ακτινοβολία ήταν 4,25 KJm<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup>, που προσομοιώνει μια μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος κατά 20% κατά το θερινό ηλιοστάσιο στην περιοχή Lanzhou, 1550 μέτρα υψόμετρο επάνω από τη στάθμη θάλασσας, στην Κίνα. Η εδαφική υγρασία διατηρήθηκε σε επίπεδα 20% (μάρτυρας) και 15% (ομάδα κάτω από στρες υγρασίας) από την περιοδική άρδευση με νερό. Στα φυτά που δέχθηκαν την επίδραση της UV-B ακτινοβολίας ή της ξηρασίας, **το υδατικό δυναμικό των φύλλων μειώθηκε.** (Feng et al., 2007).

Οι ποικιλίες αμπελιών 'Cabernet Sauvignon' και 'Chardonnay' αναπτύχθηκαν σε γλάστρες στην περιοχή Wagga Wagga, της Νέας Νότιας Ουαλίας, στην Αυστραλία κάτω από περιβαλλοντικά επίπεδα UV-B ακτινοβολίας και κάτω από μειωμένα επίπεδα UV-B ακτινοβολίας κατά 2% σε σχέση με τα επίπεδα της UV-B του περιβάλλοντος για δυο συνεχή χρόνια. Πάνω από τα φυτά χρησιμοποιήθηκε φίλτρο δισοξικού άλατος (diacetate) για να μειωθεί το ποσό της UV-B ακτινοβολίας. Η επίδραση της UV-B ακτινοβολίας του περιβάλλοντος ήταν να **μειωθεί το υδατικό περιεχόμενο των φύλλων** (Keller & Torres, 2004).

Αντίθετα αποτελέσματα βρήκαν:

Η επίδραση της UV-B ακτινοβολίας 6 kJ/m<sup>2</sup> και της έλλειψης νερού σε δυο γενότυπους, έναν ευαίσθητο (fah1) και έναν ανθεκτικό(Ler) του φυτού *Arabidopsis thaliana* είχε ως αποτέλεσμα τα φυτά που δέχθηκαν την επίδραση της UV-B ακτινοβολίας να έχουν **μεγαλύτερο υδατικό περιεχόμενο** (Schmidt et al, 2000).

**Αύξηση στο υδατικό περιεχόμενο** κατά 3,1% ενός θάμνου (*Spiraea pubescens*) που υπάρχει στα βουνά Dongling της περιοχής του Πεκίνου από την έκθεση σε 2 επίπεδα UV-B ακτινοβολίας: UV-B περιβάλλοντος και αυξημένη UV-B ακτινοβολία 9.4 kJ/m<sup>2</sup> ανά ημέρα για τρία χρόνια η οποία επιτεύχθηκε με τεχνητή έκθεση. Η τεχνητή έκθεση στην UV-B ακτινοβολία προσομοιώνει μια μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος κατά 17%(Chen & Zhang, 2006).

**Η βλαστικότητα των γυρεοκόκκων των ανθέων του σουσαμιού επηρεάστηκε σημαντικά** από την UV-B ακτινοβολία (P<0,001). Η βλαστικότητα των γυρεοκόκκων μειώθηκε κατά 63% (UV-B0,2232 w/m<sup>2</sup>) και κατά 42% (UV-B 0,1365 w/m<sup>2</sup>), σε σχέση με τον μάρτυρα (μηδέν UV-B).

Παρόμοια αποτελέσματα βρήκαν:

Οι επιδράσεις της ενισχυμένης UV-B ακτινοβολίας μελετήθηκαν στους φυτικούς και αναπαραγωγικούς ιστούς της τομάτας (*Lycopersicon esculentum* Mill.) καθώς και οι σχέσεις τους με τα αναπαραγωγικά χαρακτηριστικά του φυτού. Δυο ποικιλίες, οι TongHui (TH) και XiaGuang (XG), αναπτύχθηκαν σε αγρό για μια καλλιεργητική σεζόν κάτω από την UV-B του περιβάλλοντος (μάρτυρας), την UV-B περιβάλλοντος συν  $2,54 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$  (T1) και την UV-B περιβάλλοντος συν  $4,25 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$  (T2) επιπλέον UV-B ακτινοβολίας (280-320 nm). Ο αριθμός των ανοικτών λουλουδιών αυξήθηκε σημαντικά στην ποικιλία (TH) ενώ μειώθηκε από στην ποικιλία T2 ενώ κάτω από την επίδραση της μεταχείρισης T1. Η **βλαστικότητα των γυρεοκόκκων** και από στις δύο ποικιλίες εμποδίστηκε από UV-B ακτινοβολία (Yang et al., 2004).

Φυτά σόγιας αναπτύχθηκαν κάτω από τέσσερα επίπεδα βιολογικά ενεργής UV-B ακτινοβολίας 0 (μάρτυρας), 5, 10 και  $15 \text{ kJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  σε ελεγχόμενους περιβαλλοντικούς θαλάμους υπό το φως του ήλιου. Μειωμένη παραγωγή σε γυρεοκόκκους και μείωση της βλαστικότητας των γυρεοκόκκων παρατηρήθηκε σε όλους τους γενοτύπους κάτω από τα αυξημένα επίπεδα UV-B ακτινοβολίας.

Οι γυρεοκόκκοι που παράχθηκαν στα φυτά που αναπτύχθηκαν κάτω από  $15 \text{ KJm}^{-2} \text{ d}^{-1}$  UV-B ακτινοβολίας ήταν συρρικνωμένοι σε σχέση με τον μάρτυρα και τις άλλες μεταχειρίσεις της UV-B ακτινοβολίας (Koti et al., 2004).

Σε πείραμα με φυτά *Paulownia tomentosa* Steud. εξετάστηκε ο ρόλος του νιτρικού οξέος στην επίδραση της UV-B ακτινοβολίας στην βλαστικότητα των γυρεοκόκκων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η UV-B ακτινοβολία 0,4 και 0,8  $\text{Wm}^{-2}$  για 2 ώρες είχε ως αποτέλεσμα την μείωση της βλαστικότητας των γυρεοκόκκων (He et al., 2007).

Τρία πειράματα πραγματοποιήθηκαν για να εξεταστεί η επίδραση της UV-B ακτινοβολίας (UV-B: 280-320nm) στον αναπαραγωγικό κύκλο του *Brassica rapa*. Τα φυτά αναπτύχθηκαν σε ένα θερμοκήπιο κάτω από 3 επίπεδα βιολογικά ενεργής UV-B ακτινοβολίας που προσομοιώνουν τα περιβαλλοντικά επίπεδα του στρατοσφαιρικού όζοντος (O3) (μάρτυρας), 15% ("λίγο αυξημένα επίπεδα UV-B ακτινοβολίας") και 32% ("υψηλά αυξημένα επίπεδα UV-B ακτινοβολίας") μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος αντίστοιχα στην περιοχή Morgantown, (WV), στις ΗΠΑ στα μέσα του Μαρτίου.

Στο πρώτο πείραμα ερευνήθηκε η επίδραση της UV-B ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των φυτών στην παραγωγή γυρεοκόκκων και στην βιωσιμότητα και την παραγωγή των λουλουδιών. Η παραγωγή γυρεοκόκκων και η βιωσιμότητα ανά λουλούδι μειώθηκε κατά περίπου 50% κάτω από τα δύο επίπεδα αυξημένης UV-B ακτινοβολίας σε σχέση με τον μάρτυρα. Ενώ τα φυτά κάτω από τα υψηλά αυξημένα επίπεδα UV-B ακτινοβολίας παρήγαγαν πάνω από 40% περισσότερα λουλούδια σε σχέση με τα χαμηλότερα δυο επίπεδα UV-B ακτινοβολίας, η συνολική παραγωγή βιώσιμων γυρεοκόκκων ήταν μειωμένη κάτω από τα υψηλά αυξημένα επίπεδα UV-B ακτινοβολίας κατά 17% σε σχέση με τον μάρτυρα. Η συνολική παραγωγή βιώσιμων γυρεοκόκκων μειώθηκε κάτω από τα χαμηλά-αυξημένα επίπεδα UV-B ακτινοβολίας κατά 34% σε σχέση με τον μάρτυρα.

Στο δεύτερο πείραμα, γυρεοκόκκοι συλλέχθηκαν από τα φυτά και εξετάστηκε εάν η έκθεση των φυτών στην UV-B ακτινοβολία επηρέασε την βλαστικότητα και την βιωσιμότητα των γυρεοκόκκων σε τεχνητές συνθήκες (in vitro). Γυρεοκόκκοι από φυτά κάτω και από τα δύο επίπεδα αυξημένης UV-B ακτινοβολίας παρουσίασαν αρχικά χαμηλότερη βλαστικότητα και βιωσιμότητα των γυρεοκόκκων σε σχέση με τον μάρτυρα. Μετά από την in vitro έκθεση στα υψηλά αυξημένα επίπεδα UV-B ακτινοβολίας για 6 ώρες, η βιωσιμότητα των γυρεοκόκκων που προέρχονταν από τα περιβαλλοντικά επίπεδα UV-B ακτινοβολίας μειώθηκε από 65% σε 18%. Αντίθετα, η βιωσιμότητα των γυρεοκόκκων που αναπτύχθηκαν κάτω από τα δυο επίπεδα



αυξημένης UV-B ακτινοβολίας παρουσίασαν μικρότερης έκτασης μείωση από ~43 σε 22%. Οι γυρεόκοκκοι που προέρχονταν από φυτά που αναπτύχθηκαν κάτω από περιβαλλοντικά επίπεδα UV-B ακτινοβολίας ήταν πιο ευαίσθητα στα αυξημένα επίπεδα UV-B ακτινοβολίας.

(Demchik & Day, 1996).

Δύο πληθυσμοί *Dimporphotheca sinuata* DC., που παράχθηκαν από την ίδια παρτίδα σπόρου, καλλιεργήθηκαν ταυτόχρονα κάτω από την επίδραση της UV-B ακτινοβολίας του περιβάλλοντος ( $2.5-8.9 \text{ kJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ) και της αυξημένης UV-B ακτινοβολία ( $4.7-11.4 \text{ kJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ) για δύο διαδοχικές γενεές. Οι δύο πληθυσμοί, ορίστηκαν σαν ποικιλίες σε χαμηλά επίπεδα UV-B ακτινοβολίας ( $2,5$  και  $4,7 \text{ kJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ) και σε υψηλά επίπεδα UV-B ακτινοβολίας ( $8,9$  και  $11,4 \text{ kJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ). Οι διαφορές στην απόδοση των φυτών ερευνήθηκαν μεταξύ των διαφόρων μεταχειρίσεων της UV-B ακτινοβολίας (άμεσα αποτελέσματα UV-B ακτινοβολίας), μεταξύ των ποικιλιών (συσσωρευμένα αποτελέσματα UV-B ακτινοβολίας), μεταξύ των σειρών και μεταξύ της αλληλεπίδρασης όλων αυτών. Τα συσσωρευμένα αποτελέσματα της UV-B ακτινοβολίας είχαν μια μεγαλύτερη επίδραση στην απόδοση των φυτών σε σχέση με τα άμεσα αποτελέσματα της UV-B ακτινοβολίας. Τα τελευταία (συσσωρευμένα αποτελέσματα) προκάλεσαν μειώσεις στην βλαστικότητα των γυρεοκόκκων (Musil, 1996).

Ένα μεγάλο μέρος της έρευνας της επίδρασης της UV-B ακτινοβολίας στα φυτά έχει επικεντρωθεί στα διάφορα φυτικά μέρη του φυτού και μόνο ένα μικρό μέρος έχει εξετάσει την επίδραση στο αναπαραγωγικό σύστημα.

Αναλύθηκαν 34 είδη γυρεοκόκκων που παράχθηκαν και αναπτύχθηκαν κάτω από δύο επίπεδα UV-B ακτινοβολίας ( $187$  και  $460 \text{ mW/m}^2$ ) και μηδέν UV-B ακτινοβολία (μάρτυρας). Η ορατή ακτινοβολία ήταν  $260 \mu\text{mol}^{-2} \text{ s}^{-1}$  και εφαρμόστηκε σε όλες τις μεταχειρίσεις. Τα είδη περιλάμβαναν γυρεοκόκκους διπύρηνους και τριπύρηνους. Παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των ειδών. **Σημαντική μείωση της βλαστικότητας των γυρεοκόκκων** παρατηρήθηκε σε μόνο πέντε είδη. Οι γυρεόκοκκοι που συλλέχθηκαν από φυτά που αναπτύχθηκαν στον αγρό ήταν πιο ευαίσθητοι σε σχέση με αυτούς που συλλέχθηκαν από φυτά που αναπτύχθηκαν στο θερμοκήπιο. Σε είδη στα οποία η γονιμοποίηση γινόταν σε πιο πρώιμα για την εποχή στάδια ήταν πιθανότερος να είναι πιο ευαίσθητοι στην επίδραση της UV-B ακτινοβολίας από εκείνους για στους οποίους το στάδιο της άνθησης γινόταν σε πιο όψιμα για την εποχή στάδια, κάτι που δείχνει μια πιθανή προσαρμογή στην UV-B ακτινοβολία (Torabinejad et al., 1998).

Προκειμένου να καθοριστεί η επίδραση της UV-B ακτινοβολίας στους γυρεοκόκκους καθώς και τα χρόνια αποτελέσματα της έκθεσης της UV-B ακτινοβολία επάνω στην βλαστικότητα των γυρεοκόκκων ερευνήθηκε σε 19 είδη η επίδραση της έκθεσης των γυρεοκόκκων του σιταριού σε δύο επίπεδα αυξημένης UV-B ακτινοβολίας (Βιολογικά ενεργή UV-B ακτινοβολία) ( $280-320 \text{ nm}$ ,  $350$  και  $500 \text{ mW/m}^2$  βιολογικά ενεργή UV-B ακτινοβολία), που προσομοιώνει μια μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος κατά 8% και 21% στην περιοχή Lanzhou, της Κίνας ( $36.04$  βόρεια,  $1550$  μέτρα υψόμετρο), και σε μηδέν UV-B ακτινοβολία (μάρτυρας). Σε σχέση με τον μάρτυρα, η αυξημένη UV-B ακτινοβολία μείωσε σημαντικά τη βλαστικότητα των γυρεοκόκκων στα περισσότερα είδη. Τα υψηλότερα επίπεδα UV-B ακτινοβολίας είχαν μεγαλύτερη ανασταλτική επίδραση από τα χαμηλότερα επίπεδα UV-B ακτινοβολίας. Η μείωση στο ποσοστό βλαστικότητας των γυρεοκόκκων αυξήθηκε με το χρόνο έκθεσης, ο οποίος έδειξε μια αθροιστική επίδραση της UV-B ακτινοβολίας. Συμπερασματικά λοιπόν μπορούμε να πούμε ότι οι αλλαγές στην ευαισθησία των

γυρεοκόκκων από την UV-B ακτινοβολία θα είχαν σοβαρές οικολογικές συνέπειες κάτω από φυσικές συνθήκες (Feng et al., 2002).

Αντίθετα αποτελέσματα βρήκαν:

Η επίδραση της UV-B ακτινοβολίας στην ανάπτυξη του αρσενικού γαμετόφυτου μελετήθηκε σε φυτά καλαμποκιού (*Zea mays* L.) ποικιλίας LG12 που αναπτύχθηκαν σε θαλάμους ανάπτυξης κάτω από την επίδραση δυο μεταχειρίσεων: φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας ( $700 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  PAR) με φωτοπερίοδο 13 ωρών (μάρτυρας) και φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας ενισχυμένη με UV-B ακτινοβολία που προερχόταν από λάμπες ισχύος  $2,5 \text{ W m}^{-2}$  που ανταποκρίνεται σε  $7,83 \text{ KJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  βιολογικά ενεργής ακτινοβολίας. Δείγματα γυρεοκόκκων συλλέχθηκαν και από τις δύο μεταχειρίσεις και τοποθετήθηκαν σε καλλιεργητικό θρεπτικό μέσο για να βλαστήσουν. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η UV-B ακτινοβολία δεν είχε καμία επίδραση στη βλαστικότητα των γυρεοκόκκων (Santos et al., 1998).

Έξι αλπικά ετήσια είδη που συναντούνται σε λιβάδια η *Vicia angustifolia* L. (ex Reichard) (Leguminosae), *Poa annua* L. (Gramineae), *Polygonum aviculare* L. (Polygonaceae), *Plantago depressa* Willd. (Plantaginaceae), *Elsholtzia densa* Benth. (Labiatae), και *Malva sinensis* Cav. (Malvaceae) αναπτύχθηκαν στον αγρό κάτω από μειωμένα και περιβαλλοντικά επίπεδα UV-B ακτινοβολίας, και ενός επιπέδου περιβαλλοντικού συν επιπλέον UV-B ακτινοβολία, που προσομοιώνει μια μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος κατά 9% στην περιοχή Gannan, στην Κίνα ( $102^{\circ}53'$  ανατολικά,  $34^{\circ}55'$  βόρεια, 2900 μέτρα επάνω από τη στάθμη της θάλασσας). Οι γυρεοκόκκοι συλλέχθηκαν στο στάδιο της πλήρης ανθοφορίας στις 10:30-11:00 π.μ. με ηλιόλουστες συνθήκες και μετρήθηκε η βλαστικότητα των γυρεοκόκκων. Η αυξημένη UV-B ακτινοβολία μείωσε σημαντικά ( $p < 0.05$ ) την βλαστικότητα των γυρεοκόκκων στη *V. angustifolia* σε σχέση με την περιβαλλοντική και την μειωμένη UV-B ακτινοβολία. Η βλαστικότητα των γυρεοκόκκων στο *P. annua* και στο *P. aviculare* αυξήθηκε σημαντικά από την αυξημένη UV-B ακτινοβολία σε σχέση με τον μάρτυρα. Εν τω μεταξύ, καμία σημαντική επίδραση δεν βρέθηκε στη βλαστικότητα των γυρεοκόκκων του *P. depressa* και της *E. densa* από την αυξημένη UV-B ακτινοβολία σε σχέση με τον μάρτυρα. Η βλαστικότητα των γυρεοκόκκων στην *P. annua*, *P. aviculare*, και *E. densa* ήταν υψηλότερη στους γυρεοκόκκους που συλλέχθηκαν από τα φυτά που δέχθηκαν την επίδραση της μειωμένης UV-B ακτινοβολίας από τους γυρεοκόκκους που συλλέχθηκαν από φυτά που δέχθηκαν την επίδραση της UV-B ακτινοβολίας του περιβάλλοντος. Καμία σημαντική αρνητική επίδραση δεν βρέθηκε στη βλαστικότητα των γυρεοκόκκων από τη μειωμένη UV-B ακτινοβολία σε σχέση με τον μάρτυρα. Τα αποτελέσματά μας έδειξαν ότι γυρεοκόκκοι παρόμοιων ειδών στο οροπέδιο Qinghai του Θιβέτ

ήταν σχετικά ανθεκτικά στην UV-B ακτινοβολία σε σύγκριση με τους γυρεοκόκκους από είδη σε χαμηλότερο υψόμετρο. Στο μέλλον, οι διαφορετικές αντιδράσεις μεταξύ των ειδών στα διαφορετικά επίπεδα UV-B ακτινοβολίας μπορούν να οδηγήσουν σε μια αλλαγή στην ανταγωνιστική σύνθεση και ισορροπίας των διαφόρων ειδών στις φυσικές τους κοινότητες επάνω στο οροπέδιο Qinghai του Θιβέτ εάν η UV-B ακτινοβολία αυξηθεί (Wang et al., 2006).

Η επίδραση της UV-B ακτινοβολίας μελετήθηκε στο φυτό *Deschampsia Antarctica* κατά την ανοιξιόατική μείωση του όζοντος στην περιοχή του σταθμού Palmer, κατά μήκος της ανταρκτικής χερσονήσου. Οι μεταχειρίσεις περιελάμβαναν την τοποθέτηση φίλτρων σε πλαίσια πάνω από τα φυτά που είχαν τοποθετηθεί σε γλάστρες τα οποία μείωσαν τα επίπεδα της βιολογικά ενεργής UV-B ακτινοβολίας κατά 83% (μειωμένη UV-B ακτινοβολία) είτε κατά 12% (κοντά στα επίπεδα της UV-B του περιβάλλοντος)

σε ένα πείραμα που κράτησε 63 ημέρες από της 7 Νοεμβρίου 1998 έως της 8 Ιανουάριος 1999 όταν η μείωση του όζοντος ήταν κατά μέσο όρο 17%. Το πείραμα έδειξε ότι μειώθηκε ο ρυθμός επιμήκυνσης των φύλλων κατά 29% (Rubland et al., 2005).

