

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (ΑΤΕΙ)

ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ

ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ

ΣΕ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ ΦΑΣΟΛΙΟΥ ΣΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ ΤΣΟΚΑΡΕΛΗ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ

ΚΑΛΑΜΑΤΑ 2013

ΒΙΟΘΕΚΗ 578

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

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ
ΣΕ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ ΦΑΣΟΛΙΟΥ ΣΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΟΥ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ ΤΣΟΚΑΡΕΛΗ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΚΑΡΤΣΩΝΑΣ ΕΠΑΜΕΙΝΩΝΔΑΣ

ΚΑΛΑΜΑΤΑ 2013

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ ΟΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ

1.1 Σύντομη ιστορική αναδρομή	3
-------------------------------------	---

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΟΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ ΚΑΙ ΟΙ ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΠΗΓΕΣ ΤΟΥ

2.1 Βασικές έννοιες	6
---------------------------	---

2.2 Κυριότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι	6
--	---

2.3 Ποιες είναι οι επιπτώσεις στην υγεία	7
--	---

2.4 Πηγές αερίων ρύπων	8
------------------------------	---

2.4.1 Φυσικές Πηγές	9
---------------------------	---

2.4.2 Κυριότερες πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης	10
---	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΟΖΟΝ

3.1 Ορισμός του όζον	12
----------------------------	----

3.2 Η ιστορία του όζοντος	12
---------------------------------	----

3.3 Πως παράγεται το όζον	12
---------------------------------	----

3.4 Πώς χρησιμοποιείται	13
-------------------------------	----

3.5 Το όζον ως χημικό στοιχείο	14
--------------------------------------	----

3.6 Οι φωτοχημικοί ρύποι	14
--------------------------------	----

3.7 Το όζον στην ατμόσφαιρα	15
-----------------------------------	----

3.7.1 Το τροποσφαιρικό όζον	15
-----------------------------------	----

3.7.2 Το τροποσφαιρικό όζον στην Ελλάδα	17
---	----

3.7.3 Το στρατοσφαιρικό όζον	19
------------------------------------	----

3.8 Μηχανισμός σχηματισμού οζοντος	20
--	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ ΣΤΑ ΦΥΤΑ

4.1 Το όζον ως φυτοτοξικός ρύπος	21
--	----

4.2 Επιπτώσεις του όζοντος στην ανάπτυξη των φυτών	21
--	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

5.1 Γενικά	24
------------------	----

5.2 Στρατηγικές βελτιώσεις ποιότητας του αέρα	24
---	----

5.2.1 Μετριασμός	25
------------------------	----

5.2.2 Προσαρμογή	25
------------------------	----

5.2.3 Πρόληψη	26
---------------------	----

5.3 Χημική προστασία	26
----------------------------	----

3

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ	28
1.1 Το πρόγραμμα ICP Vegetation	28
1.2 Στόχοι του προγράμματος ICP Vegetation	29
1.3 Περίληψη των πρόσφατων αποτελεσμάτων του ICP Vegetation	30
1.4 Μελλοντική εργασία για το ICP Vegetation	31
1.5 Φυτά βιοδείκτες	32
1.6 Βιοκαταγραφή όζοντος	33
1.7 Οι ατμοσφαιρικοί ρυθμοί και η επίδραση τους στα φυτά στη περιοχή της Μεσσηνίας	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	37
2.1 Υλικά	37
2.1.1 Φυτικό υλικό	37
2.1.2 Υπόστρωμα, φυτοδοχείο, λίπασμα	37
2.2 Μέθοδοι	38
2.2.1 Πειραματικό σχέδιο	38
2.2.2 Έναρξη του πειράματος. Καλλιεργητικές φροντίδες	40
2.2.3 Τεχνική μετρήσεων (SCORING)	41
2.2.3.1 Μετρήσεις συνολικής χλωροφύλλης των φύλλων	42
2.2.3.2 Μετρήσεις του ρυθμού φωτοσύνθεσης και της στοματικής αγωγιμότητας με LCI Portable Photosynthesis System	43
2.2.3.3 Καταμέτρηση της συγκέντρωσης του όζοντος στην ατμόσφαιρα	44
2.2.3.4 Μετρήσεις ξηρού βάρους των λοβών φασολιού που σχηματίστηκαν	44
2.3. Στατιστική ανάλυση	45
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.	
3.1 Μέτρηση του ρυθμού φωτοσύνθεσης και της στοματικής αγωγιμότητας στα φύλλα των γονότυπων του φασολιού	46
3.1.1 Επίδραση του γονότυπου στο ρυθμό φωτοσύνθεσης και στη στοματική αγωγιμότητα των φύλλων	46
3.1.2 Επίδραση του γονότυπου στο ρυθμό φωτοσύνθεσης και στη στοματική αγωγιμότητα των φύλλων σε διάφορα στάδια ανάπτυξης των φυτών	47
3.1.3 Επίδραση της ώρας και ημερήσια διακύμανση του ρυθμού φωτοσύνθεσης	48
3.1.4 Μέτρηση συνολικής χλωροφύλλης στα φύλλα των ποικιλιών φασολιού με SPAD	49
3.2 Μέτρηση ξηρού βάρους φασολιών που σχηματίστηκαν	50
3.3 Μορφολογική καταγραφή ζημιάς στα φύλλα (SCORING)	51
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	55
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	73