Σε εργασία για την μελέτη της επίδρασης της UV-B ακτινοβολίας στην ανάπτυξη δυο κυρίαρχων βρύων των *Carex curta* και *C. decidua*, σε κάποιο βάλτο στο οικοσύστημα στην περιοχή Tierra del Fuego (Αργεντινή), το οποίο σχεδιάστηκε σε αγροτεμάχια και σε θαλάμους ανάπτυξης όπου χρησιμοποιήθηκαν πλαστικά φίλτρα που είτε ανακλούσαν είτε μείωναν την UV-B ακτινοβολία. **Ο ρυθμός επιμήκυνσης των φύλλων και των βελόνων και των δύο ειδών δεν επηρεάστηκε από την UV-B ακτινοβολία και σε στις τέσσερις εποχές που μελετήθηκαν από το 1997/98 έως και 2000/2001 (Zaller et al., 2004).**

Η επίδραση της UV-B ακτινοβολίας στο βαμβάκι σε πείραμα που έγινε το καλοκαίρι του 2001 είχε σαν αποτέλεσμα να μειωθεί ο ρυθμός επιμήκυνσης των φύλλων από την επίδραση της UV-B ακτινοβολίας (Reddy et al., 2003).

Η επίδραση της αυξημένης UV-B ακτινοβολίας και της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας είχε ως αποτέλεσμα να μειωθεί ο ρυθμός επιμήκυνσης των φύλλων και να έχουμε μικρότερα φύλλα (Meijkamp et al., 2001).

Έξι ποικιλίες σόγιας εκτέθηκαν σε αυξημένα επίπεδα UV-B ακτινοβολίας στον αγρό η οποία προσομοιώνει μια μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος κατά 32% στην περιοχή, Gainesville, της Φλόριδα, στην Αμερική. **Καμιά επίδραση στο μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων του κυρίως βλαστού δεν παρατηρήθηκε (Sinclair et al., 1990).**

Η επίδραση της UV-B ακτινοβολίας (280-320 nm) μελετήθηκε στη μορφολογία τριών μονοκοτυλήδωνων καλλιιεργειών (σιτάρι, βρώμη, καλαμπόκι), τριών μονοκοτυλήδωνων ζιζανίων (*Avena fatua*, *Setaria viridis*, *Triticum cylindricum*), τριών δικοτυλήδωνων καλλιιεργειών (φασόλι, *Vicia faba*, ηλίανθος) και τριών δικοτυλήδωνων ζιζανίων (*Chenopodium album*, *Amaranthus retroflexus*, *Kochia scorparia*). Σε συνθήκες θερμοκηπίου, η UV-B ακτινοβολία η οποία προσομοιώνει μια μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος κατά 20% στην περιοχή Logan, της Utah στην Αμερική, **μείωσε το μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων του κυρίως βλαστών** σε διάφορα είδη (Barnes et al., 1990).

**Μείωση του μήκους των μεσογονατίων διαστημάτων** στα μοσχεύματα των *Populus kangdingensis* και *Populus cathayana* από την επίδραση της UV-B ακτινοβολίας (9 kJ/m<sup>2</sup>). Μεγαλύτερη ζημιά προκλήθηκε στο *Populus cathayana* από το *Populus kangdingensis* από την επίδραση της διπλάσιας UV-B ακτινοβολίας (Ren et al., 2006).

**Μείωση του μέσου όρου του μήκους των μεσογονατίων διαστημάτων** από την επίδραση της UV-B ακτινοβολίας (Reddy et al., 2003).

Αυξημένα επίπεδα της UV-B ακτινοβολίας και της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας (PAR) παρουσίασε παρόμοια φωτομορφογενετικά αποτελέσματα όπως **μείωση του μήκους των μεσογονατίων διαστημάτων του κυρίως βλαστού** σε φυτά *Vicia faba* (Meijkamp et al., 2001).

**Το εμβαδόν των φύλλων επηρεάστηκε σημαντικά από την επίδραση της UV-B ακτινοβολίας (P<0,001).** Το εμβαδόν των φύλλων μειώθηκε κατά 71,2% (UV-B 0.2232 w/m<sup>2</sup>) και κατά 45.8% (UV-B 0.1635 w/m<sup>2</sup>) σε σχέση με τον μάρτυρα.

Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται:

Ένας θάμνος (*Spiraea pubescens*) που βρίσκεται σε ένα φυλλοβόλο δάσος στα βουνά Dongling της περιοχής του Πεκίνου εκτέθηκε σε επίπεδα UV-B του περιβάλλοντος

και σε αυξημένα επίπεδα UV-B ακτινοβολίας (UV-B, 280-320 nm) με τεχνητή έκθεση η οποία παρείχε  $9.4 \text{ kJ/m}^2$  για τρία χρόνια προσομοιώνοντας μια μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος κατά 17%. Η UV-B ακτινοβολία **μείωσε το εμβαδόν των φύλλων** κατά 50,1% (Chen Lan & Zhang ShouRen, 2006).

Σε πείραμα με τομάτα της ποικιλίας New Yorker τα αυξημένα επίπεδα της UV-B ακτινοβολίας είχαν ως αποτέλεσμα να **μειωθεί το εμβαδόν των φύλλων** (Hao, X. et al, 2000).

Η επίδραση της UV-B ακτινοβολίας 0, 7, και  $11 \text{ kJ/m}^2$  σε τρία είδη ζιζανίων *Cynoglossum officinale*, *Centaurea diffusa* και *Tragorogon pratensis* που αναπτύχθηκαν σε θερμοκήπιο είχε ως αποτέλεσμα να **μειωθεί το εμβαδόν των φύλλων** στα *Cynoglossum officinale* και *Centaurea diffusa* (Furness, N.H. et al, 1999).

**Μείωση στο εμβαδόν των φύλλων** βαμβακιού από την επίδραση της UV-B ακτινοβολίας (Reddy, K.R. et al, 2003).

Η επίδραση της UV-B ακτινοβολίας 0, 7, και  $11 \text{ kJ/m}^2$  σε τρία είδη ζιζανίων *Cynoglossum officinale*, *Centaurea diffusa* και *Tragorogon pratensis* που αναπτύχθηκαν σε θερμοκήπιο. Η UV-B ακτινοβολία (0, 7, και  $11 \text{ kJ/m}^2$ ) **μείωσε το εμβαδόν των φύλλων** του *Cynoglossum officinale*. (Furness, N.H. et al, 1999)

Αντίθετα αποτελέσματα αναφέρονται:

Έξι ποικιλίες σόγιας εκτέθηκαν σε αυξημένα επίπεδα UV-B ακτινοβολίας στον αγρό προσομοιώνοντας μια μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος κατά 32%, στην περιοχή Gainesville, της Φλόριδα, στην Αμερική. **Καμιά επίδραση στο εμβαδόν των φύλλων** δεν παρατηρήθηκε (Sinclair, T.R. et al, 1990).

Η επίδραση της UV-B ακτινοβολίας 0, 7, και  $11 \text{ kJ/m}^2$  σε τρία είδη ζιζανίων *Cynoglossum officinale*, *Centaurea diffusa* και *Tragorogon pratensis* που αναπτύχθηκαν σε θερμοκήπιο είχε ως αποτέλεσμα να μην επηρεαστεί **το εμβαδόν των φύλλων** του *Tragorogon pratensis*.

Η UV-B ακτινοβολία **επέδρασε σημαντικά στο βάρος 1000 σπερμάτων** ( $P < 0,001$ ).

Το βάρος των σπόρων ήταν μειωμένο σε σχέση με τον μάρτυρα κατά 15,3% στο  $uv-b 0,2232 \text{ w/m}^2$  και κατά 10% στο  $uv-b 0,1365 \text{ w/m}^2$

Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται:

**Μείωση στο βάρος του σπόρου** αναφέρεται στο φυτό *Phaseolus vulgaris*. Τα φυτά που αναπτύχθηκαν κάτω από φίλτρα πολυεστέρα ο οποίας είχε διαπερατότητα στην UV-B ακτινοβολία κατά 86% παρήγαγαν περισσότερο αριθμό σπόρων με μεγαλύτερο βάρος 1,86g κάτω από τα φίλτρα και 0,57g χωρίς φίλτρα (Sharma, A, et al. 1991)

Σε πείραμα στο φυτό *Brassica napus* της ποικιλίας 46A65 μελετήθηκε η συνδυασμένη επίδραση του  $\text{CO}_2$  και της UV-B ακτινοβολίας, κάτω από τέσσερις συνθήκες ανάπτυξης:  $\text{CO}_2$  του περιβάλλοντος με UV-B ακτινοβολία (μάρτυρας), αυξημένα επίπεδα  $\text{CO}_2$  χωρίς UV-B ακτινοβολία,  $\text{CO}_2$  του περιβάλλοντος χωρίς UV-B ακτινοβολία και αυξημένα επίπεδα  $\text{CO}_2$  χωρίς UV-B ακτινοβολία για να καθοριστεί αν οι αρνητικές επιπτώσεις της UV-B ακτινοβολίας στην ανάπτυξη του φυτού μετριάζονται από τα αυξημένα επίπεδα  $\text{CO}_2$ . **Η απόδοση σε σπόρο μειώθηκε** με την επίδραση της UV-B ακτινοβολίας ενώ αυξήθηκε με την επίδραση του  $\text{CO}_2$  (Qaderi, M. M. & Reid, D.M. 2005).

**Μείωση στο βάρος 1000 σπόρων σιταριού** (*Triticum aestivum*) της ποικιλίας 80101 κάτω από την επίδραση αυξημένων επιπέδων UV-B ακτινοβολίας η οποία προσομοιώνει μια μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος κατά 12%, 20% και 25% σε πείραμα που έγινε το 1996 και το 1997 στον αγρό στην περιοχή Lanzhou της Κίνας (Li Yuan et al, 1998).

**Μείωση του βάρους των σπόρων** κατά 45% στο φυτό *Vigna radiate* της ποικιλίας KM-2 το οποίο δέχθηκε την επίδραση UV-B ακτινοβολίας  $12.2 \text{ kJ m}^{-2} \text{ μέρα}^{-1}$  και UV-B του περιβάλλοντος  $10 \text{ kJ m}^{-2} \text{ μέρα}^{-1}$  (Rajendiran, K. & Ramanujam, M. P. 2004).

Αντίθετα αποτελέσματα αναφέρονται:

Σε πείραμα που έγινε σε αγρό με σιτάρι της ποικιλίας Nigmai 2 το οποίο δέχθηκε την επίδραση της UV-B ακτινοβολίας ( $1.00 \text{ W/m}^2$ ) για 8 ώρες κάθε μέρα σε όλη την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, **δεν παρατηρήθηκε καμιά σημαντική επίδραση στο βάρος 1000 σπόρων** (Wang ChuanHai et al., 2004).

Τα φυτά *Chloris virgata*, *Tragus berteronianus* και *Acacia tortilis* εκτέθηκαν σε UV-B ακτινοβολία ( $16.8 \text{ kJ m}^{-2} \text{ μέρα}^{-1}$  UV-BBE-βιολογικά ενεργής ακτινοβολίας) και σε χώρο χωρίς UV-B ακτινοβολία και αναπτύχθηκαν σε γόνιμα και άγονα εδάφη για ένα κύκλο ζωής ή για μια καλλιεργητική περίοδο (*Acacia*). Δεν παρατηρήθηκε **καμιά σημαντική διαφορά στο βάρος των σπόρων** (Ernst, W.H.O. et al., 1997).

**Το σχετικό υδατικό περιεχόμενο επηρεάστηκε σημαντικά** από την UV-B ακτινοβολία ( $P < 0,001$ ). Το σχετικό υδατικό περιεχόμενο αυξήθηκε κατά 2,8% και μειώθηκε κατά 9% στο UV-B  $0.2232 \text{ w/m}^2$  και UV-B  $0.1635 \text{ w/m}^2$  αντίστοιχα σε σχέση με τον μάρτυρα.

Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται:

Σπορόφυτα φασολιών (*Phaseolus vulgaris*) της ποικιλίας Bush Blue Lake 290 αναπτύχθηκαν σε θαλάμους κάτω από αυξημένα επίπεδα UV-B ακτινοβολίας ( $11,7 \text{ kJ/m}^2$  ανα μέρα βιολογικά ενεργής ακτινοβολία UV) για 21 ημέρες πριν από την έκθεση στο όζον ( $0.25 \text{ μmol/mol}$ ) για τρεις ώρες. Η φωτοσυνθετική ροή των φωτονίων ήταν  $300 \text{ μmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Τα φυτά που αναπτύχθηκαν κάτω από αυξημένα επίπεδα UV-B ακτινοβολίας **παρουσίασαν μειώσεις του νωπού βάρους των φύλλων (FW), του ξηρού βάρους των φύλλων (DW)** (Madhoolika Agrawal et al, 1991).

Αντίθετα αποτελέσματα αναφέρονται:

Το σχετικό υδατικό περιεχόμενο των φύλλων δυο Μεσογειακών πεύκων του *Pinus pinna* και του *P. halepensis* δέχτηκαν την επίδραση της UV-B ακτινοβολίας του περιβάλλοντος και της UV-B ακτινοβολίας του περιβάλλοντος συν μια επιπλέον ποσότητα UV-B ακτινοβολίας η οποία προσομιώνει μια μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος κατά 15% πάνω από την πόλη της Πάτρα, Ελλάδα σε ένα πείραμα που κράτησε 1 χρόνο. **Δεν παρατηρήθηκε καμιά επίδραση στο σχετικό υδατικό περιεχόμενο** των φύλλων που συλλέχθηκαν αργά την άνοιξη, αργά το καλοκαίρι και κατά την συγκομιδή των καλλιεργειών από την επίδραση των αυξημένων επιπέδων της UV-B ακτινοβολίας (Petroroulou, Y. et al, 1995).

Σε πείραμα με δενδρύλλια *Nerium oleander* κάτω από δυο επίπεδα UV-B ακτινοβολίας (UV-B του περιβάλλοντος και UV-B του περιβάλλοντος συν επιπλέον UV-B ακτινοβολία) και δυο επιπέδων νερού (περιβάλλοντος και περιβάλλοντος συν επιπλέον άρδευση) κατά την ξηρά περίοδο του καλοκαιριού, και κατά τις περιόδους 1994 και 1995 **δεν είχαν καμιά επίδραση στο σχετικό υδατικό περιεχόμενο των φύλλων** (Drilias, P. et al, 1997).

Σε πείραμα που έγινε στην Πάτρα, Ελλάδα με δενδρύλλια *Phlomis fruticosa* τα οποία δέχθηκαν τρία επίπεδα UV-B ακτινοβολίας ( $0.06, 5.22$  και  $8.55 \text{ kJ/m}^2$  βιολογικά ενεργής ημερήσιας δόσης) **δεν παρατηρήθηκε καμιά σημαντική επίδραση στο σχετικό υδατικό περιεχόμενο των φύλλων** σε καμιά μεταχείριση (Petroroulou, Y. et al, 1995).

## **6.2. Επίδραση όζοντος**

Το περιεχόμενο των φύλλων σε χλωροφύλλη του σουσαμιού επηρεάστηκε σημαντικά από την επίδραση του όζοντος ( $P < 0,001$ ). Είχαμε μια μείωση στο περιεχόμενο των φύλλων της τομάτας σε χλωροφύλλη κατά 55,2%.

Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται:

**Μείωση του περιεχομένου των φύλλων σε χλωροφύλλη** αναφέρεται σε πείραμα που έγινε με μια αιγυπτιακή ποικιλία βαμβακιού (*Gossypium hirsutum* ποικιλία. Giza 65) με ποσότητα όζοντος  $70 \text{ nl λίτρο}^{-1} \text{ O}_3$  για 14 μέρες για 10 ώρες μέρα<sup>-1</sup> (08.00π.μ.-18.00μ.μ)(Hassan & Tewfik, 2006).

Επίσης σε πείραμα με δυο ποικιλίες σιταριού (*Triticum aestivum* L.) μια καινούρια ποικιλία ('Dragon') και μια 100 χρόνων ('Lantvete') οι οποίες εκτέθηκαν σε φίλτραρισμένο από άνθρακα αέρα και σε μη φίλτραρισμένο αέρα με πρόσθετη ποσότητα όζοντος σε θαλάμους όζοντος ανοιχτή οροφή (αριθμός θαλάμων=6). Το περιεχόμενο σε χλωροφύλλη του κορυφαίου φύλλου παρακολουθούνταν για 10 εβδομάδες. Μετά από ένα μήνα επίδρασης του όζοντος **το περιεχόμενο σε χλωροφύλλη του κορυφαίου φύλλου επηρεάστηκε αρνητικά** και στις δυο ποικιλίες. Η ελάττωση του περιεχομένου σε χλωροφύλλη ήταν ταχύτερη στη ποικιλία ('Dragon') σε σχέση με την ποικιλία ('Lantvete') (η ποικιλία 'Lantvete' είχε μικρότερη συγκέντρωση σε χλωροφύλλη από την ποικιλία 'Dragon' πριν την επίδραση του όζοντος)(Pleijel et al., 2006).

**Μείωση του περιεχομένου σε χλωροφύλλη** αναφέρεται από την επίδραση ενός αριθμού ρυπαντών  $\text{SO}_2$  (20ppm για 4 μέρες) και  $\text{O}_3$  (1ppm για 14 μέρες) σε ένα είδος ελάτου (*Picea abies*) (Messner & Berndt, 1990).

**Μείωση του περιεχομένου σε χλωροφύλλη** παρουσιάστηκε και σε πείραμα που έγινε με καλαμπόκι της ποικιλίας Golden Acres. Τα φυτά τοποθετήθηκαν σε φυτοδοχεία και στο χώμα προστέθηκαν ποσότητες (0, 2.5 και 3.5kg ατραζίνη/10στρέμματα)(0, 5 or 8 kg/10στρέμματα n-propyl gallate/εκτάριο, και συνδυασμός των δυο ατραζίνη σε ποσότητα 3.5 kg/10στρέμματα και propyl gallate 8 kg/10στρέμματα). Πέντε μέρες μετά την έκπτυξη των φυτών δέχτηκαν ποσότητα όζοντος 0, 0.2 και 0.3 ppm για 6 ώρες δυο φορές την εβδομάδα για 3 εβδομάδες. Μόνο στην ποσότητα όζοντος 0.3 ppm **μειώθηκε το περιεχόμενο των φυτών σε χλωροφύλλη** καθώς και στο συνδυασμό με την ατραζίνη(Mersie et al., 1990).

Αυτή η μελέτη ερευνήσε τα αποτελέσματα της επίδρασης του  $\text{O}_3$  στην αύξηση, την παραγωγή και στα φυσιολογικά χαρακτηριστικά κάποιων ταϊλανδέζικων ποικιλιών ρυζιού. Το ρύζι ήταν εκτεθειμένο στο όζον για 7 ώρες ανά ημέρα σε ένα κλειστό θάλαμο για 113 ημέρες, από το στάδιο του σπορόφυτου μέχρι και τη συγκομιδή. Η συγκέντρωση του όζοντος σε κάθε θάλαμο ήταν 0 ppb, 50 ppb, 100 ppb, 150 ppb και σε επίπεδα όζοντος του περιβάλλοντος. Την **μεγαλύτερη ζημιά** την προκάλεσε το όζον στα φωτοσυνθετικά συστατικά ανάμεσα στα οποία ήταν και **το περιεχόμενο των φύλλων σε χλωροφύλλη** (Ariyaphanphitak et al., 2005).

Τα φυτά *Bauhinia variegata*, *Ficus infectoria* και *Pongamia pinnata* δέχθηκαν ποσότητα όζοντος 40(μάρτυρας), 80 και 120 ppb και **παρουσίασαν μια μείωση του περιεχομένου τους σε χλωροφύλλη** η οποία κυμαινόταν από 12% έως 36% στο *Bauhinia variegata*, από 11% έως 35% στο *Ficus infectoria* και από 3% έως 26% στο *Pongamia pinnata* σε σχέση με τον μάρτυρα (Chapla & Kamalakar, 2004).

Σε πείραμα με θαλάμους όζοντος με ανοιχτή οροφή στο ερευνητικό κέντρο Kearney, Parlier, της Καλιφόρνια, μελετήθηκε η επίδραση του όζοντος και του ζιζανιού κύπερη(*Cyperus esculentus* L.) επάνω στην ανάπτυξη της ντομάτας (*Lycopersicon*

esculentum L.) των ποικιλιών HD 8892 και EMP 113. Τα φυτά της ντομάτας και της κύπερης αναπτύχθηκαν σε φυτοδοχεία για 4 με 8 εβδομάδες. Οι πληθυσμοί της κύπερης και της ντομάτας στα φυτοδοχεία ήταν 1:0 μόνο κύπερη, 0:1 μόνο ντομάτα, 1:1, 2:1 και 3:1. η έκθεση στο όζον ήταν 12 ώρες με μέσους όρους όζοντος 19.8, 78.0, and 142.3 nL/L. Με την αύξηση της συγκέντρωσης του όζοντος είχαμε **μείωση του περιεχομένου των φύλλων σε χλωροφύλλη** τόσο στην ντομάτα όσο και στην κύπερη (Shrestha & Grantz, 2005).