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά τον εισηγητή και επιβλέπων αυτής της πτυχιακής μελέτης καθηγητή του Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας Ε. Κάρτσωνα, διότι με τις πολύτιμες γνώσεις του, τις εμπειριστατωμένες απόψεις του, τις συμβουλές του, τις σωστές καθοδηγήσεις του και την αμέριστη συμπαράσταση του ως καθηγητής και ως άνθρωπος με βοήθησε να φέρω εις πέρας με επιτυχία αυτή τη μελέτη.

Επίσης θέλω να ευχαριστήσω τον κ.Βελισσαρίου Δημήτριο, Διδάκτωρ Καθηγητή και Πρόεδρο του Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας και τον γεωπόνο ερευνητή του εργαστηρίου φυσιολογίας φυτών κ. Ιωάννη Σάλμα του Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας που με βοήθησαν στα μέγιστα να τελειώσω με επιτυχία όλες τις πειραματικές διαδικασίες. Μου προσέφεραν τις πολύτιμες γνώσεις τους, ήταν δίπλα μου σε όλες τις εργασίες των πειραμάτων.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι γνωστό ότι πολλοί αέριοι ρύποι επιδρούν δυσμενώς στα φυτά προκαλώντας οξεία (καταστροφή των ιστών) ή χρόνια τοξικότητα (διαταραχή των φυσιολογικών λειτουργιών). Η επικινδυνότητα των φωτοχημικών ρύπων και ειδικότερα του **τροποσφαιρικού όζοντος** οφείλεται κυρίως στις εξής ιδιοτητές τους:

- α) Έχουν ισχυρή φυτοτοξική δράση
- β) Δεν αποδομούνται σε καθαρή ατμόσφαιρα
- γ) Μεταφέρονται σε πολύ μεγάλες αποστάσεις.

Το όζον συγκαλείται στους **διασυνοριακούς ρύπους** σύμφωνα με την σύμβαση της Γενεύης για τη Διασυνοριακή Αέρια ρύπανση του Ο.Η.Ε. η οποία καθορίζει τα **κρίσιμα επίπεδα** πέραν των οποίων αναμένονται επιπτώσεις στη χλωρίδα της Ευρώπης.

Μέσα στα πλαίσια ειδικού διεθνούς προγράμματος **ICP Vegetation, UN-NECE, yield response and ozone injury on phaseolus vulgaris** to 2010 έγινε βιοκαταγραφή των φυτοτοξικών επιπέδων του ατμοσφαιρικού ρύπου στη περιοχή της Μεσσηνίας.

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση αυτών των επιπέδων ήταν η έκθεση στη φυσική ατμόσφαιρα της περιοχής της Καλαμάτας δύο ειδικών βιότυπων φασολιού (*phaseolus vulgaris*) ενός ανθεκτικού στο όζον (R) και ενός ευαίσθητου στο όζον (S). Καλλιεργήθηκαν 25 φυτά, 15 φυτά ανθεκτικά στο όζον (R) και 10 ευαίσθητα στο όζον (S). Στο τέλος έγιναν εργαστηριακές μετρήσεις και παρατηρήσεις πάνω στο φύλλωμα και στη βιομάζα τους με σκοπό την καταγραφή των επιπτώσεων του ρύπου.