Φυτά πατάτας της ποικιλίας Bintje αναπτύχθηκαν σε θαλάμους όζοντος με ανοιχτή οροφή παρουσία CO<sub>2</sub> του περιβάλλοντος σε 7 τόπους σε ολόκληρη την Ευρώπη για 2 χρόνια (1998-99). Η επίδραση των διαφορετικών επιπέδων του CO<sub>2</sub> και του όζοντος στο περιεχόμενο των φύλλων σε χλωροφύλλη των πλήρως ανεπτυγμένων πάνω και κάτω φύλλων στους θαλάμους μετρήθηκε με τη χρήση του χλωροφυλλόμετρου τύπου SPAD-502 της Minolta. Τόσο στο CO<sub>2</sub> όσο και στο όζον τα φυτά, είχαν **χαμηλότερο περιεχόμενο των φύλλων σε χλωροφύλλη** από εκείνα του μάρτυρα. Ο εποχιακός μέσος όρος του περιεχομένου των φύλλων σε χλωροφύλλη ήταν χαμηλότερος 9,3% στο CO<sub>2</sub> σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα, 9,1% χαμηλότερα στο όζον και 12,3% χαμηλότερα στο συνδυασμό "CO<sub>2</sub>+O<sub>3</sub>" (Bindi et al., 2004).

Φυτά φράουλας (*fragaria* X *ananassa* Duch.) των ποικιλιών "Korona" και "Elsanta" εκτέθηκαν για 2 μήνες σε 78 ppb όζον κατά μέσο όρο ή σε φιλτραρισμένο από άνθρακα αέρα χωρίς όζον κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες περιβάλλοντος σε ένα πείραμα δυο ετών. **Το περιεχόμενο των φύλλων σε χλωροφύλλη μειώθηκε σημαντικά** στα παλαιότερα φύλλα της "Elsanta" (Keutgen et al., 2005).

Δύο διαφορετικοί τύποι μπιζελιών (*Pisum sativum* L.), ο φυλλώδης τύπο «Ilgiai» και ο υποφυλλώδης τύπος «Profi», μελετήθηκαν κάτω από την έκθεση του όζοντος. Μια ημέρα μετά από την έκθεση, παρατηρήθηκαν δυσμενή αποτελέσματα από την επίδραση του όζοντος στα μορφομετρικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα στον τύπο «Ilgiai», ενώ ορισμένα χαρακτηριστικά στον τύπο «Profi» υποκινήθηκαν. Το περιεχόμενο των φύλλων σε χλωροφύλλη μειώθηκε με τον αυξανόμενο χρόνο έκθεσης και τη συγκέντρωση του όζοντος (Juozaityte et al., 2007).

Η επίδραση του όζοντος 0(μάρτυρας), 100 και 200 nl/L σε φυτά τομάτας (*Lycopersicon esculentum* Mill.) της ποικιλίας Rodeo μελετήθηκε κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες περιβάλλοντος σε καλλιεργητικό υπόστρωμα άμμου. Τα φυτά δέχθηκαν την επίδραση του όζοντος για 8 ώρες την ημέρα, για 2 εβδομάδες μετά από την μεταφύτευση των σπορόφυτων. Τα φυτά που δέχθηκαν την επίδραση του όζοντος περιείχαν χαμηλότερα επίπεδα χλωροφύλλης των φύλλων (Seresinhe, 1998).

Αντίθετα αποτελέσματα είχαμε:

Φυτά φασολιού της ποικιλίας Pinto 111 εκτέθηκαν σε επιπρόσθετη ποσότητα όζοντος 250 ±25 ppb όζοντος για 3 ώρες. Φύλλα συλλέχθηκαν μετά το τέλος της παραπάνω διαδικασίας (0 ώρες) ή σε 1 ημέρα μετά από το τέλος της (24 ώρες). **Το περιεχόμενο των φύλλων σε χλωροφύλλη δεν επηρεάστηκε** από την επίδραση του όζοντος στις 0 ώρες, αλλά μειώθηκε μετά από 24 ώρες (Torre & Borgogni, 2001).

**Αύξηση του περιεχομένου των φύλλων σε χλωροφύλλη** παρατηρήθηκε σε πείραμα που έγινε με μια χειμερινή ποικιλία σιταριού σε θαλάμους όζοντος ανοιχτή οροφή με την αύξηση της συγκέντρωσης του όζοντος (Zheng et al., 2005).

Σε πείραμα με θαλάμους όζοντος με ανοιχτή οροφή (open-top chambers), το 1988, φασόλια (*Phaseolus vulgaris*) της ποικιλίας Rintintin εκτέθηκαν για 43 μέρες σε 100μg O<sub>3</sub>/m<sup>3</sup> για 8ώρες ανά μέρα, σε 50-60 μg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>, και σε 50-60μg NO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> για 16 ώρες ανά μέρα ή με συνδυασμό αυτών των αερίων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι

μετά από 29 μέρες αυξήθηκε το περιεχόμενο των φύλλων σε χλωροφύλλη από την επίδραση του όζοντος (Bender et al., 1991).

**Ο καθαρός ρυθμός φωτοσύνθεσης των φύλλων του σουσαμιού δεν επηρεάστηκε σημαντικά από την επίδραση του όζοντος ( $P > 0,05$ ).** Είχαμε μια μείωση στον καθαρό ρυθμό φωτοσύνθεσης της τομάτας κατά 13%.

**Η στοματική αγωγιμότητα των φύλλων του σουσαμιού δεν επηρεάστηκε σημαντικά από την επίδραση του όζοντος ( $P > 0,05$ ).** Είχαμε μια μείωση στην στοματική αγωγιμότητα των φύλλων της τομάτας κατά 21%.

**Η συγκέντρωση του  $CO_2$  στους μεσοκυττάριους χώρους των φύλλων του σουσαμιού δεν επηρεάστηκε σημαντικά από την επίδραση του όζοντος ( $P > 0,05$ ).** Είχαμε μια μείωση στην συγκέντρωση του  $CO_2$  στους μεσοκυττάριους χώρους των φύλλων της τομάτας κατά 1,1%.

**Η αντίσταση των στομάτων των φύλλων του σουσαμιού δεν επηρεάστηκε σημαντικά από την επίδραση του όζοντος ( $P > 0,05$ ).** Είχαμε μια μείωση στην αντίσταση των στομάτων των φύλλων της τομάτας κατά 31,5%.

**Η διαπνοή των φύλλων του σουσαμιού δεν επηρεάστηκε σημαντικά από την επίδραση του όζοντος ( $P > 0,05$ ).** Είχαμε μια μείωση στην διαπνοή των φύλλων της τομάτας κατά 14%

.Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται:

Σε πείραμα με μια ταιλανδέζικη ποικιλία ρυζιού μελετήθηκε η επίδραση της έκθεσης στο όζον για 7 ώρες την ημέρα σε ένα κλειστό θάλαμο για 113 μέρες από το στάδιο των σπορόφυτων μέχρι και την συγκομιδή. Τα επίπεδα του όζοντος ήταν 0 ppb, 50 ppb, 100 ppb, 150 ppb και όζον του περιβάλλοντος. Το όζον προκάλεσε **μεγάλη ζημιά στο ποσοστό καθαρής φωτοσύνθεσης των φύλλων (Ariyaphanphitak et al., 2006).**

Τα τροπικά δέντρα *Bauhinia variegata*, *Ficus infectoria* και *Pongamia pinnata* δέχθηκαν την επίδραση ποσότητας όζοντος 40, 80, και 120 ppb αντίστοιχα και παρατηρήθηκε μια **σημαντική μείωση της καθαρής φωτοσύνθεσης των φύλλων.** Η καθαρή φωτοσύνθεση μειώθηκε από 6% έως 26% στο *Bauhinia variegata*, 16% έως 39% στο *Ficus infectoria* και 7% έως 31% στο *Pongamia pinnata* (Chapla, & Kamalakar, 2004).

Δενδρύλλια των τροπικών δέντρων *Tibouchina pulchra*, *Caesalpinia echinata* και *Psidium guajava* της ποικιλίας *paluma* εκτέθηκαν σε θαλάμους όζοντος με ανοιχτή οροφή με φιλτρασμένο αέρα με φίλτρο άνθρακα. Οι μετρήσεις έγιναν πριν ( $t_1$ ) και μετά από την έκθεση στο μη-φιλτραρισμένο αέρα συν κάποια πρόσθετη ποσότητα όζοντος ( $t_2$ ), προσομοιώνοντας μια δωρη τιμή όζοντος παρόμοια με εκείνη που παρατηρήθηκε στην πόλη του Σάο Πάολο (νότιο-ανατολικά της Βραζιλίας, που φθάνει σε ένα ανώτατο όριο συγκέντρωσης (AOT40) των  $641 \text{ nmol mol}^{-1}$ . Μετά το τέλος της έκθεσης στο όζον, **η καθαρή φωτοσύνθεση, η στοματική αγωγιμότητα, ο ρυθμός διαπνοής, και ο λόγος  $F_v/F_m$  μειώθηκαν ( $P < 0,05$ ) και για τα τρία είδη.** Η *Echinata* *Caesalpinia* ήταν η πιο ευαίσθητη και η *Psidium guajava* της ποικιλίας *paluma* η πιο ανθεκτική (Moraes et al., 2004).

Φυτά από μια αιγυπτιακή ποικιλία σιταριού της Giza 63 (*Triticum aestivum*) εκτέθηκαν σε θαλάμους όζοντος με ανοιχτή οροφή για 8 ώρες ανά ημέρα, για 75 ημέρες σε ένα συνδυασμό παραγόντων με: 2 επίπεδα αλατότητας (0 και 50 mM NaCl) και 2 επίπεδα όζοντος (φιλτραρισμένος αέρας και  $50 \text{ mm}^3 \text{ m}^{-3}$ ). Η έκθεση σε  $50 \text{ mm}^3 \text{ m}^{-3}$  όζοντος **μείωσε σημαντικά την στοματική αγωγιμότητα (gs) και τον καθαρό ρυθμό φωτοσύνθεσης** κατά 20% και 25%, αντίστοιχα (Hassan, 2004).

Σε ένα πείραμα με φυτά σόγιας (*Glycine max* L.) της ποικιλίας Merr που κράτησε δυο χρόνια εξετάστηκε η επίδραση του όζοντος και του  $CO_2$ . Τα φυτά εκτέθηκαν από το



στάδιο της έκπτυξης των φυταρίων μετά την σπορά μέχρι και την πλήρη ωριμότητα τους σε φιλτραρισμένο αέρα με φίλτρο άνθρακα ή σε φιλτραρισμένο αέρα με φίλτρο άνθρακα συν κάποια συγκέντρωση όζοντος, σε συνδυασμό με συγκέντρωση CO<sub>2</sub> ίση με το CO<sub>2</sub> του περιβάλλοντος ή σε διπλάσια συγκέντρωση από το CO<sub>2</sub> του περιβάλλοντος σε θαλάμους όζοντος με ανοιχτή οροφή. Από την ανάλυση των πειραματικών δεδομένων αποδείχθηκε ότι ίσες ποσότητες όζοντος οι οποίες θα μείωναν την καθαρή φωτοσύνθεση σε συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub> του περιβάλλοντος είχαν λιγότερο καταστρεπτικά αποτελέσματα στα φυτά με αυξημένες συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub> (Booker & Fiscus, 2005).

Τρεις εμπορικές ποικιλίες φράουλας η Bogota, η Cambridge Favorite και η Elsanta εκτέθηκαν σε συγκέντρωση όζοντος 85 ppb για 8 ώρες την μέρα ή σε φιλτραρισμένο από άνθρακα αέρα για 40 μέρες. Στις ποικιλίες Bogota και Cambridge Favorite το όζον μείωσε σημαντικά την καθαρή φωτοσύνθεση μετά από 22 μέρες έκθεσης στο όζον, ενώ μείωσε ελαφρώς την στοματική αγωγιμότητα με ένα ελαφρύ πότισμα και σε ημερήσια βάση (Drogoudi & Ashmore, 2002).

Φυτά μπιζελιού της ποικιλίας Arkel εκτέθηκαν σε διάφορους ρυπαντές (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> και O<sub>3</sub>) σε περιβαλλοντικά επίπεδα για να μελετηθεί η επίδραση των ρυπαντών που υπάρχουν στον περιβαλλοντικό αέρα στην απόδοση και τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά του φυτού. Τα φυτά αναπτύχθηκαν στα ακόλουθα μέρη: BHU (τοποθεσία 1), Govt Ag. Farm (τοποθεσία 2), Phulwaria (τοποθεσία 3), Shivpur (τοποθεσία 4), Sarnath (τοποθεσία 5) και Ramnagar (τοποθεσία 6), στην περιοχή Varanasi, στην Uttar Pradesh, της Ινδίας. Η τοποθεσία 1 θεωρήθηκε σαν μάρτυρας για την σύγκριση με τις άλλες τοποθεσίες (μικρότερες τιμές ρυπαντών). Η καθαρή φωτοσύνθεση και η αποδοτικότητα της χρήσης νερού μειώθηκαν στις τοποθεσίες 2 έως 6 σε σχέση με αυτές του μάρτυρα. (Madhu & Madhoolika, 2004).

Η επίδραση των αυξημένων επιπέδων του όζοντος εξετάστηκε στην απόδοση, την ανάπτυξη, τον φωτοσυνθετικό ρυθμό, την κατανομή σε όλο το φυτό του άνθρακα 14 και την βιομάζα σε φυτά φράουλας (*Fragaria ananassa*) δυο ποικιλιών (Bogota και Elsanta) σε ανοιχτούς θαλάμους όζοντος. Οι ποικιλίες Bogota και Elsanta ήταν στην αρχή και στο τέλος της εποχής της καρποφορίας, αντίστοιχα, όταν εκτέθηκαν σε 74 ppb όζον (8 ώρες/ημέρα) για 7 και 11 εβδομάδες, αντίστοιχα. Ο φωτοσυνθετικός ρυθμός της ποικιλίας Bogota μειώθηκε από την επίδραση του όζοντος. (Drogoudi & Ashmore, 2002).

Η απόδοση και η ποιότητα των καρπών της καρπουζιάς ελέγχθηκε σε αγροτεμάχια που εγκαταστάθηκαν σε έναν εμπορικό αγρό σε ανοιχτούς θαλάμους όζοντος (OTCs) με μη-φιλτραρισμένο αέρα (NFA, κοντά στα περιβαλλοντικά επίπεδα του όζοντος), σε φιλτραρισμένο από άνθρακα αέρα (μειωμένα επίπεδα φωτοχημικών οξειδωτικών μέσων συμπεριλαμβανομένου και του όζοντος CFA) και σε περιβαλλοντικό αέρα (AA), κατά τη διάρκεια των καλλιεργητικών περιόδων του 1988 και του 1989. Τα περιβαλλοντικά επίπεδα του όζοντος βρέθηκε ότι ξεπερνούσαν τα κρίσιμα επίπεδα, που ορίστηκαν από την Οικονομική Επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών για την Ευρώπη (UN-ECE) και την συνθήκη σχετικά με την διασυννοριακή ατμοσφαιρική ρύπανση σε μεγάλο εύρος, για την προστασία της απόδοσης των καλλιεργειών, κατά διπλάσια περίπου επίπεδα το 1988 και πενταπλάσια επίπεδα για 1989. Μετρήσεις ανταλλαγής αερίων των φύλλων που έγιναν στον αγρό το 1988 αποκάλυψαν μια πτώση στο καθαρό ρυθμό αφομοίωσης του CO<sub>2</sub> ανά μονάδα εμβαδού των φύλλων, της στοματικής αγωγιμότητας του νερού (gs) και των αυξημένων ποσοστών της αναπνοής κατά την διάρκεια της νύχτας (Gimeno et al., 1999).

Φυτά τομάτας της ποικιλίας Baladey εκτέθηκαν σε ποσότητα όζοντος (68 nl/L) για 8 ώρες/ημέρα για 75 ημέρες σε ανοιχτούς θαλάμους όζοντος στην περιοχή

Braunschweig, της Γερμανίας. Ο φωτοσυνθετικός ρυθμός(A) και η στοματική αγωγιμότητα (gs) μετρήθηκαν ανά τακτά χρονικά διαστήματα από την στιγμή που άρχισε η επίδραση του όζοντος και των συνθηκών έλλειψης νερού. Οι συνθήκες έλλειψης νερού και η επίδραση του όζοντος μείωσαν τον φωτοσυνθετικό ρυθμό(A) κατά 21% και 17%, αντίστοιχα. Η έκθεση και στους δύο παράγοντες προκάλεσε την μεγαλύτερη μείωση του φωτοσυνθετικού ρυθμού (A)(Hassan et al., 1999).

Τα αποτελέσματα της επίδρασης του όζοντος σε τέσσερα είδη σφενδαμιού, στο *Acer campestre*, στο *Acer opalus subsp. granatense*, στο *Acer monspessulanum* και στο *Acer pseudoplatanus* μελετήθηκαν σε ανοιχτούς θαλάμους όζοντος κάτω από δυο επίπεδα όζοντος: σε φιλτραρισμένο από ενεργό άνθρακα αέρα (CF) και σε μη φιλτραρισμένο από ενεργό άνθρακα αέρα συν 30 ppb ποσότητας όζοντος (NF+30). Τα τέσσερα είδη παρουσίασαν διαφορετική ευαισθησία στον όζον. Οι διαφορές στην ευαισθησία στο όζον μεταξύ των ειδών μπορούν να συσχετιστούν εν μέρει με την υψηλότερη στοματική αγωγιμότητα στα είδη *Acer opalus* και το *Acer pseudoplatanus*. Σε αυτά τα δύο είδη, το όζον προκάλεσε σημαντικές μειώσεις του ρυθμού αφομοίωσης του CO<sub>2</sub> κάτω από υψηλά επίπεδα ποσότητας φωτός (Asat), στην στοματική αγωγιμότητα (gs), στο ποσοστό της διαπνοής (Tr) και την αποτελεσματικότητα της χρήσης του νερού(WUE) (η διαπνοή και η αποτελεσματικότητα της χρήσης του νερού μειώθηκαν επίσης σημαντικά στο *Acer campestre*) προς το τέλος του καλοκαιριού(Calatayud et al., 2007).

Φυτά λάχανου *Brassica rapa* [*B. campestris* var. *rapa*] αναπτύχθηκαν σε θαλάμους κάτω από περιβαλλοντικά ελεγχόμενες συνθήκες για να καθοριστεί η αλληλεπίδραση της επίδρασης του όζοντος και της αυξημένης θερμοκρασίας (RT) στην ρίζα, επάνω στη βιομάζα, την αναπαραγωγική διαδικασία και την φωτοσύνθεση. Τα φυτά αναπτύχθηκαν με ή χωρίς την επίδραση μια μέσης συγκέντρωσης 63 ppb όζοντος. Η επίδραση της θερμοκρασίας στην ρίζα ήταν 13°C (LRT-χαμηλό όριο) και 18°C (HRT-υψηλό όριο). Η θερμοκρασία του αέρα ήταν 25°C και 15°C ημέρα/νύκτα για όλες τις μεταχειρίσεις. Το όζον μείωσε την φωτοσύνθεση. Η στοματική αγωγιμότητα και η συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> στους μεσοκυττάρους χώρους δεν επηρεάστηκαν από την επίδραση του όζοντος(Kleier et al., 1998).

Αντίθετα αποτελέσματα είχαμε:

Η επίδραση των αυξημένων επιπέδων του όζοντος εξετάστηκε στην απόδοση, την ανάπτυξη, τον φωτοσυνθετικό ρυθμό, την κατανομή σε όλο το φυτό του άνθρακα 14 και την βιομάζα σε φυτά φράουλας (*Fragaria ananassa*) δυο ποικιλιών (Bogota και Elsanta) σε ανοιχτούς θαλάμους όζοντος. Οι ποικιλίες Bogota και Elsanta ήταν στην αρχή και στο τέλος της εποχής της καρποφορίας, αντίστοιχα, όταν εκτέθηκαν σε 74 ppb όζον (8 ώρες/ημέρα) για 7 και 11 εβδομάδες, αντίστοιχα. Μετά το τέλος της καρποφορίας στην ποικιλία Elsanta, ο φωτοσυνθετικός ρυθμός, **δεν επηρεάστηκε σημαντικά** από την έκθεση στο όζον(Drogoudi & Ashmore, 2002).

Φυτά τομάτας της ποικιλίας Baladey εκτέθηκαν σε ποσότητα όζοντος (68 nl/L) για 8 ώρες/ημέρα για 75 ημέρες σε ανοιχτούς θαλάμους όζοντος στην περιοχή Braunschweig, της Γερμανίας. Το όζον προκάλεσε μια μέση αύξηση της στοματικής αγωγιμότητας (gs) κατά 18% στα καλά ποτιζόμενα φυτά(Hassan et al., 1999).