ΜΕΡΟΣ 1^ο
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ

1.1 Σύντομη ιστορική αναδρομή

Πριν από την βιομηχανική επανάσταση

Η περιβαλλοντική ρύπανση δεν είναι φαινόμενο της εποχής μας. Ένας από τους λόγους που ανάγκαζαν τις πρώτες φυλές να ζουν ως νομάδες, ήταν η ανάγκη να απομακρύνονται περιοδικά από την δυσοσμία την οποία δημιουργούσαν τα απόβλητα των ζώων και των ανθρώπων. Η ανακάλυψη της φωτιάς δημιούργησε πρόσθετα προβλήματα ρυπαίνοντας τον αέρα, στις περιοχές που κατοικούσαν, με προϊόντα ατελούς καύσης. Η ανακάλυψη της καμινάδας μετατόπισε το πρόβλημα προς την ευρύτερη περιοχή και είχε σαν αποτέλεσμα η ατμόσφαιρα σε πυκνοκατοικημένες περιοχές να είναι καπνώδης. Χαρακτηριστική είναι η αναφορά του Ρωμαίου φιλόσοφου Σενέκα το 61 μ.Χ στην κακή ποιότητα του αέρα στην Ρώμη.

«Μόλις έφυγα μακριά από τον πνιγερό αέρα της Ρώμης και από τη βρωμιά των καπνοδόχων που κάπνιζαν, διαχέοντας ολόγυρα θανατηφόρα αέρια και ισθία, ένοιωσα να αλλάζει η διάθεσή μου»,

Σενέκας, 61 μ.Χ.

Το 1157, η σύζυγος του βασιλιά Ερρίκου του 2ου της Αγγλίας, Ελεονόρα, μετακόμισε από το Tutbury Castle του Nottingham, γιατί θεώρησε ανυπόφορη τη ρύπανση του αέρα εξ αιτίας της καύσης των ξύλων. Άλλες αναφορές από τον Μεσαίωνα περιγράφουν τα προβλήματα καπνού που δημιουργούσε η καύση του κάρβουνου, με αποτέλεσμα, ο Βασιλιάς Εδουάρδος ο 1ος να απαγορεύσει το 1307 την χρήση του κάρβουνου στις ασβεστοκάμινους του Λονδίνου. Μαρτυρίες αναφέρουν ότι ένα άτομο τιμωρήθηκε με απαγχονισμό για παράβαση του νόμου. Οι κυριότερες δραστηριότητες που συνδέονταν με την ατμοσφαιρική ρύπανση τους αιώνες που προηγήθηκαν της βιομηχανικής επανάστασης, ήταν η μεταλλουργία, η κεραμοποιεία και η διατήρηση κτηνοτροφικών προϊόντων.

Η βιομηχανική επανάσταση

Η βιομηχανική επανάσταση (Εικόνα 1) τον 19^ο αιώνα, οδήγησε στην εντατική χρήση κυρίως του κάρβουνου και σε μικρότερο βαθμό του πετρελαίου, για την παραγωγή ενέργειας, κίνησης ατμομηχανών και πλοίων, καθώς και οικιακής θέρμανσης, με αποτέλεσμα να υπάρχουν πολύ μεγάλα περιβαλλοντικά προβλήματα από τον καπνό και την στάχτη. Το πρώτο σοβαρό επεισόδιο ατμοσφαιρικής ρύπανσης συνέβη το 1875 στο Λονδίνο, όπου σημειώθηκαν αρκετοί θάνατοι ανθρώπων και ζώων. Σε χώρες όπως το Ηνωμένο Βασίλειο και οι ΗΠΑ, αναλαμβάνεται δράση για τον περιορισμό της αέριας ρύπανσης και αναπτύσσονται αντιρρυπαντικές τεχνολογίες.



Εικόνα 1: Χαρακτική η οποία εμφανίζει ένα χυτήριο στην βιομηχανική περιοχή Saar της Γερμανίας (1876).

Εικοστός Αιώνας

Παρόλο, λοιπόν, που η ατμοσφαιρική ρύπανση δεν μπορεί να θεωρηθεί αποκλειστικό προνόμιο της σύγχρονης εποχής, μια σειρά από μεγάλα επεισόδια τις τελευταίες δεκαετίες μας υπενθύμισαν το μέγεθος του προβλήματος και την ανάγκη ελέγχου της ποιότητας του αέρα που αναπνέουμε. Η αιθαλομίχλη, το 1909, στη Γλασκώβη και το Εδιμβούργο θεωρήθηκε η κύρια αιτία για 1000 περίπου θανάτους ανθρώπων. Το 1930, πάλι σε επεισόδιο αιθαλομίχλης, στη βιομηχανική περιοχή της κοιλάδας του Meuse στο Βέλγιο αρρώστησαν εκατοντάδες άτομα, από τα οποία 60 πέθαναν τις επόμενες μέρες. Το 1948 στην πόλη Donora των Ηνωμένων Πολιτειών κατά την διάρκεια ενός τετραήμερου επεισοδίου ρύπανσης σημειώθηκαν 20 θάνατοι και 6.000 ασθένειες οι οποίες συνδέθηκαν με την αέρια ρύπανση. Για να εκτιμηθεί σωστά το μέγεθος του προβλήματος θα πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι ο πληθυσμός της πόλης ήταν μόνο 14.000 κάτοικοι. Το μεγαλύτερο, όμως, επεισόδιο συνέβη στο Λονδίνο το 1952 όταν μια εβδομάδα υψηλών επιπέδων ρύπανσης είχε σαν αποτέλεσμα να συμβούν 4.000 «πλεονάζοντες» θάνατοι (σύγκριση των ρυθμών θανάτου πριν και μετά το επεισόδιο) οι οποίοι αποδόθηκαν στην ρύπανση.

Όταν ο άνθρακας αντικαταστάθηκε από το πετρέλαιο και λόγω των αυξημένων αναγκών, το πρόβλημα της ρύπανσης έγινε οξύτερο καθώς και ένας άλλος τύπος ρύπανσης, η φωτοχημική, έκανε την εμφάνισή του, αρχικά στο Λος Άντζελες των ΗΠΑ (Εικόνα 2) στις αρχές της δεκαετίας του 1940. (Διαδίκτυο 3)



Εικόνα 2: Φωτοχημική αιθαλομίχλη στο σύγχρονο Las Vegas.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΟΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ ΚΑΙ ΟΙ ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΠΗΓΕΣ ΤΟΥΣ

2.1 Βασικές έννοιες

Ατμοσφαιρική ρύπανση ονομάζεται η παρουσία στην ατμόσφαιρα ρύπων, δηλαδή κάθε είδους ουσιών, θορύβου ή ακτινοβολίας σε ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια τέτοια ώστε να είναι δυνατόν να προκληθούν αρνητικές συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και στα οικοσυστήματα. Για να εκφράσουμε τα επίπεδα ρύπανσης χρησιμοποιούμε συνήθως δύο μονάδες συγκέντρωσης, είτε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ είτε *μέρη ανά εκατομμύριο όγκου* ή απλά *μέρη ανά εκατομμύριο* (πολλές φορές δανειζόμαστε από την αγγλική βιβλιογραφία την σύντμηση $\text{ppmv} = \text{Parts Per Million by Volume}$ ή απλά ppm). Συγκέντρωση 1 μέρος ανά εκατομμύριο όγκου σημαίνει ότι αντιστοιχεί μία μονάδα όγκου του ρύπου σε κάθε 10^6 μονάδες όγκου αέρα. Παρ' όλο που συγκέντρωση ίση με 1 ppm ακούγεται μικρή, για πολλούς αέριους ρύπους υπερβαίνει κατά πολύ τις συνηθισμένες τιμές που συναντώνται στην ατμόσφαιρα. Γι' αυτό τον λόγο σε πολλές περιπτώσεις οι συγκεντρώσεις ενός ρύπου μετρώνται σε *μέρη ανά δισεκατομμύριο όγκου* (ή ppb). Οι συγκεντρώσεις των σωματιδιακών ρύπων, αλλά και των αερίων ρύπων μετρώνται σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

2.2 Κυριότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι

Οι ρύποι διαχωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

A. Πρωτογενείς ρύποι

B. Δευτερογενείς ρύποι

Πρωτογενείς ονομάζουμε τους ρύπους οι οποίοι προέρχονται από ανθρωπογενείς πηγές ρύπανσης. Τέτοιες πηγές είναι η βιομηχανία, τα αυτοκίνητα (βενζίνη, πετρέλαιο), η θέρμανση κλπ. Κυριότεροι πρωτογενείς ρύποι είναι το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το μονοξείδιο του αζώτου (NO), το διοξείδιο του θείου (SO_2), οι υδρογονάνθρακες (C_xH_y) και τα σωματίδια. Οι ρύποι αυτοί μαζί με το

όζον (O₃) παρακολουθούνται συστηματικά από τους αρμόδιους κρατικούς φορείς και ονομάζονται «συμβατικοί ρύποι».