Τα αποτελέσματα της επίδρασης του όζοντος σε τέσσερα είδη σφενδαμιού, στο *Acer campestre*, στο *Acer opalus subsp. granatense*, στο *Acer monspessulanum* και στο *Acer pseudoplatanus* μελετήθηκαν σε ανοιχτούς θαλάμους όζοντος κάτω από δυο επίπεδα όζοντος: σε φιλτραρισμένο από ενεργό άνθρακα αέρα (CF) και σε μη φιλτραρισμένο από ενεργό άνθρακα αέρα συν 30 ppb ποσότητας όζοντος (NF+30). Τα τέσσερα είδη παρουσίασαν διαφορετική ευαισθησία στον όζον. Οι μεσοκυττάρειες συγκεντρώσεις του CO<sub>2</sub> (Ci) αυξήθηκαν σημαντικά(Calatayud et al., 2007).

Τρεις εμπορικές ποικιλίες φράουλας η Bogota, η Cambridge Favorite και η Elsanta εκτέθηκαν σε συγκέντρωση όζοντος 85 ppb για 8 ώρες την μέρα ή σε φιλτραρισμένο από άνθρακα αέρα για 40 μέρες Στην ποικιλία Elsanta, το όζον **δεν επηρέασε σημαντικά** την καθαρή φωτοσύνθεση και την στοματική αγωγιμότητα μετά από 22 μέρες έκθεσης (**Drogoudi & Ashmore, 2002**).

Σε πείραμα που κράτησε δυο χρόνια με δέντρα λεύκας (*Populus tremula*) τα οποία αναπτύχθηκαν από μοσχεύματα ρίζας και εκτέθηκαν σε επίπεδα όζοντος του ατμοσφαιρικού αέρα και σε συγκεντρώσεις 0 (μάρτυρας), 0.05 και 0.1 μl ανά λίτρο. Η αποδοτικότητα της χρήσης του νερού(WUE) στα μέσα του καλοκαιριού κατά την δεύτερη περίοδο έκθεσης στο όζον **μειώθηκε** στα κίτρινα και καφεκίτρινα φύλλα σε συγκέντρωση 0.1 μl ανά λίτρο. Τα πράσινα φύλλα σε συγκέντρωση 0.05 μl ανά λίτρο αν και εμφάνισαν επιτάχυνση στην διαδικασία της γήρανσης στα τέλη του καλοκαιριού παρόλα αυτά **διατήρησαν την ίδια αποδοτικότητα στη χρήση του νερού** (**Matyssek et al., 1993**).

Φυτά μπιζελιού της ποικιλίας Arkel εκτέθηκαν σε περιβαλλοντικά επίπεδα διαφόρων ρυπαντών ( $SO_2$ ,  $NO_2$  και  $O_3$ ) για να μελετηθεί η επίδραση των ρυπαντών του περιβαλλοντικού αέρα στην απόδοση και τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά του φυτού. Τα φυτά αναπτύχθηκαν στα ακόλουθα μέρη: BHU (τοποθεσία 1), Govt Ag. Farm (τοποθεσία 2), Phulwaria (τοποθεσία 3), Shivpur (τοποθεσία 4), Sarnath (τοποθεσία 5) και Ramnagar (τοποθεσία 6), στην περιοχή Varanasi, στην Uttar Pradesh, της Ινδίας. Η τοποθεσία 1 θεωρήθηκε σαν μάρτυρας για την σύγκριση με τις άλλες τοποθεσίες (μικρότερες τιμές ρυπαντών). Η **στοματική αγωγιμότητα δεν επηρεάστηκε** σε άμεση αντιστοιχία με τη μείωση στη φωτοσύνθεση (**Madhu & Madhoolika, 2004**).

**Το ύψος των φυτών του σουσαμιού επηρεάστηκε σημαντικά** από την επίδραση του όζοντος ( $P < 0,001$ ). Είχαμε μια μείωση στο ύψος των φυτών της τομάτας κατά 23%.

Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται:

Η επίδραση της συγκέντρωσης του  $O_3$  στην ανάπτυξη της ντομάτας της ποικιλίας Ida μελετήθηκε κάτω από διαφορετικές φωτοσυνθετικές πυκνότητες φωτονίων (PPFD), κάτω από διαφορετική σχετική υγρασία του αέρα (RH) και διαφορετικές συγκεντρώσεις του  $CO_2$ . Τα υψηλά επίπεδα του όζοντος **μείωσαν γενικά το ύψος** φυτών σε χαμηλή πυκνότητα φωτονίων. Δεν είχαν καμία επίδραση ή είχαν θετική επίδραση σε υψηλή πυκνότητα φωτονίων. Αύξηση της σχετικής υγρασίας από 70 σε 90% αύξησε σημαντικά την αρνητική επίδραση του  $O_3$  στο ύψος. Αύξηση της συγκέντρωσης του  $O_3$  από 10 σε 65 nl/λίτρο **μείωσε σημαντικά το ύψος των φυτών** σε συγκεντρώσεις ατμοσφαιρικού  $CO_2$  (300-340 μg/λίτρο), αλλά είχε μικρή επίδραση σε υψηλές συγκεντρώσεις  $CO_2$  (700-800 μg/λίτρο) (**Mortensen, 1992**).

Σε μελέτη που κράτησε 3 διαδοχικά χρόνια μελετήθηκε η επίδραση της έκθεσης σε αυξημένα επίπεδα  $CO_2$  και  $O_3$  στην ανάπτυξη 5 φυτών λεύκας (*Populus tremuloides*). Το πείραμα έγινε στην περιοχή Rhinelander, Wisconsin, της Αμερικής (45° βόρεια 89° δυτικά). Το πείραμα αποτελούνταν από 4 μεταχειρίσεις οι οποίες ήταν: αυξημένα επίπεδα  $CO_2$  (560ppm), αυξημένα επίπεδα όζοντος ( $90 \mu l \cdot l^{-1} \cdot h^{-1}$ ), ένας συνδυασμός των δυο επιπέδων  $CO_2 + O_3$  και ο μάρτυρας, με 3 επαναλήψεις σε κάθε μεταχείριση και με διάμετρο 30 μέτρων σε κάθε κυκλικό τεμάχιο. Τα συνολικά αποτελέσματα έδειξαν ότι το **ύψος των δέντρων μειώθηκε** από την επίδραση του όζοντος, αντίθετα αυξήθηκε από την επίδραση του  $CO_2$ , ενώ δεν παρατηρήθηκε καμία σημαντική διαφορά από τον συνδυασμό  $CO_2 + O_3$  σε σχέση με τα δέντρα του μάρτυρα (Isebrands et al., 2000).

Οι συγκεντρώσεις του όζοντος στα ανατολικά της νότιας λίμνης Μίσιγκαν συγκρίθηκαν με αυτές στα δυτικά της λίμνης για να εξεταστούν τα αποτελέσματα της επίδρασης του όζοντος στην ανάπτυξη και την εμφάνιση των συμπτωμάτων τραυματισμού σε δύο είδη δέντρων (*Prunus serotina* και *Asclepias syriaca*). Μετρήθηκαν περίπου 1000 δέντρα *Prunus serotina* και πάνω από 3000 κορμοί του *Asclepias syriaca* από το 1999 ως το 2001. Η έκθεση στο όζον σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από τα 93ppb (άθροισμα 6 τιμών), **μείωσαν το ύψος του *Asclepias syriaca* κατά 13%**(Bennett et al, 2006).

Η επίδραση του όζοντος και της αλατότητας, μεμονωμένα και σε συνδυασμό, μελετήθηκε πάνω στην αύξηση και το περιεχόμενο σε ιόντα δυο ποικιλιών ρεβιθιού (*Cicer arietinum* L.). Τα φυτά του ρεβιθιού αναπτύχθηκαν σε αλατούχες και μη συνθήκες, με και χωρίς έκθεση στο όζον. Όζον σε συγκέντρωση  $85 \text{ nmol mol}^{-1}$  για 6 ώρες ανά ημέρα για 25 ημέρες **μείωσε το ύψος φυτών**. Ακόμα, τα φυτά που δέχθηκαν την επίδραση του όζοντος και αναπτύσσονταν παρουσία άλατος, είχε ως αποτέλεσμα η μείωση του ύψους των φυτών καθώς και άλλων παραγόντων να είναι ακόμα μεγαλύτερη (Welfare et al., 2002).

Τριάντα έξι υβρίδια λεύκας δεύτερης γενιάς(F2) (*Populus trichocarpa* x *P. deltoides*) δέχθηκαν την επίδραση του όζοντος. Σκοπός ήταν να εξεταστεί η επίδραση του όζοντος στην ανάπτυξη των δέντρων και να συσχετιστεί η επίδραση του με την αντίδραση των στομάτων. Η εφαρμογή του όζοντος γινόταν για 6 με 9 ώρες κάθε ημέρα για περίπου 3 μήνες με συγκεντρώσεις όζοντος 85 με  $128 \mu\text{g g}^{-1}$  σε θαλάμους όζοντος με ανοιχτή οροφή. Μετρήσεις του ύψους των υβριδίων έδειξαν ότι **μειώθηκε από την επίδραση του όζοντος** (Woo & Hinckley, 2005).

Σε πείραμα με σιτάρι (*Triticum aestivum*) της ποικιλίας HUW 468 που αναπτύχθηκαν σε φυτοδοχεία εξετάστηκε η επίδραση της αστικής ατμοσφαιρικής ρύπανσης στις προαστιακές καλλιέργειες σε διαφορετικές περιοχές γύρω από την πόλη Varanasi. Η μελέτη έδειξε ότι το ύψος των φυτών **επηρεάστηκε αρνητικά** από την επίδραση των περιβαλλοντικών ρύπων  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  και  $\text{O}_3$  (Madhu & Madhoolika, 2005).

Με τη ραγδαία εκβιομηχάνιση και την αστικοποίηση στο δέλτα του ποταμού Yangtze(Γιανγκτσε), στην Κίνα, η τροποσφαιρική συγκέντρωση του όζοντος έχει αυξηθεί σε επίπεδα που προκαλούν μείωση της τελικής απόδοσης των καλλιεργειών. Το ρύζι, ένα ευρέως καλλιεργούμενο φυτό στην Κίνα, μελετήθηκε σε ανοιχτούς θαλάμους όζοντος σε ένα πείραμα στον αγρό. Το πείραμα περιελάμβανε τέσσερις μεταχειρίσεις: φιλτραρισμένος αέρας με ενεργό άνθρακα(CF), μη-φιλτραρισμένος αέρας από ενεργό άνθρακα(NF) και φιλτραρισμένος αέρας από ενεργό άνθρακα με δύο επίπεδα όζοντος ( $\text{O}_3$ -1 και  $\text{O}_3$ -2). Τα επίπεδα του όζοντος ήταν επάνω από τα 40 ppbv(AOT40s- μέση ωριαία συγκέντρωση του όζοντος) και συγκεκριμένα: 0(CF), 0,91(NF), 23,24( $\text{O}_3$ -1), και 39,28( $\text{O}_3$ -2)ppmv για όλες τις μεταχειρίσεις αντίστοιχα. Το ύψος των φυτών και μειώθηκε κάτω από τα επίπεδα της αυξημένης συγκέντρωσης του όζοντος (Zhan et al., 2008).

Αντίθετα αποτελέσματα είχαμε:

Σπορόφυτα πεύκων (*Pinus taeda*) από πέντε οικογένειες συγγενικές μεταξύ τους αναπτύχθηκαν για 3 έτη σε θαλάμους όζοντος με ανοιχτή οροφή στο Tennessee στην Αμερική. Τα σπορόφυτα δέχθηκαν την επίδραση του όζοντος κατά όλη την διάρκεια της περιόδου ανάπτυξης τους(περίπου Απρίλιος-Οκτώβριος) με τα ακόλουθα επίπεδα: φιλτραρισμένος αέρας με φίλτρο άνθρακα, αέρας περιβάλλοντος και αέρας περιβάλλοντος + 60 ppb $\text{O}_3$ . **Καμιά σημαντική επίδραση του όζοντος στο ύψος των σποροφύτων** δεν παρατηρήθηκε (Adams et al., 1990).

Σπόροι αγγουριού της ποικιλίας Xinong, εμβλαπτίστηκαν σε νερό με όζον για 10, 30, 50, 70 και 90 λεπτά. Η παρασκευή νερού με όζον έγινε με εισαγωγή ποσότητας όζοντος σε απιονισμένο νερό για 15 λεπτά (παραγωγή όζοντος 400mg ανα ώρα). Η επίδραση του οζονισμένου νερού για 10, 30 και 50 λεπτά **αύξησε το ύψος των φυτών (Ding et al., 2004).**

Πείραμα που πραγματοποιήθηκε για να καθοριστεί η επίδραση του νερού με ποσότητα όζοντος στην ανάπτυξη και την ποιότητα των ανθέων του υδροπονικά ανεπτυγμένου φυτού *Dendranthema grandiflorum* [συν. *Chrysanthemum morifolium*] της ποικιλίας Baegkwang, έδειξε ότι στην δεύτερη περίοδο άνθισης του φυτού μετά την πρώτη κοπή των ανθέων, η ανάπτυξη των φυτών βελτιώθηκε από το οζονισμένο νερό. **Το ύψος των φυτών αυξήθηκε από την επίδραση του οζονισμένου νερού (Kim et al., 2005).**

**Το % της βλαστικότητας των γυρεοκόκκων των ανθέων του σουσαμιού επηρεάστηκε σημαντικά από την επίδραση του όζοντος ( $P < 0,001$ ).** Είχαμε μια μείωση στο % της βλαστικότητας των γυρεοκόκκων των ανθέων της τομάτας κατά 56%.

Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται:

Πολυετή φυτά *Lolium perenne* L. εκτέθηκαν σε κλειστούς θαλάμους όζοντος σε διαφορετικές συγκεντρώσεις όζοντος και σε περιβαλλοντικά επίπεδα αέρα φιλτραρισμένο από ενεργό άνθρακα για να μελετηθεί η επίδραση του όζοντος στην ανάπτυξη των γυρεοκόκκων. Το όζον σε περιβαλλοντικά επίπεδα ( $65 \text{ nl l}^{-1}$ ) για 8 ώρες και σε αυξημένα επίπεδα ( $110 \text{ nl l}^{-1}$ ) για 4 ώρες επηρέασε την ωρίμανση των γυρεοκόκκων με την παρεμπόδιση της συσσώρευσης του αμύλου στους γυρεοκόκκους σε όλο τον ανθήρα. Οι γυρεοκόκκοι που επηρεάστηκαν από το όζον παρέμειναν κενοί ενώ οι κανονικοί γυρεοκόκκοι στον ίδιο ανθήρα ήταν γεμάτοι με αμυλοπλάστες. Το ποσοστό του μη ανεπτυγμένων γυρεοκόκκων (καθορίστηκε με εγκάρσια τομή) ήταν σημαντικά υψηλότερο στα εκτεθειμένα στο όζον φυτά σε σχέση με τα φυτά που αναπτύχθηκαν σε φιλτραρισμένο από ενεργό άνθρακα αέρα. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η επίδραση του όζοντος ήταν υπεύθυνη για την διακοπή της ανάπτυξης των γυρεοκόκκων στο *Lolium perenne* L. **(Schoene et al., 2004).**

Ο βιολογικός χαρακτηρισμός δειγμάτων των γυρεοκόκκων των *Corylus avellana* L. και *Pinus nigra* L. πραγματοποιήθηκε για να καθοριστεί η πραγματική αξία των γυρεοκόκκων ως βιο-δείκτης για την μελέτη της επίδρασης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Χρησιμοποιήθηκαν δείγματα γυρεοκόκκων από φυτά που αναπτύχθηκαν κάτω από φυσικές συνθήκες σε περιοχές που ελέγχονται τα επίπεδα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Στην περιοχή Trentino στην βόρεια Ιταλία, επιλέχθηκαν έξι σταθμοί με τρία διαφορετικά επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης, τα οποία ελέγχονταν συνεχώς με τους αυτόματους μετρητές από την Υπηρεσία προστασίας του περιβάλλοντος του Τρέντο. Τα πρώτα αποτελέσματα έδειξαν ότι η βιωσιμότητα των γυρεοκόκκων και των δυο ειδών, η βλαστικότητα και το μήκος σωλήνων γύρης του *Pinus nigra*, ήταν υψηλότερα στις περιοχές χωρίς οδική κυκλοφορία σε σχέση με περιοχές με υψηλή κυκλοφορία. Η βιωσιμότητα των γυρεοκόκκων του *Pinus nigra* συσχετίστηκε θετικά με τις συγκεντρώσεις του όζοντος και το υψόμετρο **(Elena et al., 2004).**

Γυρεοκόκοι από 16 δέντρα συν τους κλώνους από ένα σκωτσέζικου πεύκο (*Pinus sylvestris*) συλλεχθήθηκαν στο στάδιο της έκπτυξης των κλωναρίων και εξετάστηκαν για την ευαισθησία της βλαστικότητας των γυρεοκόκκων τους σε συγκεντρώσεις όζοντος 45 ppb και 90ppb για 4 ώρες. **Το όζον μείωσε σημαντικά το ποσοστό βλαστικότητας των γυρεοκόκκων.** Υπήρξε μια δυνατή ( $k=0.92-0.93$ ) και

σημαντική συσχέτιση ( $p < 0.001$ ) στην βλαστικότητα των γυρεοκόκκων μεταξύ εκτεθειμένων και μη στο όζον ομάδων (Abraitene et al., 2002).

Σε πείραμα με πέντε είδη δέντρων της οικογένειας Rosaceae (αμύγδαλο, μήλο, βερίκοκο, νεκταρίνι/ροδάκινο, αχλάδι) και με τέσσερις ποικιλίες αμυγδάλου εξετάστηκε η επίδραση του όζοντος στην βλαστικότητα των γυρεοκόκκων. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων έδειξαν ότι η **βλάστικότητα των γυρεοκόκκων εμποδίστηκε** από την επίδραση του όζοντος σε όλα τα είδη εκτός από το αχλάδι. Οι διαφορές όμως μεταξύ και μέσα στα είδη ήταν μη σημαντικές (με εξαίρεση το αχλάδι) και δεν παρουσίασαν συσχέτιση με την σχετική ευαισθησία των σποροφύτων (Hormaza et al, 1996).

Αντίθετα αποτελέσματα είχαμε:

Μια μόνο έκθεση των γυρεοκόκκων του μπιζελιού των ποικιλιών Tapidor ή Libravo σε 100nl όζον/λίτρο είτε in vitro είτε in vivo των ανθέρων από φυτά που δεν υποστήκαν καμιά επίδραση όζοντος **δεν παρουσίασε καμία σημαντική επίδραση στην βλάστικότητα των γυρεοκόκκων** ούτε και στην αύξηση των γυρεοσωλήνων (Bosac et al., 1993).

**Το όζον ( $O_3$ ) δεν επέδρασε σημαντικά στον αριθμό των επιδερμικών κυττάρων** ανά  $mm^2$  της επιφάνεια του φύλλου ( $P > 0,05$ ). Το όζον αύξησε τον αριθμό των επιδερμικών κυττάρων στην κάτω επιφάνεια κατά 5,27%(100ppb όζοντος) και στην πάνω επιφάνεια μείωσε κατά 14,3% σε σχέση με τον μάρτυρα(CF). Οι δυο επιφάνειες – άνω και κάτω – παρουσίασαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους ( $P < 0,001$ ).

Αντίθετα αποτελέσματα είχαμε:

Φυτά πατάτας της ποικιλίας Bintje αναπτύχθηκαν σε θαλάμους όζοβτος με ανοιχτή οροφή κάτω από τρία επίπεδα  $CO_2$  ( $CO_2$  του περιβάλλοντος, ο εποχιακός μέσος όρος 24 ωρών ανά μέρα, συγκέντρωση  $550 \mu mol\ mol^{-1}$  και  $680 \mu mol\ mol^{-1}$ ) και δύο επίπεδα όζοντος (περιβάλλοντος, μια εποχιακή μέση συγκέντρωση 8 ωρών ανά ημέρα και  $50\ nmol\ mol^{-1}$ ). Τα αποτελέσματα έδειξαν διαστολή των επιδερμικών κυττάρων και αύξηση του μεγέθους τους που είχε ως αποτέλεσμα να **μειωθεί η πυκνότητα των επιδερμικών κυττάρων**(Lawson et al., 2002).

**Το όζον ( $O_3$ ) επέδρασε σημαντικά στον αριθμό των στομάτων** ανά  $mm^2$  της επιφάνεια του φύλλου ( $P < 0,001$ ). Ειδικότερα το όζον μείωσε τον αριθμό των στομάτων στην άνω επιφάνεια κατά 62,6%(100ppb όζοντος) και στην κάτω επιφάνεια κατά 35% σε σχέση με τον μάρτυρα(CF). Οι δυο επιφάνειες – άνω και κάτω – δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους ( $P > 0,05$ ).

Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται:

Τα μορφολογικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά του φυτού *Rudbeckia laciniata* ποικιλίας digitata αξιολογήθηκαν για να διευκρινιστούν οι μηχανισμοί της ευαισθησίας στο όζον ( $O_3$ ). Φύλλα που βρίσκονταν στο ίδιο ύψος στα ευαίσθητα και ανθεκτικά φυτά αξιολογήθηκαν για να βρεθεί η επίδραση στην στοματική πυκνότητα. **Δεν υπήρξε καμία μορφολογική διαφορά** μεταξύ των ευαίσθητων τύπων που να έχουν συμβάλει στη μεγαλύτερη λήψη του όζοντος στα ευαίσθητα άτομα(Gruilke et al., 2007).

Επτά ποικιλίες ντομάτας αναπτύχθηκαν σε πηλώδες χώμα, σε αμμώδες χώμα, σε φυλλόχωμα και σε μίγμα χώματος με βερμικουλίτη και εκτέθηκαν σε 0,15 ppb όζοντος για 20 ώρες. Το αποτέλεσμα της έκθεσης έδειξαν πρόκληση ζημιών στα φυτά αλλά με διαφορετικό ποσοστό ζημιάς ανάλογα με την ποικιλία. Η λιγότερο ευαίσθητη ποικιλία ήταν η Naebyongjangsu και η πιο ευαίσθητη ήταν η Daehyongboksu. **Η πυκνότητα των στομάτων ήταν μικρότερη** στην ποικιλία

Daehyongboksu σε σχέση με τις άλλες ποικιλίες, εκτός από την ποικιλία Pinkglory όπου η **στοματική πυκνότητα ήταν μεγαλύτερη (Ku et al., 1989).**

**Μείωση στην πυκνότητα των στομάτων** αναφέρεται μετά από βραχυπρόθεσμη έκθεση σε αυξημένα επίπεδα όζοντος ως αντίδραση στον μακροπρόθεσμο εμπλουτισμό σε CO<sub>2</sub> (Paoletti & Grulke, 2005).

Αντίθετα αποτελέσματα είχαμε:

Δέντρα ελιάς πέντε ετών και συγκεκριμένα οι ποικιλίες Frantoio και Moraiolo εκτέθηκαν σε φιλτραρισμένο από άνθρακα αέρα που περιείχε 100ppb όζοντος για 5 ώρες ημέρα<sup>-1</sup> για 120 ημέρες μέσα σε κλειστούς θαλάμους όζοντος. Μετά από 100 ημέρες επίδρασης του όζοντος, παρατηρήθηκε πτώση των φύλλων και ανάπτυξη νεκρωτικών κηλίδων στα φυτά της ποικιλίας Moraiolo αλλά όχι στην ποικιλία Frantoio. Και στις δυο ποικιλίες παρατηρήθηκε **αυξημένη πυκνότητα των στομάτων** σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα (Minnocci et al., 1999).

Φυτά φράουλας των ποικιλιών Elsanta και Korona δέχθηκαν για 8 ώρες, για 5 ημέρες την εβδομάδα ποσότητα όζοντος 75 ppb και για 8 ημέρες συγκέντρωση ατμοσφαιρικού CO<sub>2</sub> 360 ή 720 ppm ή ποσότητα όζοντος 65 ppb για 3 μήνες και 360 ppm CO<sub>2</sub>. Η μακροπρόθεσμη έκθεση στο όζον **αύξησε την στοματική πυκνότητα (Keutgen et al., 1999).**

Σε πείραμα που έγινε σε θαλάμους όζοντος ανοιχτή οροφή (open-top chambers, OTCs) και σε κλειστούς θαλάμους με συνεχή κίνηση αέρα (continuously stirred tank reactors, CSTRs) γραμμές από μια ποικιλία φασολιών που μοιάζει με θάμνο (*Phaseolus vulgaris* L.), η 'S156' (ευαίσθητη στο όζον) και η 'R123' (ανθεκτική στο όζον) και οι ποικιλίες 'BBL290' (ευαίσθητη στο όζον) και η 'BBL 274' (ανθεκτική στο όζον) χρησιμοποιήθηκαν για να μελετηθεί η επίδραση του όζοντος στην πυκνότητα των στομάτων. Η έκθεση στο όζον στους κλειστούς θαλάμους (CSTRs) είχε μεγαλύτερη και πιο σαφή επίδραση τόσο στην πυκνότητα όσο και στο μέγεθος ανοίγματος των στομάτων στις ευαίσθητες στο όζον ποικιλίες. **Η πυκνότητα των στομάτων ήταν υψηλότερη στην κάτω επιφάνεια των φύλλων** στις "S156" και "BBL 290" στις υψηλότερες συγκεντρώσεις όζοντος (ppb 60). Ανεξάρτητα από την ευαισθησία στο όζον και τα διάφορα επίπεδα όζοντος, οι υψηλότερες πυκνότητες στομάτων βρέθηκαν στη κάτω επιφάνεια των φύλλων (Elagöz et al., 2006).

Μοσχεύματα σημύδας (*Betula pendula*) αναπτύχθηκαν σε φυτοδοχεία και χωρίστηκαν σε τέσσερα επίπεδα όζοντος: 0, 0,05, 0,075 και 0,1 μl/λίτρο. Οι ζημιές που προκλήθηκαν από τις χαμηλές συγκεντρώσεις του όζοντος αναλύθηκαν στην επιδερμίδα και στο μεσόφυλλο χώρο πλήρως αναπτυγμένων φύλλων, (I) μετά από το σχηματισμό των φύλλων με αέρα χωρίς όζον και αέρα με όζον, και (II) μετά την μεταφορά των φυτών του μάρτυρα σε χώρο με ποσότητα όζοντος. Η μάρανση στα φύλλα του μάρτυρα, το φθινόπωρο, μελετήθηκε σε αέρα χωρίς όζον (III). Καθώς η συγκέντρωση του όζοντος αυξανόταν, τα φύλλα στην περίπτωση (I) παρουσίασαν **αυξημένη στοματική πυκνότητα**. Φύλλα που υποστήκαν την επίδραση του όζοντος και που είχαν αναπτυχθεί σε αέρα χωρίς όζον περίπτωση (II) παρουσίασαν παρόμοια συμπεριφορά (**αυξημένη στοματική πυκνότητα**) αλλά έδειξαν μια γρηγορότερη εξασθένηση από τα φύλλα στην περίπτωση (I). Και στην περίπτωση (III) τα γηρασμένα φύλλα παρουσίασαν παρόμοια αποτελέσματα (**αυξημένη στοματική πυκνότητα**) με τα φύλλα που είχαν τραυματιστεί από την επίδραση του όζοντος. (Matyssek et al., 1991).

Μοσχεύματα ελάτου τεσσάρων ετών από την Νορβηγία (*Picea abies*) από ένα 30ετών δέντρο αναπτύχθηκαν σε θαλάμους όζοντος με ανοιχτή οροφή και εκτέθηκαν (i) σε φιλτραρισμένο με κάρβουνο αέρα (CF), (ii) σε μη-φιλτραρισμένο αέρα ή (iii) σε μη-φιλτραρισμένος αέρας συν 25 ppb. όζοντος για 7 ώρες ανά μέρα από τον Ιούλιο μέχρι

τον Οκτώβριο/Νοέμβριο του 1985, από τον Απρίλιο/Ιούνιο μέχρι τον Οκτώβριο/Δεκέμβριο του 1986, και από τον Απρίλιο/Μάιο μέχρι τον Νοέμβριο/Δεκέμβριο του 1987. Ένα μήνα μετά το τέλος της πρώτης περιόδου έκθεσης **η πυκνότητα των στομάτων αυξήθηκε (Sutinen et al., 1989).**

Σπορόφυτα πέντε κλώνων συμήδας (*Betula pendula*) εκτέθηκαν σε ελαφρώς αυξημένα επίπεδα όζοντος στον αγρό σε θαλάμους όζοντος με ανοιχτή οροφή για δύο καλλιεργητικές περιόδους στην κεντρική Φινλανδία. Οι κλώνοι δέχτηκαν συγκεντρώσεις όζοντος 1,2 φορές (1991) και 1,5 φορές (1992) υψηλότερες από αυτές του περιβάλλοντος. Οι κλώνοι δέχτηκαν επίσης 150 nl/L όζοντος για 24 μέρες (12 ώρες/μέρα) σε ένα πειραματικό θάλαμο. Σε όλους τους κλώνους οι αυξημένες συγκεντρώσεις όζοντος **αύξησαν την πυκνότητα των στομάτων (Paakkonen et al., 1993).**

Δύο οικογένειες μαύρων κερασιών (*Prunus serotina*) που διέφεραν στην ευαισθησία τους στο όζον ( $O_3$ ) χρησιμοποιήθηκαν για να εξεταστεί η υπόθεση ότι η μορφολογία του φύλλου σχετίζεται με τη ευαισθησία του φύλλου στο όζον. Ο ευαίσθητος γενότυπος είχε **σημαντικά μεγαλύτερη στοματική πυκνότητα στομάτων (Ferdinand et al., 2000).**

Φυτά πατάτας (*Solanum tuberosum* L.) της ποικιλίας Bintje αναπτύχθηκαν σε ανοιχτούς θαλάμους όζοντος με ανοιχτή οροφή (Open top chambers-OTCs) κάτω από τρία επίπεδα  $CO_2$  ( $CO_2$  του περιβάλλοντος, ο εποχιακός μέσος όρος 24 ωρών ανά μέρα, με συγκέντρωση  $550 \mu\text{mol mol}^{-1}$  και  $680 \mu\text{mol mol}^{-1}$ ) και δύο επίπεδα όζοντος (περιβάλλοντος και μια εποχιακή μέση συγκέντρωση 8 ωρών ανά ημέρα,  $50 \text{ nmol mol}^{-1}$ ). Οι μετρήσεις της στοματικής πυκνότητας έγιναν σε συγκεκριμένες θέσεις πάνω σε πλήρως ανεπτυγμένα φύλλα από κάθε μεταχείριση, στο κέντρο του ελάσματος και στο μέσο μεταξύ της κορυφής και της βάσης του φύλλου. Η έκθεση στα αυξημένα επίπεδα  $CO_2$  ή  $O_3$  γενικά **αύξησε την στοματική πυκνότητα των φύλλων (Lawson et al., 2002).**

**Το όζον ( $O_3$ ) δεν επέδρασε σημαντικά στο μήκος των στομάτων** ανά  $\text{mm}^2$  της επιφάνεια του φύλλου ( $P < 0,05$ ). Ειδικότερα το όζον μείωσε το μήκος των στομάτων στην άνω επιφάνεια κατά 14,2% (100ppb όζοντος) και στην κάτω επιφάνεια κατά 28,5% σε σχέση με τον μάρτυρα (CF). Οι δυο επιφάνειες – άνω και κάτω – δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους ( $P > 0,05$ ).

**Το όζον ( $O_3$ ) δεν επέδρασε σημαντικά στο πλάτος των στομάτων** ανά  $\text{mm}^2$  της επιφάνεια του φύλλου ( $P > 0,05$ ). Ειδικότερα το όζον μείωσε το πλάτος των στομάτων στην κάτω επιφάνεια κατά 9,1% (100ppb όζοντος) και αύξησε στην πάνω επιφάνεια κατά 9,1% σε σχέση με τον μάρτυρα (CF). Οι δυο επιφάνειες – άνω και κάτω – δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους ( $P > 0,05$ ).

Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται:

Μοσχεύματα σημύδας (*Betula pendula*) αναπτύχθηκαν σε θαλάμους όζοντος στον αγρό για μια καλλιεργητική περίοδο σε φιλτραρισμένο από άνθρακα αέρα με 3 nl/λίτρο  $O_3$  (μάρτυρας) ή ημέρα/νύκτα = 90/40 nl/λίτρο  $O_3$  (ποσότητα όζοντος  $O_3$ ). Τα φυτά δεχόντουσαν πότισμα με διάλυμα λιπάσματος είτε χαμηλής συγκέντρωσης (0,005%) είτε υψηλής συγκέντρωσης (0,05%). Το πλάτος, το μήκος και η πυκνότητα των στομάτων μετρήθηκαν με την ψηφιακή ανάλυση της εικόνας. Η ανάλυση παρουσίασε στενή σχέση μεταξύ του πλάτους των στομάτων και του μήκους των πόρων ( $r = 0.938$ ,  $P < 0.01$ ). Σε όλες τις περιόδους συγκομιδής, **οι στοματικοί πόροι ήταν σημαντικά μικρότεροι στην υψηλή συγκέντρωση όζοντος (μάρτυρας/υψηλή συγκέντρωση σε σχέση μάρτυρα/χαμηλή συγκέντρωση), και στην μεταχείριση του όζοντος σε 1400 ώρες ( $O_3$ /υψηλή συγκέντρωση σε σχέση με  $O_3$ /χαμηλή συγκέντρωση).** Επιπρόσθετα με την επίδραση



του διαλύματος του λιπάσματος, το όζον έκανε τους στοματικούς πόρους ακόμα μικρότερους ( $O_3$ /υψηλή συγκέντρωση σε σχέση με μάρτυρας/υψηλή συγκέντρωση σε 1400 ώρες,  $O_3$ / εναντίον μάρτυρας/χαμηλή συγκέντρωση σε όλες τις περιόδους συγκομιδών) (Frey et al., 1996).

Αντίθετα αποτελέσματα αναφέρονται:

Σε πείραμα που έγινε σε θαλάμους όζοντος με ανοιχτή οροφή (open-top chambers, OTCs) και σε κλειστούς θαλάμους, με συνεχή κίνηση αέρα (continuously stirred tank reactors, CSTRs) γραμμές από μια ποικιλία φασολιών που μοιάζει με θάμνο (Phaseolus vulgaris L.), η 'S156' (ευαίσθητη στο όζον) και η 'R123' (ανθεκτική στο όζον) και οι ποικιλίες 'BBL290' (ευαίσθητη στο όζον) και η 'BBL 274' (ανθεκτική στο όζον) χρησιμοποιήθηκαν για να μελετηθεί η επίδραση του όζοντος στο μήκος των στομάτων. Η έκθεση στο όζον στους κλειστούς θαλάμους (CSTRs) είχε μεγαλύτερη και πιο σαφή επίδραση στο μήκος των στομάτων στις ευαίσθητες στο όζον ποικιλίες. **Τα μεγαλύτερα μήκη στομάτων καταγράφηκαν στην κάτω επιφάνεια των φύλλων** στις μέτριες συγκεντρώσεις όζοντος (30ppb). Η έκθεση στο όζον εξάλειψε τις διαφορές στα μήκη των στομάτων στην πάνω επιφάνεια των φύλλων μεταξύ των ευαίσθητων και των ανθεκτικών ποικιλιών. Ανεξάρτητα από την ευαισθησία στο όζον και τα διάφορα επίπεδα του όζοντος, τα μικρότερα μήκη στομάτων βρέθηκαν στη κάτω επιφάνεια των φύλλων (Elagoz et al., 2006).

**Ο αριθμός των επιδερμικών κυττάρων δεν επηρεάστηκε σημαντικά από το όζον ( $P > 0,05$ ).**

Το όζον αύξησε τον αριθμό των επιδερμικών κυττάρων κατά 5,27% στην άνω επιφάνεια και μείωσε κατά 14,3% στην κάτω επιφάνεια του φύλλου σε σχέση με τον μάρτυρα. Οι δυο επιφάνειες εμφάνισαν σημαντική διαφορά μεταξύ τους ( $P < 0,001$ ).

Παρόμοια ποτελέσματα αναφέρονται:

Σε πείραμα που έγινε σε ανοιχτούς θαλάμους όζοντος με φυτά πατάτας της ποικιλίας Bintje με τρία επίπεδα  $CO_2$  ( $CO_2$  του περιβάλλοντος, ο εποχιακός μέσος όρος 24 ωρών ανά μέρα, με συγκέντρωση  $550 \mu\text{mol mol}^{-1}$  και  $680 \mu\text{mol mol}^{-1}$ ) και δύο επίπεδα όζοντος (περιβάλλοντος και μια εποχιακή μέση συγκέντρωση 8 ωρών ανά ημέρα,  $50 \text{ppmol mol}^{-1}$ ). Τα αποτελέσματα έδειξαν διαστολή των επιδερμικών κυττάρων και αύξηση του μεγέθους τους που είχε ως αποτέλεσμα να **μειωθεί η πυκνότητα των επιδερμικών κυττάρων** (Lawson, T. et al, 2002).

**Το βάρος 1000 σπυριών δεν επηρεάστηκε σημαντικά από το όζον ( $P > 0,05$ ).**

Είχαμε μείωση του βάρους των σπυριών στο όζον κατά 14,76% σε σχέση με αυτά του μάρτυρα.

Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται:

Για 3 συνεχή χρόνια, φυτά κριθαριού και μπιζελιού αναπτύχθηκαν σε γλάστρες σε ανοιχτούς θαλάμους όζοντος από το πρώιμο βλαστικό στάδιο μέχρι και την ωρίμανση, σε διαφορετικά επίπεδα  $O_3$  για 8 ώρες ανά ημέρα. Το 1987, η αύξηση και η απόδοση όλων των φυτών κριθαριού ήταν χαμηλή σε σύγκριση με τα επόμενα έτη, **το βάρος σπυριών σιταριού καθώς και ο αριθμός ταξικαρπιών/φυτό επηρεάστηκε σημαντικά ( $P < 0,05$ ) από την χαμηλότερη συγκέντρωση του όζοντος ( $18 \mu\text{g/m}^3$ )**. Τα υψηλά επίπεδα όζοντος **μείωσαν** επίσης το βάρος 1000 σπυριών σιταριού. Με εξαίρεση το βάρος 1000 σπυριών σιταριού, που **μειώθηκε** κατά 13% στο πιο υψηλό επίπεδο όζοντος το 1989 ( $78 \mu\text{g/m}^3$ ). Το μπιζέλι φάνηκε να είναι πιο ευαίσθητο στο  $O_3$  από το κριθάρι. Το 1987 **το βάρος 1000 σπυριών μειώθηκε** σε  $18 \mu\text{g/m}^3$ . Με βάση μια ανάλυση regression των στοιχείων της απόδοσης του μπιζελιού (βάρος σπυριών) και από τα 3 έτη, οι απώλειες υπολογίστηκαν σε 9,4% και 16% σε συγκεντρώσεις όζοντος 60 και  $100 \mu\text{g/m}^3$  αντίστοιχα (Adaros, G. et al, 1991).

Σε πείραμα με ανοιχτούς θαλάμους όζοντος που πραγματοποιήθηκε από το 1989-92 στο USDA - BARC μελετήθηκε η ανάπτυξη φυτών σόγιας, σιταριού και καλαμποκιού κάτω από αυξημένες συγκεντρώσεις όζοντος. Υπήρξε **σημαντική μείωση στο βάρος 1000 σπόρων** στα φυτά σόγιας και σιταριού από την επίδραση του όζοντος (Mulchi, C. et al, 1995).

Σιτάρι των ποικιλιών Echo (το 1987) και Pelican (1988) αναπτύχθηκαν σε ανοιχτούς θαλάμους όζοντος στην περιοχή Tervuren, 12 χλμ ανατολικά των Βρυξελλών, και εκτέθηκαν καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους σε φιλτραρισμένο από άνθρακα αέρα και σε μη-φιλτραρισμένο αέρα. Υψηλά επίπεδα όζοντος καταγράφηκαν στα μέσα απριλίου και στα δύο έτη. Ορατά συμπτώματα από την επίδραση του όζοντος παρουσιάστηκαν και στις δυο μεταχειρίσεις. Το 1987 παρουσιάστηκε μια **μείωση στο βάρος 1000 σπόρων** του σιταριού εξαιτίας της επίδρασης του όζοντος (Temmerman, L.de. et al, 1992).

Μελετήθηκε η επίδραση της έκθεσης σε όζον 100 nl λίτρο<sup>-1</sup> για 6 ώρες στην ανθοφορία του μπιζελιού (*Brassica napus*) των ποικιλιών Librano και Tapidor.

**Σημαντική μείωση στο βάρος 1000 σπόρων** από την επίδραση του όζοντος παρατηρήθηκε στην ποικιλία Librano (Bosac, C. et al, 1998).

Αντίθετα αποτελέσματα αναφέρονται:

Μια έκθεση για 12 ώρες σε 0,20 ppm όζοντος αποδείχθηκε φυτοτοξική για φυτά σόγιας της ποικιλίας Cutler 71 τα οποία αναπτύχθηκαν σε θερμοκήπιο σε κάθε στάδιο της ανάπτυξης των φυτών που εξετάστηκε (V5 μέχρι και R6). Ορατά συμπτώματα από την επίδραση του όζοντος εμφανίστηκαν μέσα σε 40 ώρες στα μη φυλλοειδή φύλλα, στα μέσης ηλικίας και στα παλαιότερα τριφυλλοειδή, ενώ τα νεαρά φύλλα δεν παρουσίασαν κανένα συμπτώματα στο όζον. Φυτά που αναπτύχθηκαν με πρόσθετη ποσότητα νιτρικού λιπάσματος ήταν πιο ευαίσθητα στο όζον από εκείνα που είχαν σταθερά επίπεδα N. Όταν το φυτό έφτασε στην πλήρη ωριμότητα, δεν **υπήρξε καμιά ένδειξη επίδρασης του ξηρού βάρους του σπόρου** από την επίδραση του όζοντος. Τα φυτά που δέχθηκαν πρόσθετη ποσότητα N παρουσίασαν μια σημαντική αύξηση στην ανάπτυξη και απόδοση σε σχέση με τα φυτά που είχαν σταθερή ποσότητα N. Επίσης στην πλήρη ωριμότητα, δεν υπήρξε πάλι κανένα στοιχείο που να δείχνει σημαντική επίδραση από τα πολλαπλά επίπεδα όζοντος στην απόδοση σε σπόρο. Τα αποτελέσματα τείνουν να υποστηρίξουν την υπόθεση ότι τα παλαιότερα φύλλα της σόγιας δεν έχουν σημαντική συμβολή στην απόδοση σε σπόρο (Smith, G. et al, 1990).

Μελετήθηκε η επίδραση της έκθεσης σε όζον 100 nl λίτρο<sup>-1</sup> για 6 ώρες στην ανθοφορία του μπιζελιού (*Brassica napus*) των ποικιλιών Librano και Tapidor. **Καμιά σημαντική επίδραση του όζοντος** στο βάρος 1000 σπόρων από την επίδραση του όζοντος δεν παρατηρήθηκε στην ποικιλία Tapidor (Bosac, C. et al, 1998).

Σιτάρι των ποικιλιών Echo (το 1987) και Pelican (1988) αναπτύχθηκαν σε ανοιχτούς θαλάμους όζοντος στην περιοχή Tervuren, 12 χλμ ανατολικά των Βρυξελλών, και εκτέθηκαν καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους σε φιλτραρισμένο από άνθρακα αέρα και σε μη-φιλτραρισμένο αέρα. Υψηλά επίπεδα όζοντος καταγράφηκαν στα μέσα απριλίου και στα δύο έτη. Τα ορατά συμπτώματα από την επίδραση του όζοντος παρουσιάστηκαν και στις δυο μεταχειρίσεις. **Η συνολική απόδοση σε σπόρο δεν επηρεάστηκε από το όζον και στα δυο έτη** (Temmerman, L.de. et al, 1992).

**Αύξηση του βάρους των σπόρων** παρατηρήθηκε στα φυτά από τις γραμμές 'S156' σε σχέση με αυτά από τις 'R123' σε πείραμα με ανοιχτούς θαλάμους όζοντος. Οι διαφορές αυτές ήταν μη σημαντικές όταν η ανάπτυξη τους γινόταν έξω από τους θαλάμους του όζοντος (Elagoz, V. & Manning, W.J. 2005).

Σε πείραμα με ανοιχτούς θαλάμους όζοντος που πραγματοποιήθηκε από το 1989-92 στο USDA - BARC μελετήθηκε η ανάπτυξη φυτών σόγιας, σιταριού και

καλαμποκιού κάτω από αυξημένες συγκεντρώσεις όζοντος. Υπήρξε **σημαντική αύξηση στο βάρος 1000 σπόρων** στα φυτά καλαμποκιού από την επίδραση του όζοντος (Mulchi, C. et al, 1995).

**Καμιά επίδραση στο μέσο βάρος των σπόρων και στο συνολικό βάρος των σπόρων ανά φυτό** στο στάδιο της ωρίμανσης σε φυτά *Brassica campestris* που δέχθηκαν την επίδραση όζοντος  $100\text{nl L}^{-1}$ . Τα αποτελέσματα δεν ήταν έδειξαν καμιά επίδραση κάτι που δείχνει ένα υψηλό βαθμό αντιστάθμισης κατά την αναπαραγωγική περίοδο απέναντι στην επίδραση του όζοντος (Stewart, C.A. et al, 1996).

Ανεπτυγμένα στον αγρό φυτά βρώμης της ποικιλίας Vital εκτέθηκαν σε φιλτραρισμένο από άνθρακα αέρα και σε μη φιλτραρισμένο αέρα από το στάδιο της άνθησης μέχρι και την συγκομιδή σε ανοιχτούς θαλάμους όζοντος σε μια περιοχή της Σουηδίας. Χρησιμοποιήθηκαν αγροτεμάχια σε συνθήκες περιβάλλοντος για να εξεταστεί η επίδραση των θαλάμων, ενώ οι μεταχειρίσεις με τον φιλτραρισμένο από άνθρακα αέρα την επίδραση από την απουσία του ατμοσφαιρικού όζοντος. Δεν παρατηρήθηκε **καμιά επίδραση στο βάρος 1000 σπόρων** στην μεταχείριση με τον φιλτραρισμένο από άνθρακα αέρα. Ο θάλαμος του όζοντος αύξησε σημαντικά το βάρος 1000 σπόρων βρώμης (Pleijel, H. et al, 1994).

**Το υδατικό δυναμικό επηρεάστηκε σημαντικά από το όζον ( $P < 0,01$ )**. Είχαμε μια μείωση 33,13% του υδατικού δυναμικού στο όζον σε σχέση με τον μάρτυρα.

Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται:

Το υδατικό δυναμικό του ξυλώματος και το οσμωτικό δυναμικό των σποροφύτων του κόκκινου ελάτου (*Picea rubens*) κάτω από συνθήκες ξηρασίας και με την επίδραση μόνο του όζοντος **ήταν συνέχεια χαμηλότερο** σε σχέση με το υδατικό δυναμικό των σποροφύτων που δέχθηκαν την επίδραση του όζοντος + όξινης βροχής (Roberts, B.R. & Cannon, W.N. Jr 1992).

Τριών χρόνων σπορόφυτα *Picea sitchensis* εκτέθηκαν μέσα σε μεγάλης κλίμακας θαλάμους όζοντος (ηλιακοί θόλοι, στο πανεπιστήμιο του Λάνκαστερ, Αγγλία) σε 70 ppb  $\text{O}_3$  για ένα ολόκληρο καλοκαίρι, για 7 ώρες ανά ημέρα, κάτω από τις ίδιες περίπου περιβαλλοντικές συνθήκες. Τα σπορόφυτα παρουσίασαν **σημαντικά χαμηλότερο υδατικό δυναμικό** από την επίδραση του όζοντος (Penuelas, J. et al, 1994).

Σε πολύ ψηλά δέντρα σεκόγιας (*Sequoiadendron giganteum*) μελετήθηκε η επίδραση του όζοντος στο επάνω μέρος του δέντρου για 61 μέρες. Τα πόσα του όζοντος ήταν 0.25x, 1x, 2x και 3x φορές αυτά του περιβαλλοντικού όζοντος. Τα δέντρα μελετήθηκαν στο Εθνικό Πάρκο Σεκόγιας στην Καλιφόρνια. Τέσσερις θάλαμοι έκθεσης, ένας για κάθε μεταχείριση εγκαταστάθηκαν στους δευτερεύοντες κλάδους μήκους ενός μέτρου σε καθένα από τα τρία δέντρα σε ύψος 34 μέτρα. Σε όλα τα δέντρα, **το συνολικό υδατικό δυναμικό των βελόνων μειώθηκε** με την αύξηση της ποσότητας του όζοντος (Grulke, N. E. et al, 1996).

Μια ευαίσθητη ποικιλία σιταριού η Nandu (*Triticum aestivum*) και μια ανθεκτική η Extradur (*T. durum*) αναπτύχθηκαν σε ανοιχτούς θαλάμους όζοντος κάτω από δυο επίπεδα όζοντος (περιβάλλοντος και περιβάλλοντος συν 50 ppb) και δύο επιπέδα νερού (καλά-ποτιζόμενα και 40% της απορροφητικής ικανότητας του χώματος) για να ερευνηθεί η αντίδραση των αντιοξειδωτικών συστημάτων άμυνας των ιστών των κορυφαίων φύλλων του σιταριού στον συνδυασμό όζοντος και έλλειψης νερού. Το **υδατικό δυναμικό των φύλλων της ανθεκτικής ποικιλίας ήταν σημαντικά χαμηλότερο** από αυτό της ευαίσθητης ποικιλίας κάτω από τις ίδιες συνθήκες έλλειψης νερού (Herbinger, K. et al, 2002).

Αντίθετα αποτελέσματα αναφέρονται:

Οι βιοφυσικές παράμετροι που ελέγχουν την επιμήκυνση των φύλλων μετρήθηκαν για μοσχεύματα ενός χρόνου από υβρίδιο λεύκας (*Populus nigra* X *P. deltoides* [*P. canadensis*]) τα οποία αναπτύχθηκαν κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες με ή χωρίς την επίδραση του όζοντος. Καθώς τα φύλλα μεγάλωναν σε μήκος και πλάτος το **υδατικό δυναμικό τους παρέμενε σταθερό** (Frost, D.L. et al, 1991).

Νεαρά δέντρα ερυθρελάτη από την Νορβηγία αναπτύχθηκαν σε γλάστρες χωρητικότητας 120 λίτρων κάτω από δύο διαφορετικά επίπεδα όζοντος σε ανοιχτούς θαλάμους (open-top chambers) βόρειο-ανατολικά της περιοχής του Goteborg, στην Νορβηγία, για 3 χρόνια (1992-94). Τα επίπεδα του όζοντος ήταν φιλτραρισμένος αέρας με φίλτρο άνθρακα και μη-φιλτραρισμένος αέρας με την προσθήκη ποσότητας όζοντος η οποία φτάνει 1,5 φορές την συγκέντρωση του περιβάλλοντος. Επιπλέον, τα μισά από τα δέντρα υπόστηκαν μια περίοδο 5-7 εβδομάδων έλλειψης νερού κάθε χρόνο από τον Αύγουστο-Σεπτέμβριο. Ούτε στην διάρκεια της πρώτης μέτριας συνθήκης έλλειψης νερού του 1993, αλλά και ούτε στην πιο βαριά περίοδο ξηρασίας του 1994 δεν παρατηρήθηκε κανένα αρνητικό αποτέλεσμα και **καμιά επίδραση στο υδατικό δυναμικό των πευκοβελόνων** (Karlsson, P.E. et al, 1995)

**Το σχετικό υδατικό περιεχόμενο δεν επηρεάστηκε σημαντικά από το όζον** ( $P > 0,05$ ).

Είχαμε μια μείωση κατά 8,3% στο σχετικό υδατικό περιεχόμενο στο όζον σε σχέση με τον μάρτυρα

Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται:

Φυτά από μια ποικιλία ανοιξιάτικου σιταριού της Ralle εκτέθηκαν σε φιλτραρισμένο από άνθρακα αέρα (απόδοση φιλτραρίσματος 60-80%), σε περιβαλλοντικό αέρα με συγκέντρωση όζοντος κατά μέσο όρο 40 ppb κατά τη διάρκεια της ημέρας και σε εμπλουτισμένο αέρα με 30ppb για 8 ώρες ανά μέρα. Οι μισές γλάστρες κρατήθηκαν επαρκώς ποτισμένες και οι υπόλοιπες 8 σε συνθήκες έλλειψης νερού. Τα προκαταρκτικά αποτελέσματα έδειξαν ότι τα φυτά υπό συνθήκες έλλειψης νερού στο όζον είχαν **χαμηλότερο σχετικό υδατικό δυναμικό** στα φύλλα (59,5%) από τα φυτά στον περιβαλλοντικό αέρα (67,5%) ή το φιλτραρισμένο αέρα (66,8%) (Kristiansen, L.W. 1990).

Τρεις μεσογειακοί θάμνοι, *Phillyrea latifolia* L. (*phillyrea*), *Arbutus unedo* L. (δέντρο φράουλας), και *Laurus nobilis* L. (δάφνη), που διαφέρουν στην μορφολογική και οικολογική αντίδραση τους σε συνθήκες έλλειψης νερού, ήταν εκτεθειμένα για 90 ημέρες σε 0 ppb ή 110ppb όζοντος ( $O_3$ ), για 5 ώρες κάθε ημέρα. **Το σχετικό υδατικό δυναμικό των φύλλων μειώθηκε σημαντικά** από την επίδραση του όζοντος, ειδικά στη δάφνη και την φράουλα, κάτι που υποδεικνύει ότι εμφανίστηκαν συνθήκες έλλειψης υγρασίας (Nali, C. et al, 2004).

### **6.3 Συμπεράσματα.**

Η UV-B ακτινοβολία επηρέασε διάφορες μορφολογικές και φυσιολογικές παραμέτρους του φυτού *sesamum indicum*. Μείωσε το ύψος των φυτών, το περιεχόμενο των φύλλων σε χλωροφύλλη, το ποσοστό της βλαστικότητας των γυρεοκόκκων επί της %. Επίσης προκάλεσε αλλαγές στην μορφολογική δομή των φύλλων. Μείωσε τον αριθμό των μη αδενωδών τριχών, μείωσε τον αριθμό των επιδερμικών κυττάρων, μείωσε το μήκος και το πλάτος των στομάτων όπως επίσης και τον αριθμό των στομάτων. Ακόμα προκλήθηκαν αλλαγές στα άνθη του σουσαμιού και συγκεκριμένα μειώσεις στο μήκος της στεφάνης, των στημόνων και του στύλου των ανθέων και στην βλαστικότητα των γυρεοκόκκων επί της %.

Μειώσεις από την επίδραση της UV-B ακτινοβολίας προκλήθηκαν και σε διάφορες φυσιολογικές παραμέτρους, όπως το υδατικό δυναμικό και το σχετικό υδατικό περιεχόμενο(%) επίσης μείωση προκλήθηκε και στο περιεχόμενο των φύλλων σε χλωροφύλλη (a+b, μονάδες SPAD)και στο ξηρό βάρος των βλαστών και των φύλλων.

Όσον αφορά την επίδραση του όζοντος τα αποτελέσματα έδειξαν μεγαλύτερες μειώσεις σε σχέση με τις μειώσεις από την επίδραση της UV-B ακτινοβολίας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το όζον προκάλεσε σημαντικές αλλαγές στην δομή των φύλλων. Η έκθεση στο όζον μείωσε τον αριθμό των μη αδενωδών τριχών των φύλλων. Αύξησε τον αριθμό των επιδερμικών κυττάρων στην κάτω επιφάνεια και των στομάτων στην πάνω. Το μήκος των στομάτων μειώθηκε , ενώ το πλάτος των στομάτων μειώθηκε στην κάτω επιφάνεια. Το όζον προκάλεσε μείωση του ποσοστού της βλαστικότητας των γυρεοκόκκων. Επίσης το όζον επηρέασε μερικές φυσιολογικές παραμέτρους όπως την φωτοσύνθεση και την χλωροφύλλη και του σχετικού υδατικού περιεχομένου επί της % προκαλώντας μειώσεις σε σχέση με τον μάρτυρα. Επίσης μειώθηκε το τελικό ύψος των φυτών.

## **BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Abraitene A., Kairiukstis L., Pliura A., Girgzdiene R., Abraitis R.** (2002). Variation in germination of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) pollen exposed to ozone. *Baltic-Forestry*. **8**(1): 2-7.
- Adams M.B., Kelly J.M., Taylor G.E. Jr., Edwards N.T.** (1990). Growth of five families of *Pinus taeda* L. during three years of ozone exposure. *New Phytologist*. **116**(4): 689-694.
- and Monitoring Project Report no. 44, Geneva, Chapter 12:1-57pp.
- and quality of two varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Indian Agriculturist*. **46**(3/4): 161-168.
- Ariyaphanphitak W., Chidthaisong A., Sarobol E., Bashkin V.N., Towprayoon S.** (2005). Effects of elevated ozone concentrations on Thai Jasmine rice cultivars (*Oryza sativa* L.). *Water, Air, and Soil Pollution*. **167**(1/4): 179-200 PB.
- Ashmore M.R.**(2005). Assessing the future global impacts of ozone on vegetation. *Plant, Cell and Environment*. **28**: 949-964.
- Barbo D.N., Chappelka A.H., Somers G.L., Miller-Goodman M.S., Stolte K.**(2002). Ozone impacts an loblolly pine (*Pinus taeda* L.) grown in a competitive environment. *Env. Pollution* **116**: 27-36.
- Barnes J.D., Percy K.E., Paul N.D., Jones P., McLaughlin C.K., Mullineaux P.M., Creissen G., Wellburn, A.R.** (1996). The influence of UV-B radiation on the physicochemical nature of tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) leaf surfaces. *Journal of Experimental Botany*. **47**(294): 99-109.
- Barnes P.W., Flint S.D., Caldwell M.M.** (1990). Morphological responses of crop and weed species of different growth forms to ultraviolet-B radiation. *American Journal of Botany*. **77**(10): 1354-1360.
- Barnes P.W., Maggard S., Holman S.R., Vergara B.S.** (1993). Intraspecific variation in sensitivity to UV-B radiation in rice. *Crop Science* **33**: 1041-1046.
- Bartolomeo L., Diara C., Gorini S., Bertram L.**(2003). The use of UV radiation to control architecture of cucurbits transplant. OT: Sull'impiego di trattamenti UV nel controllo della taglia delle cucurbitacee in vivaio. *Italus-Hortus*. **10**(4, Supplemento): 88-90.
- Basiouny F.M.** (2001). Effects of UV-B irradiance duration on postharvest quality and storability
- Bassman J.H.** (2004). Ecosystem consequences of enhanced solar ultraviolet radiation: secondary plant metabolites as mediators of multiple trophic interactions in terrestrial plant communities. *Photochem. Photobiol.* **79**:382-398.
- Bender J., Weigel H.J., Jager H.J.** (1991). Investigations in open-top chambers on the combined effect of harmful Gases (O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>) on plants. *Verhandlungen-Gesellschaft-fur-Okologie*. **19**(3): 321-329.
- Bennett J.P., Jepsen E.A., Roth J.A.** (2006). Field responses of *Prunus serotina* and *Asclepias syriaca* to ozone around southern Lake Michigan. *Environmental-Pollution*. **142**(2): 354-366.

- Bianciotto O.A., Pinedo L.B., San Roman N.A., Blessio A.Y., Collantes M.B.** (2003). The effect of natural UV-B radiation on a perennial *Salicornia* salt-marsh Bahia San Sebastian, Tierra del Fuego, Argentina: a 3-year field study. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. **70**:177–185.
- Bindi M., Hacour A., Vandermeiren K., Craigan J., Ojanpera K., Sellden G., Hogy P., Finnan J., Fibbi L.** (2004). Chlorophyll concentration of potatoes grown under elevated carbon dioxide and/or ozone concentrations. *European Journal of Agronomy*. **17**(4): 319-335.
- Bjerke J.W., Gwynn Jones D., Callaghan T.V.** (2005). Effects of enhanced UV-B radiation in the field on the concentration of phenolics and chlorophyll fluorescence in two boreal and arctic-alpine lichens. *Environ. Exp. Bot.* **53**:139–149.
- Bobbink R.**(1998). Impacts of tropospheric ozone and airborne nitrogenous pollutants on natural and semi-natural ecosystems: a commentary. *New Phytol.* **139**: 161-168.
- Boeger M.R.T., Poulson M.** (2006). Effects of ultraviolet-B radiation on leaf morphology of *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. (Brassicaceae). *Acta Botanica Brasiliica*. **20**(2): 329-338.
- Booker F.L., Fiscus E.L.** (2005). The role of ozone flux and antioxidants in the suppression of ozone injury by elevated CO<sub>2</sub> in soybean. *Journal of Experimental Botany*. **56**(418): 2139-2151.
- Bosac C., Black V.J., Black C.R., Roberts J.A., Lockwood F.**(1993). Impact of O<sub>3</sub> and SO<sub>2</sub> on reproductive development in oilseed rape (*Brassica napus* L.). I. Pollen germination and pollen tube growth. *New Phytologist*. **124**(3): 439-446.
- Brewbaker J.L., Kwack B.H.** (1963). The essential role of the calcium ion in pollen germination and pollen tube growth. *American Journal of Botany*. **50**: 859-865.
- Broadmeadow M.**(1998). Ozone and forest trees. *New Phytol.* **139**: 121-123.
- Butler J.H., Battle M., Bender M.L., Montzka S.A., Clark A.D., Saltzman E.S., Sucher C.M., Severinghaus J.P., Elkins J.W.** (1999). A record of atmospheric halocarbons during the 20th
- Bytnerowicz A., Godzik B., Fraczek W., Grodzinska K., Krywult M., Badea O., Barancok P., Blum O., Cerny M., Godzik S., Mankovska B., Manning W., Moravcik P., Musselman R., Oszlanyi J., Pstelnicu D., Sdzuj J., Varsavova M., Zota M.**(2002). Distribution of ozone and other air pollutants in forests of the Carpathian Mountains in central Europe. *Env. Pollutions*. **116**: 3-25.
- Calatayud V., Cerveró J., José Sanz M.** (2007). Foliar, Physiological and Growth Responses of Four Maple Species Exposed to Ozone. *Water Air Soil Pollution*. **185**:239.254.
- Caldwell M.M., Bjorn L.O., Bornman J.F., Flint S.D., Kulandaivelu G., Teramura A.H., Tevini M.** (1998). Effects of increased solar ultraviolet radiation on terrestrial ecosystems. *Journal of Photochemistry and Photobiology*. **46**: 40-52.
- Calvo E., Martin C., Sanz M. J.** (2007). Ozone Sensitivity Differences in Five Tomato Cultivars:
- Canuto V.M., Levine J.S., Augustsson T.R., Imhoff C.L., Giampapa M.L.** (1983). The young sun and the atmosphere and photochemistry of the early Earth. *Nature*. **305**:281–286.
- Caputo C., Rutitzky M., Ballare' C.L.** (2006). Solar ultraviolet-B radiation alters the attractiveness of *Arabidopsis* plants to diamondback moths (*Plutella xylostella* L.): impacts on oviposition and involvement of the jasmonic acid pathway. *Oecologia* **149**:81–90.
- century from polar firn air. *Nature*. **399**:749–755.

- Chapla J., Kamalakar J.A.** (2004). Metabolic responses of tropical trees to ozone pollution. *Journal of Environmental Biology*. **25**(3): 287-290.
- Chappelka A.H., Samuelson L. J.** (1998). Ambient ozone effects on forest trees of eastern United States: a review. *New Phytol.* **139**: 91-108.
- Charles M.T., Kalantari S., Corcuff R., Arul J.** (2005). Postharvest quality and sensory evaluation of UV-treated tomato fruit. *Acta Horticulturae*. **682**(1): 537-542.
- Chen Lan, Zhang Shou Ren** (2006). Effects of enhanced UV-B radiation on water use efficiency, stomatal conductance, leaf nitrogen content and morphological characteristics of *Spiraea pubescens* in a warm-temperate deciduous broad-leaf forest. *Journal of Plant Ecology*. **30**(1): 47-56.
- Chiang Shih Chao, Ke DinFon, Chang ChunMei, Chen MeiJen.** (2004). Comparison in the bunch development and post-harvest quality of banana as affected by kraft paper cover and polyethylene cover. *Journal of the Chinese Society for Horticultural Science*. **50**(3):245-252.
- Cornell H.V., Hawkins B.A.** (2003). Herbivore responses to plant secondary compounds: a test of phytochemical coevolution theory. *Amer. Nat.* **161**:507-522.
- Costa C.S.B., Armstrong R., Detres Y., Koch E.W., Bertiller M., Beeskow A., Neves L.S., Tourn G.M., Bianciotto O.A., Pinedo L.B., Blessio A.Y., San Roman N.** (2006). Effect of ultraviolet-B radiation on salt marsh vegetation: Trends of the genus *Salicornia* along the Americas. *Photochemistry and Photobiology*. **82**(4):878-886.
- Crisosto C.H., Retzlaff W.A., Williams L.E., DeJong T.M., Zoffoli J.P.** (1993). Postharvest performance evaluation of plum (*Prunus salicina* Lindel., 'Casselmann') fruit grown under three ozone concentrations. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. **118**(4): 497-502.
- Dai Q., Peng S., Chavez A.Q., Vergara B.S.** (1995). Effects of UVB radiation on stomatal density and opening in rice (*Oryza sativa* L.). *Annals of Botany*. **76**(1): 65-70.
- Davison A.W., Barnes J.D.** (1998). Impacts of ozone on wild plants. *New Phytologist* **139**: 135-151.
- Deckmyn G., Baets W., Impens I.** (1999). Sugar level in strawberries: influence of UV radiation. *Fruit Belge*. **67**(482): 173-175.
- Deckmyn G., Impens I.** (1998). Effects of solar UV-B irradiation on vegetative and generative growth of *Bromus catharticus*. *Environmental and Experimental Botany* **40**: 179-185.
- Demchik S.M., Day T.A.** (1996). Effect of enhanced UV-B radiation on pollen quantity, quality, and seed yield in *Brassica rapa* (Brassicaceae). *American Journal of Botany*. **83**(5): 573-579.
- Dentener F., Derwent R., Dlugokencky E., Holland E., Isaksen I., Katima J., Kirchhoff V., Matson P., Midgley P., Wand M.** (2001). Atmospheric chemistry and greenhouse gases. In: Houghton J.T., Ding Y., Griggs D.J., Noguer M., van der Linden P.J., Dai X., Maskell K., Johnson C.A. (Eds.), *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contributions of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge
- Ding Ming, Zou ZhiRong, Huang DanFeng.** (2004). Effect of seed soaking with ozonic water on germination and seedling growth of cucumber. *Plant Physiology Communications*. **40**(6): 686-688.
- Drilias P., Karabourniotis G., Levizou E., Nikolopoulos D., Petropoulou Y., Manetas Y.** (1997). The effects of enhanced UV-B radiation on the Mediterranean



evergreen sclerophyll *Nerium oleander* depend on the extent of summer precipitation. *Australia Journal of Plant Physiology*. **24**(3): 301-306.

**Drogoudi P.D., Ashmore M.R.** (2002). Effects of elevated ozone on yield and carbon allocation in strawberry cultivars differing in developmental stage. *Phyton Horn*. **42**(3): 45-53.

**Drogoudi P.D., Ashmore M.R.** (2002). Screening of three strawberry cultivars for their ozone sensitivity. *Acta Horticulturae*. **579**: 275-280.

**Elagoz V., Han S.S., Manning W.J.** (2006). Acquired changes in stomatal characteristics in response to ozone during plant growth and leaf development of bush beans (*Phaseolus vulgaris* L.) indicate phenotypic plasticity. *Environmental Pollution*. **140**(3): 395-405.

**Elena G., Cristofolini F., Paoletti E., Lazzeri P., Pepponi G.** (2004). Pollen viability for air pollution bio-monitoring. *Journal of Atmospheric Chemistry*. **49**(1-3): 149-159.

**Enteshari S., Kalantari K., Ghorbanli M.** (2006). The effect of epibrassinosteroid and different bands of ultraviolet radiation on the pigments content in *Glycine max* L. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. **9**(2): 231-237.

**Farooq M., Shankar U., Ray R.S., Misra R.B., Agrawal N., Verma K., Hans R.K.** (2005). Morphological and metabolic alterations in duckweed (*Spirodela polyrrhiza*) on long-term low-level chronic UV-B exposure. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. **62**: 408-414.

**Feng H., An L., Tan L., Hou Z., Wang X.** (2002). Cumulative effect of solar ultraviolet-B radiation on pollen germination and tube growth of 19 species in vitro. *Chinese Journal of Applied Ecology*. **13**(7):814-818.

**Feng H., Li S., Lingui X., An L., Wang X.** (2007). The interactive effects of enhanced UV-B radiation and soil drought on spring wheat. *South African Journal of Botany*. **73**:429-434.

**Ferdinand J.A., Fredericksen T.S., Kouterick K.B., Skelly J.M.** (2000). Leaf morphology and ozone sensitivity of two open pollinated genotypes of black cherry (*Prunus serotina*) seedlings. *Environmental Pollution*. **108**(2): 297-302.

**Filella I., Penmfuelas J.** (1999). Altitudinal differences in UV absorbance, UV reflectance and related morphological traits of *Quercus ilex* and *Rhododendron ferrugineum* in the Mediterranean region. *Plant Ecology*. **145**(1):157-165.

**Fowler D., Cape J.N., Coyle M., Flechard C., Kuylenstierna J., Hicks K., Derwent D., Johnson C., Stevenson D.** (1999). The global exposure of forests to air pollutants. *Water, Air and Soil Pollution*. **116**: 5-32.

**Frey B., Scheidegger C., Gunthardt Goerg M.S., Matyssek R.** (1996). The effects of ozone and nutrient supply on stomatal response in birch (*Betula pendula*) leaves as determined by digital image-analysis and X-ray microanalysis. *New Phytologist*. **132**(1): 135-143.

**Ganesan M.** (2002). Comparative evaluation of low cost greenhouse and its effect on the yield

**Gimeno B.S., Bermejo V., Reinert R.A., Zheng Y., Barnes J.D.** (1999). Adverse effects of ambient ozone on watermelon yield and physiology at a rural site in Eastern Spain. *New Phytologist*. **144**(2): 245-260.

**Gitz D.C., Liu Gitz L., Britz S.J., Sullivan J.H.** (2005). Ultraviolet-B effects on stomatal density, water-use efficiency, and stable carbon isotope discrimination in four glasshouse-grown soybean (*Glycine max*) cultivars. *Environmental and Experimental Botany*. **53**(3): 343-355.

- Grammatikopoulos G., Karousou R., Kokkini S., Manetas Y.** (1998). Differential effects of enhanced UV-B radiation on reproductive effort in two chemotypes of *Mentha spicata* under field conditions. *Australian Journal of Plant Physiology*. **25**(3): 345-351.
- Gregoriou K., Pontikis K., Vemmos S.** (2007). Effects of reduced irradiance on leaf morphology, photosynthetic capacity, and fruit yield in olive (*Olea europaea* L.). *Photosynthetica* **45**(2): 172-181.
- Grulke N.E., Neufeld H.S., Davison A.W., Roberts M., Chappelka A.H.** (2007). Stomatal behavior of ozone-sensitive and -insensitive coneflowers (*Rudbeckia laciniata* var. *digitata*) in Great Smoky Mountains National Park. *New Phytologist*. **173**(1): 100-109.
- Gunthardt-Goerg M.S., Matyssek R., Scheidegger C., Keller T.** (1993). Differentiation and structural decline in the leaves and bark of birch (*Betula pendula*) under low ozone concentrations. *Trees Struct Funct*. **7**:104–114
- Hagen S. F., Borge G.I.A., Bengtsson G.B., Bilger W., Berge A., Haffner K., Solhaug K.A.** (2007). Phenolic contents and other health and sensory related properties of apple fruit (*Malus domestica* Borkh., cv. Aroma): Effect of postharvest UV-B irradiation. *Postharvest Biology and Technology*. **45**(1):1-10.
- Haoa X., Haleb B.A., Ormrod D.P., Papadopoulos A.P.** (2000). Effects of pre-exposure to ultraviolet-B radiation on responses of tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. New Yorker) to ozone in ambient and elevated carbon dioxide. *Environmental Pollution* **110**: 217-224.
- Hassan I.A.** (2004). Interactive effects of salinity and ozone pollution on photosynthesis, stomatal conductance, growth, and assimilate partitioning of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Photosynthetica*. **42**(1): 111-116.
- Hassan I.A., Bender J., Weigel H.J.** (1999). Effects of ozone and drought stress on growth, yield and physiology of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Baladey). *Gartenbauwissenschaft*. **64**(4): 152-157.
- He Jun Min, Bai Xiao Ling, Wang Rui Bin, Cao Bing, She Xiao Ping.** (2007). The involvement of nitric oxide in ultraviolet-B-inhibited pollen germination and tube growth of *Paulownia tomentosa* in vitro. *Physiologia Plantarum* **131**: 273–282.
- Health R. L., Taylor G. E.** (1997). Physiological processes and plant responses to ozone exposure. In: Sandermann, H., A. R. Wellburn and R. L. Health, eds. *Forest Decline and Ozone. Ecological studies*. **127** Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 317-368.
- Heath R.L.** (1994). Possible mechanisms for the inhibition of photosynthesis by ozone. *Photosynth Res*. **39**:439–451.
- Heck W.W., Miller J.E.** (1994). Air pollution: plant growth and productivity. In: Arntsen CJ (ed) *Encyclopedia of Agricultural Science*, Vol. 1. Academic Press, San Diego, CA, pp 27–39 ISBN:0-122
- Heck W.W., Taylor O.C., Tingley D.T. (eds).** (1988). *Assessment of Crop Loss from Air Pollutants*. Elsevier Applied Science, London, New York, NY, ISBN 1-85166-244-8.
- Hidema J., Kang HyeSook, Kumagai T.** (1996). Differences in the sensitivity to UVB radiation of two cultivars of rice (*Oryza sativa* L.). *Plant and Cell Physiology*. **37**(6): 742-747.
- Hofmann D.J., Pyle J.A.** (1999). Predicting future ozone changes and detection of recovery. In: WMO/UNEP Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1998. *Global Ozone Research*

**Hofmann R.W., Campbell B.D., Fountain D.W., Jordan B.R., Greer D.H., Hunt D.Y., Hunt C.L.** (2001). Multivariate analysis of intraspecific responses to UV-B radiation in white clover (*Trifolium repens* L.). *Plant, Cell and Environment*. **24**(9): 917-927.

**Hormaza J.I., Pinney K., Polito V.S.** (1996). Correlation in the tolerance to ozone between sporophytes and male gametophytes of several fruit and nut tree species (Rosaceae). *Sexual Plant Reproduction*. **9**(1): 44-48.

**Houghton J.T., Ding Y., Griggs D.J., Noguer M., van der Linden P.J., Xiaosu D. (Eds.)** (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third*

*Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Cambridge University Press, Cambridge, 944pp.

**Juozaityte R., Ramackeviciene A., Sliesaravicius A., Brazaityte A., Duchovskis P., Burbulis N.** (2007). Growth and physiological features of pea (*Pisum sativum* L.) of different morphotypes under ozone exposure. *BIOLOGIJA*. **53**(3): 71-74.

**Kakani V.G., Reddy K. R., Zhao D., Mohammed A. R.** (2003). Effects of Ultraviolet-B Radiation on Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Morphology and Anatomy. *Annals of Botany* **91**: 817-826.

**Kataoka I., Beppu K., Sugiyama A., Taira S.** (1996). Enhancement of coloration of Satohnishiki sweet cherry fruit by postharvest irradiation with ultraviolet rays. *Environment Control in Biology*. **34**(4): 313-319.

**Keiller D.R., Holmes M.G.** (2001). Effects of long-term exposure to elevated UV-B radiation on the photosynthetic performance of five broad-leaved tree species. *Photosynthesis Research*. **67**(3): 229-240.

**Keller M., Torres Martinez N.** (2004). Does UV radiation affect winegrape composition? *Acta Horticulturae*. **640**: 313-319.

**Keutgen A. J., Pawelzik E.** (2008). Influence of pre-harvest ozone exposure on quality of

strawberry growth, photosynthesis, carbohydrate and nitrogen accumulation by ozone. *Environmental and Experimental Botany*. **53**(3): 271-280.

**Keutgen N., Chen K., Lenz F.** (1999). Stomatal responses of strawberry leaves to moderate ozone. *Gartenbauwissenschaft*. **64**(2): 70-74.

**Kim Ju Hyoung, Paek KeeYoeup, Kim TaeJoung, Kim SiDong, Lee CheolHee, Yun Tae** (2005). Effect of ozone water on cut flower quality by solution culture *Dendranthema grandiflorum* 'Baegkwang'. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*. **23**(3): 301-305.

**Kleier C., Farnsworth B., Winner W.** (1998). Biomass, reproductive output, and physiological responses of rapid-cycling Brassica (*Brassica rapa*) to ozone and modified root temperature. *New Phytologist*. **139**(4): 657-664.

**Koide R.T., Robichaux R.H., Morse S.R., Smith C.M.** (1991). Plant water status, hydraulic resistance and capacitance. p. 161-183 In: R.W. Pearcy, I.R. Ehleringer, H.A. Mooney and R.W. Rundel (eds) *Plant Physiological Ecology: Field methods and instrumentation*. Charman and Hall.

**Kostina E., Wulff A., Julkunen-Tiitto R.** (2001). Growth, structure, stomatal responses and secondary metabolites of birch seedlings (*Betula pendula*) under elevated UV-B radiation in the field. *Trees - Structure and Function*. **15**(8): 483-491.

**Koti S., Reddy K.R., Kakani V.G., Zhao D., Reddy R.** (2004). Soybean (*Glycine max*) Pollen Germination Characteristics, Flower and Pollen Morphology in Response to Enhanced Ultraviolet-B Radiation. *Annals of Botany* **94**: 855-864.

- Kristiansen L.W.** (1990). Interactions between effects of ozone and soil water deficit on open-top chamber grown spring wheat. Monograph British Society for Plant Growth Regulation. **21**: 396-398.
- Krupa S.V.** (1996). The role of atmospheric chemistry in the assessment of crop growth and productivity. In: Yumus M, Iqbal M (eds). Plant response to air pollution, Wiley, London, pp 35–74.
- Ku J.H., Won D.C., Kim T.I.** (1989). Studies of the relative susceptibility of seven tomato cultivars to ozone. Abstracts of Communicated Papers [Horticulture Abstracts], Korean Society for Horticultural Science. **7(1)**: 44-45.
- Kursar T.A., Coley P.D.** (2003). Convergence in defense syndromes of young leaves in tropical rainforests. *Biochem. Syst. Ecol.* **31**:929–949.
- Lawson T., Craigon J., Black C.R., Colls J.J., Landon G., Weyers J.D.B.** (2002). Impact of elevated CO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> on gas exchange parameters and epidermal characteristics in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Experimental Botany*. **53(369)**: 737-746.
- Li F., Chen Y., Wang X., Yue M.** (2006). Combined effects of enhanced UV-B radiation and doubled CO<sub>2</sub> on tomato growth and its fruit quality. *Chinese Journal of Applied Ecology*. **17(1)**:71-74.
- Li FangMin, Wang Jun, Chen YuPing, Zou ZhiRong, Wang XunLing, Yue Ming.** (2006). The combined effects of enhanced UV-B radiation and CO<sub>2</sub> concentration on the growth, fruit quality and yield of tomato in a winter plastic greenhouse. *Journal of Wuhan Botanical Research*. **24(1)**: 49-53.
- Liakoura V., Stefanou M., Manetas Y., Cholevas C., Karabourniotis G.** (1997). Trichome density and its UV-B protective potential are affected by shading and leaf position on the canopy. *Environmental and Experimental Botany*. **38(3)**: 223-229.
- Lu Y., Duan B., Li C.** (2007). Physiological responses to drought and enhanced UV-B radiation in two contrasting *Picea asperata* populations. *Canadian Journal of Forest Research*. **37(7)**:1253-1262.
- Madhoolika A., Agrawal S.B., Krizek D.T., Kramer G.F., Lee E.H., Mirecki R.M., Rowland R.A.** (1991). Physiological and morphological responses of snapbean plants to ozone stress as influenced by pretreatment with UV-B radiation. Impact of global climatic changes on photosynthesis and plant productivity Proceedings of the Indo US Workshop held on 8 12 January 1991 at New Delhi, India. 133-146.
- Madhu R. and Madhoolika A.** (2005). Biomonitoring of air pollution in a seasonally dry tropical suburban area using wheat transplants. *Environmental Monitoring and Assessment*. **101(1/3)**: 39-53.
- Madhu R., Madhoolika A.** (2004). Physiological and yield responses of pea plants to ambient air pollution. *Indian Journal of Plant Physiology*. **9(1)**: 9-14.
- Mahdavian K., Ghorbanli M., Kalantari Kh.M.** (2008). The effects of ultraviolet radiation on the contents of chlorophyll, flavonoid, anthocyanin and proline in *Capsicum annuum* L. *Turkish Journal of Botany*. **32(1)**:25-33.
- Matyssek R., Gunthardt Goerg M.S., Keller T., Scheidegger C.** (1991). Impairment of gas exchange and structure in birch leaves (*Betula pendula*) caused by low ozone concentrations. *Trees: Structure and Function*. **5(1)**: 5-13.
- Matyssek R., Keller T., Koike T.** (1993). Branch growth and leaf gas exchange of *Populus tremula* exposed to low ozone concentrations throughout two growing seasons. *Environmental Pollution*. **79(1)**: 1-7.
- Meijkamp B.B., Doodeman G., Rozema J.** (2001). The response of *Vicia faba* to enhanced UV-B radiation under low and near ambient PAR levels. *Advances in Vegetation Science*. **18**: 137-146.

- Mersie W., Mebrahtu T., Rangappa M.** (1990). Response of corn to combinations of atrazine, propyl gallate and ozone. *Environmental-and-Experimental-Botany*. **30**(4): 443-449.
- Messner B., Berndt J.** (1990). Ascorbic acid and chlorophyll content in cell cultures of spruce (*Picea abies*): changes by cell culture conditions and air pollutants. *Zeitschrift fur Naturforschung Section C, Biosciences*. **45**(6): 614-620.
- Minnocci A., Panicucci A., Sebastiani L., Lorenzini G., Vitagliano C.** (1999). Physiological and morphological responses of olive plants to ozone exposure during a growing season. *Tree Physiology*. **19**(6): 391-397.
- Moraes R.M., Furlan C.M., Bulbovas P., Domingos M., Meirelles S.T., Salatino A., Delitti W.B.C., Sanz M.J.** (2004). Photosynthetic responses of tropical trees to short-term exposure to ozone. *Photosynthetica*. **42**(2): 291-293.
- Mortensen L.M.** (1992). Effects of ozone concentration on growth of tomato at various light, air humidity and carbon dioxide levels. *Scientia Horticulturae*. **49**(1-2): 17-24.
- Musil C.F.** (1996). Accumulated effect of elevated ultraviolet-b radiation over multiple generations of the arid environment annual *Dimorphotheca sinuata* DC. (Asteraceae). *Plant, Cell and Environment*. **19**(9):1017-1027.
- Nagar B.L., Dashora L.K., Yadava L.P.** (2002). Effects of ultraviolet radiation, cytokinin and vapor gard on the shelf life of Kagzi lime (*Citrus aurantiifolia* Swingle). *Journal of Applied Horticulture Lucknow*. **4**(1): 21-24.
- Nali C., Paoletti E., Marabottini R., Rocca G. della, Lorenzini G., Paolacci A.R., Ciaffi M., Badiani M.** (2004). Ecophysiological and biochemical strategies of response to ozone in Mediterranean evergreen broadleaf species. *Atmospheric Environment*. **38**(15): 2247-2257.
- Nali C., Pucciariello C., Lorenzini G.** (2002). Ozone distribution in central Italy and its effects on crop productivity . *Agriculture, Ecosystem & Environment*. **90**: 277-289. of hand-picked rabbiteye blueberry. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*. **113**: 266-268.
- Oudat M.Al., Baydoun S.A., Mohammad A.** (1998). Effects of enhanced UV-B on growth and yield of two Syrian crops wheat (*Triticum durum* var. *Horani* ) and broad beans (*Vicia faba*) under field conditions. *Environmental and Experimental Botany* **40**: 11-16.
- Paakkonen E., Paasisalo S., Holopainen T., Karenlampi L.** (1993). Growth and stomatal responses of birch (*Betula pendula* Roth.) clones to ozone in open-air and chamber fumigations. *New Phytologist*. **125**(3): 615-623.
- Paoletti E., Grulke N.E.** (2005). Does living in elevated CO<sub>2</sub> ameliorate tree response to ozone? A review on stomatal responses. *Environmental Pollution*. **137**(3): 483-493.
- Pell E.J., Sinn J.P., Eckardt N., Vinten-Johansen C., Winner W.E., Mooney H.A.** (1993). Response of radish to multiple stresses II. Influence of season and genotype on plant response to ozone and soil moisture deficit. *New Phytol*. **115**:439-446
- Petropoulou Y., Kyparissis A., Nikolopoulos D., Manetas Y.** (1995). Enhanced UV-B radiation alleviates the adverse effects of summer drought in two Mediterranean pines under field conditions. *Physiologia Plantarum*. **94**(1): 37-44.
- Pleijel H., Eriksen A.B., Danielsson H., Bondesson N., Sellden G.** (2006). Differential ozone sensitivity in an old and a modern Swedish wheat cultivar - grain yield and quality, leaf chlorophyll and stomatal conductance. *Environmental-and-Experimental-Botany*. **56**(1): 63-71.

- Prinn R.R., Weiss R.F., Fraser P.J., Simmonds P.G., Cunnold D.M., Alyea F.N., Doherty S.O., Salameh P., Miller B.R., Huang J., Wang R.H.J., Hartley D.E., Harth C., Steele L.P., Sturrock G., Midgley P.M., McCulloch A.** (2000). A history of chemically and radioactively important gases in air deduced from ALE/GAGE/AGAGE. *J. Geophys. Res.* **105**:17751–17792.
- Prozherina N., Freiwald V., Rousi M., Oksanen E.** (2003). Interactive effect of springtime frost and elevated ozone on early growth, foliar injuries and leaf structure of birch (*Betula pendula*). *New Phytologist*. **159**(3): 623-636.
- Pye J. M.**(1988). Impact of ozone on the growth and yield of trees: a review. *J. Env. Quality* **17**: 347-360
- Qaderi M.M., Reid D.M., Yeung E.C.** (2007). Morphological and physiological responses of canola (*Brassica napus*) siliquas and seeds to UVB and CO<sub>2</sub> under controlled environment conditions. *Environmental and Experimental Botany*. **60**(3):428-437.
- Radford P.G.**(1967). Growth analysis formulae-their use and abuse. *Crop Sci.* **7**:171-175.
- Reddy K.R., Kakani V.G., Zhao D., Mohammed A.R., Gao W.** (2003). Cotton responses to ultraviolet-B radiation: experimentation and algorithm development. *Agricultural and Forest Meteorology*. **120**(1/4): 249-265.
- Reiling K., Davison A.W.** (1995). Effects of ozone on stomatal conductance and photosynthesis in populations of *Plantago major* L. *New Phytol.* **129**:587–594.
- Rousseaux M.C., Julkunen Tiihto R., Searles P.S., Scopel A.L., Aphalo P.J., Ballare C.L.** (2004). Solar UV-B radiation affects leaf quality and insect herbivory in the southern beech tree *Nothofagus antarctica*. *Oecologia* **138**(4): 505-512.
- Rozema J., Tosserams M., Niessen H.J.M., Van H.L., Broekman R.A., Flierman N.** (1997). Stratospheric ozone reduction and ecosystem processes: enhanced UV-B radiation affects chemical quality and decomposition of leaves of a dune grassland species *Calamagrostis epigeios*. *Plant Ecology*. **128**: 284-294.
- Ruhland C.T., Xiong F.S., Clark W.D., Day T.A.** (2005). The influence of ultraviolet-B radiation on growth, hydroxycinnamic acids and flavonoids of *Deschampsia antarctica* during springtime ozone depletion in Antarctica. *Photochemistry-and-Photobiology*. **81**(5): 1086-1093.
- Saile-Mark M., Tevini M.** (1997). Effects of solar UV-B radiation on growth, flowering and yield of Central and Southern European bush bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant Ecology*. **128**(1-2): 114-125.
- Santos A., Almeida J.M., Santos I., Salema R.** (1998). Biochemical and Ultrastructural Changes in Pollen of *Zea mays* L. Grown Under Enhanced UV-B Radiation. *Annals of Botany* **82**: 641-645.
- Sanz M.J., Milla'n M.M.** (2000). Ozone in the Mediterranean region: Evidence of injury to vegetation. In: Innes JL, Oleskyn J (eds). *Forest dynamics in heavily polluted regions*. CAB International, London, pp 165–192.
- Schmidt A.M., Ormrod D.P., Livingston N.J., Santosh Misra** (2000). The interaction of ultraviolet-B radiation and water deficit in two *Arabidopsis thaliana* genotypes. *Annals of Botany*. **85**(4): 571-575.
- Schoene K., Franz J.T., Masuch G.** (2004). The effect of ozone on pollen development in *Lolium perenne* L. *Environmental Pollution*. **131**: 347-354.
- Scholander P.F., Hammel H.T., Bradstreet E.D., Hemmingsen E.A.**(1965). Sap pressure in vascular plant. *Science* **148**: 339-346.

- Sedej, T.T.** (2005). The effect of enhanced UV-B radiation on Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and consequences for the mountain forest. *Zbornik Gozdarstva in Lesarstva*. **78**: 5-27.
- Semerdjieva S.I., Phoenix G.K., Hares D., Gwynn J.D., Callaghan T.V., Sheffield E.** (2003). Surface morphology, leaf and cuticle thickness of four dwarf shrubs from a sub-Arctic heath following long-term exposure to enhanced levels of UV-B. *Physiologia Plantarum*. **117**(2): 289-294.
- Seresinhe P.S.J.W.** (1998). Influence of ozone on the growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Rodeo). *Tropical Agricultural Research and Extension*. **1**(2): 87-93.
- Seufert G., Bartzis J., Bomboi T., Ciccioli P., Cieslik S., Dlugi R., Foster P., Hewitt C.N., Kesselmeier J., Kotzias D., Lenz R., Manes F., Perez Pastor R., Steinbrecher R., Torres L., Valentini R., Versino B.** (1997). An overview of the Castelporziano experiments. BEMA – A European Commission project on Biogenic Emission in the Mediterranean area. *Atmospheric Environment* **31**(S1): 5–17.
- Shindell D.T., Rind D., Lonergan P.** (1998). Increased stratospheric ozone losses and delayed eventual recovery owing to increasing greenhouse-gas concentrations. *Nature*. **392**: 589-592.
- Shrestha A., Grantz D.A.** (2005). Ozone impacts on competition between tomato and yellow nutsedge: above-and below-ground effects. *Crop Science*. **45**(4): 1587-1595.
- Skarby L., Ro-Poulson H., Wellburn F.A.M., Sheppard L.J.** (1998). Impacts of ozone on forests: a European prospective. *New Phytol.* **139**: 109-122.
- Slavik B.** (1974). Methods of studying plant water relation. *Ecological studies* 9. Academia Publishing House of the Czechoslovak. Academic of Sciences Prague. N. York.
- Smith W.H.** (1990). Air pollution and forests: interactions between air contaminants and forest ecosystems, 2<sup>nd</sup> edition. New York, USA: Springer-Verlag.
- Snyder R.G., Simon J.E., Reinert. R.A., Simini M., Heck W.W.** (1988). Effects of air quality on foliar injury, growth, yield, and quality of muskmelon. *Environmental-Pollution*. **53**(1-4): 187-196.
- Soja G., Reichenauer T.G., Eid M., Soja A.M., Schaber R., Gangl H.** (2004). Long-term ozone exposure and ozone uptake of grapevines in open-top chambers. *Atmospheric Environment*. **38**(15): 2313-2321.
- Song Jianjun, Nada Kazuyoshi, Tachibana Shoji** (2001). The early increase of S-adenosylmethionine decarboxylase activity is essential for the normal germination and tube growth in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) pollen. *Plant Science*. **161**: 507–515.
- Stephanou M., Petropoulou Y., Georgiou O., Manetas Y.** (2000). Enhanced UV-B radiation, flower attributes and pollinator behaviour in *Cistus creticus*: a Mediterranean field study. *Plant Ecology*. **147**(2): 165-171.
- strawberry fruit under simulated retail conditions. *Postharvest Biology and Technology*. **49**:10–18.
- Strid A, Chow W.S. Anderson J.M.** (1990). Effects of supplementary ultraviolet-B radiation on photosynthesis in *Pisum sativum*. *Biochimica et Biophysica Acta*. **1020**:260-268.
- Substances that Deplete the Ozone Layer. UNEP, Nairobi (released 23 August 2002).
- Sutinen S., Wallin G., Skarby L., Sellden G.** (1989). Effects of long term exposure of ozone on ultrastructure and net photosynthesis of Norway spruce. *Meddelelser fra Norsk Institutt for Skogforskning*. **42**: 67-72.

- Taalas P., Kaurola J., Kylling A., Shindell D., Sausen R., Dameris M., Grewe V., Herman J., Damski J., Steil B.** (2000). The impact of greenhouse gases and halogenated species on future solar UV radiation doses. *Geophys. Res. Lett.* **27**:1127–1130.
- Taira S., Kato E., Watanabe S.** (1995). Effects of on-tree and postharvest UV irradiation on coloration in sweet cherry fruit. *Journal of the Yamagata Agriculture and Forestry Society.* **52**:39-44.
- Tandon K., Worobo R.W., Churey J.J., Padilla Zakour O.I.** (2003). Storage quality of pasteurized and UV treated apple cider. *Journal of Food Processing and Preservation.* **27**(1): 21-35.
- Tenga A.Z., Marie B.A., Ormrod D.P.** (1990). Recovery of tomato plants from ozone injury. *HortScience.* **25**(10): 1230-1232.
- Tingey D.T., Taylor G.E.** (1982). Variation in plant response to ozone: A conceptual model of physiological events. In: Unsworth MH, Ormrod DP (eds) *Effects of Gaseous Air Pollution in Agriculture and Horticulture.* Butterworth Scientific, London, pp 113–138.
- Torabinejad J., Caldwell M.M., Flint S.D., Durham S.** (1998). Susceptibility of pollen to UV-B radiation: An assay of 34 taxa. *American Journal of Botany.* **85**(3):360-369.
- Torre G. della, Borgogni A.** (2001). Alterations in the percentage composition of fatty acids in lipids of bean leaves (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Pinto 111). *Annali della Facolta di Agraria, Universita degli Studi di Perugia.* **53**: 39-51.
- Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS)** (2002). Atmosphere Chemistry and Dynamics Branch (Online). Available at [http://toms.gsfc.nasa.gov/ery\\_uv/euv.html](http://toms.gsfc.nasa.gov/ery_uv/euv.html) (verified 5 May 2003).
- Turner N.C.**(1981). Techniques and experimental approaches for measurement of plant water status. *Plant and Soil* **58**: 339-366.
- UNEP** (2002). Executive Summary. Final of UNEP/WMO Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2002. Prepared by the Scientific Assessment Panel of the Montreal Protocol on University Press, New York, 881 pp.
- US EPA** (1996). Air quality criteria for ozone and other photochemical oxidants. National Center for Environmental Assessment, Research Triangle Park, NC.
- Vingarzan R.**(2004). A review of surface O<sub>3</sub> background levels and trends. *Atmospheric Environment.* **38**:3431-3442.
- Visible Injury and Effects on Biomass and Fruits. *Water Air Soil Pollution.* **186**:167.181.
- Visser A.J., Tosserams M., Groen M.W., Kalis G., Kwant R., Magendans G.W.H., Rozema J.** (1997). The combined effects of CO<sub>2</sub> concentration and enhanced UV-B radiation on faba bean. 3. Leaf optical properties, pigments, stomatal index and epidermal cell density. *Plant Ecology.* **128**(1/2): 208-222.
- Wang Ying, Zhang Na, Qiang Weiya, Xiong Zhiyuan, Du Guozhen** (2006). Effects of reduced, ambient, and enhanced UV-B radiation on pollen germination and pollen tube growth of six alpine meadow annual species. *Environmental and Experimental Botany.* **57**:296–302.
- Weatherhead E.C., Reinsel G.C., Tiao G.C., Jackman C.H., Bishop L., Hollandsworth Frith S.M., DeLuisi J., Keller T., Ottmans S.J., Fleming E.L., Wuebbles D.J., Kerr J.B., Miller A.J., Herman J., McPeters R., Nagatani R.M., Frederick J.E.** (2000). Detecting the recovery of total column ozone. *J. Geophys. Res.* **105**: 22.



- Welfare K., Yeo A.R., Flowers T.J.** (2002). Effects of salinity and ozone, individually and in combination, on the growth and ion contents of two chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties. *Environmental Pollution*. **120**(2): 397-403.
- Weng J.H., Hsu F.H.** (2001). Gas exchange and epidermal characteristics of *Miscanthus* populations in Taiwan varying with habitats and nitrogen application. *Photosynthetica*. **39**(1): 35-41.
- Winner W.E.** (1994). Mechanistic analysis of plant responses to air pollution. *Ecol Appl* **4**:651–661.
- Woo S.Y., Hinckley T.M.** (2005). The effects of ozone on growth and stomatal response in the F2 generation of hybrid poplar (*Populus trichocarpa* x *Populus deltoides*). *Biologia Plantarum*. **49**(3): 395-404.
- Wu Y.H., Gu Y.H., Liu P., Tuba Z.** (2007). Effects of enhanced UV-B radiation on the growth of five bryophytes in Chanbai Mountains. *Chinese Journal of Applied Ecology*. **18**(9): 2139-2143.
- Yang Hui, Zhao ZhiGuang, Qiang WeiYa, An LiZhe, Xu ShiJian, Wang XunLing.** (2004). Effects of enhanced UV-B radiation on the hormonal content of vegetative and reproductive tissues of two tomato cultivars and their relationships with reproductive characteristics. *Plant-Growth-Regulation*. **43**(3): 251-258.
- Yanqun Zu, Yuan Li, Haiyan Chen, Jianjun Chen** (2003). Intraspecific differences in physiological response of 20 soybean cultivars to enhanced ultraviolet-B radiation under field conditions. *Environmental and Experimental Botany*. **50**:87-97.
- Yao X., Liu Q.** (2007). Responses in growth, physiology and nitrogen nutrition of dragon spruce (*Picea asperata*) seedlings of different ages to enhanced ultraviolet-B. *Acta Physiologiae Plantarum*. **29**(3): 217-224.
- Yiannopoulos D., Manetas Y., Psaras G.K.** (2001). The influence of enhanced UV-B radiation on the surface micromorphology of the winter annual *Malcolmia maritima* (L.) R.Br. (Brassicaceae). *Flora Jena*. **196**(5): 390-394.
- Yuan Li, Yanqun Zu, Jianjun Chen, Haiyan Chen, Jilong Yang, Zhide Hu** (2000). Intraspecific differences in physiological response of 20 wheat cultivars to enhanced ultraviolet-B radiation under field conditions. *Environmental and Experimental Botany*. **44**: 95–103.
- Zaller J.G., Searles P.S., Caldwell M.M., Flint S.D., Scopel A.L., Sala O.E.** (2004). Growth responses to ultraviolet-B radiation of two *Carex* species dominating an Argentinian fen ecosystem. *Basic-and-Applied-Ecology*. **5**(2): 153-162.
- Zhan C., Xiaoke W., Zhaozhong F., Feixiang Z., Xiaonan D., Wenrui Y.** (2008). Effects of elevated ozone on growth and yield of field-grown rice in Yangtze River Delta, China. *Journal of Environmental Sciences*. **20**:320–325.
- Zheng Qi Wei, Wang Xiao Ke, Feng Zhao Zhong, Song Wen Zhi, Feng Zong Wei** (2005). Ozone effects on chlorophyll content and lipid peroxidation in the in situ leaves of winter wheat. *Acta Botanica Boreali Occidentalia Sinica*. **25**(11): 2240-2244.
- Zheng Y., Shimizu H., Barnes J.D.** (2002). Limitations to CO<sub>2</sub> assimilation in ozone-exposed leaves of *Plantago major*. *New Phytol*. **155**:67–78
- Zheng Y., Stevenson K.J., Barrowclife R., Chen S., Wang H., Barnes J.D.** (1998). Ozone levels in Chongqing: a potential threat to crop plants commonly grown in the region?. *Environ Pollut* **99**:299–308.
- Zu Yanqun, Li Yuan, Chen Jianjun, Chen Haiyan.** (2004). Intraspecific responses in grain quality of 10 wheat cultivars to enhanced UV-B radiation under field conditions. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* **74**: 95–100.

## Ελληνική Βιβλιογραφία

**ΓΕΩΡΓΙΑ – Κτηνοτροφία 6**, (2002).

**Γαλανοπούλου Στέλλα**(2002) Βιομηχανικά φυτά. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης

**Εργαστήριο Φυσικής της ατμόσφαιρας Α.Π.Θ.**

**Καρατάσιου Μ.**(1999). Οικοφυσιολογία της αποτελεσματικότητας χρησιμοποίησης νερού σε μεσογειακά ποολίβαδα. Θεσσαλονίκη. Διδακτορική διατριβή.

**Μήτσιος Ι. Κ., Τούλιος Μ. Γ., Χαρούλης Αθ., Γάτσιος Φ., Φλωράς Δρ. Στ.**(2000).

Εδαφολογική μελέτη και εδαφολογικός χάρτης του αγροκτήματος του πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του Βόλου. Αθήνα 2000, Εκδόσεις Zymel.

**Σαρλής Π. Γ.**(1999). Συστηματική Βοτανική Εφαρμογές Κορμοφύτων. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης; ISBN:960-351-270-2.

**Χρίστου Μ. Ολυμπίου** (2001). Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης. ISBN: 960-351-375-X.

## Ηλεκτρονικές Διευθύνσεις – Internet

<http://www.certh.gr/32B73BBB.el.aspx>

[http://www.iatronet.gr/article.asp?art\\_id=94](http://www.iatronet.gr/article.asp?art_id=94)

[http://www.iatronet.gr/article.asp?art\\_id=95](http://www.iatronet.gr/article.asp?art_id=95)

<http://www.physics4u.gr/articles/uv1.html>

[http://www.ucar.edu/learn/1\\_7\\_1.htm](http://www.ucar.edu/learn/1_7_1.htm)

<http://www.sesame.gr>

<http://health.ana.gr/articleview3.php?id=1472>

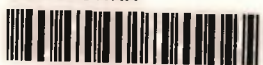
(<http://lap.physics.auth.gr/uvindex/> Laboratory of Atmospheric Physics.)

<http://www.eco-action.org/dt/ozone.html>.

[http://www.who.int/uv/intersunprogramme/activities/uv\\_index/en/print](http://www.who.int/uv/intersunprogramme/activities/uv_index/en/print))



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000100658