Οι πρωτογενείς ρύποι στην ατμόσφαιρα μέσω διαφόρων χημικών αντιδράσεων παράγουν τους δευτερογενείς ρύπους, κυριότεροι εκ των οποίων είναι το διοξείδιο του αζώτου (NO₂) και το όζον (O₃). Το όζον για παράδειγμα είναι αποτέλεσμα της αντίδρασης του οξειδίου του αζώτου με διάφορες πτητικές οργανικές ενώσεις, αντίδραση η οποία καταλύεται από το ηλιακό φως.

Μια άλλη σημαντική κατηγορία ρύπων είναι τα αιωρούμενα σωματίδια. Πρόκειται για σωματίδια στερεής ή υγρής φάσης, τα οποία αιωρούνται στην ατμόσφαιρα. Τέτοια σωματίδια είναι η σκόνη, ο καπνός, διάφορα μέταλλα κλπ. Διακρίνονται ανάλογα με τη διάμετρό τους. Σημαντικό ρόλο έχουν τα σωματίδια που έχουν διάμετρο μέχρι 10 μm (μικροχλιοστά) (PM-10) και ιδίως τα σωματίδια με πολύ μικρή διάμετρο (PM-2.5), διότι, το μέγεθός τους επιτρέπει την είσοδό τους στο αναπνευστικό σύστημα, προκαλώντας σοβαρά αναπνευστικά προβλήματα.

Πηγές αυτών των σωματιδίων είναι η βιομηχανία, τα αυτοκίνητα, γεωργικές εργασίες, καύση ξύλων, όπως επίσης και τα διάφορα αεροζόλ.

2.3 Ποιες είναι οι επιπτώσεις στην υγεία

Οι επιπτώσεις στην υγεία είναι πολλές και σοβαρές. Το κυριότερο σύστημα που προσβάλλεται στον ανθρώπινο οργανισμό είναι το αναπνευστικό και το καρδιαγγειακό. Περισσότερο ευάλωτα είναι τα υπερήλικα άτομα και μάλιστα εκείνα που πάσχουν από πνευμονικά και καρδιακά νοσήματα. Επίσης, ιδιαίτερη επίπτωση παρουσιάζεται στις παιδικές ηλικίες για δύο λόγους: (α) τα παιδιά παρουσιάζουν αυξημένη μεταβολική δραστηριότητα και (β) το νευρικό, το αναπνευστικό και το αναπαραγωγικό σύστημα των παιδιών, δεν είναι πλήρως αναπτυγμένα.

Πιο συγκεκριμένα και σύμφωνα με στοιχεία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για το περιβάλλον και την υγεία, στην Ευρώπη,

1. ένα στα επτά παιδιά προσβάλλεται από άσθμα,
2. το άσθμα προσβάλλει περισσότερο τα παιδιά της δυτικής Ευρώπης συγκριτικά με εκείνα της Ανατολικής Ευρώπης (δεκαπλάσια επίπτωση) και

3. άσθμα - αλλεργίες και άλλα αναπνευστικά νοσήματα αυξάνουν ολοένα και περισσότερο και αποτελούν ένα από τα κυριότερα αίτια εισαγωγής στα νοσοκομεία.

Επίσης οι διάφοροι ρύποι του περιβάλλοντος ευθύνονται πολλές φορές για αποβολές εμβρύων, συγγενείς διαμαρτίες, σωματικές και διανοητικές αναπηρίες και διαταραχές της αναπαραγωγικής ικανότητας των ανθρώπων.

Δεν θα πρέπει να ξεχάσουμε τις επιπτώσεις του παθητικού καπνίσματος η οποία προκαλεί αναπνευστικά προβλήματα αλλά και αύξηση του κινδύνου εμφάνισης καρκίνου των πνευμόνων σε μη καπνιστές κατά 20-30%.

Τέλος θα πρέπει να αναφέρουμε μια ακόμη σημαντική αιτία ατμοσφαιρικής ρύπανσης, τον θόρυβο, ο οποίος μπορεί να προκαλέσει μείωση της ακοής. Εκτιμάται ότι 10.000.000 άνθρωποι στην Ευρώπη είναι εκτεθειμένοι σε υψηλές στάθμες θορύβου.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση ευαισθητοποιημένη από τους κινδύνους που διατρέχει η υγεία μας εξαιτίας της μόλυνσης του περιβάλλοντος, έχει εξαγγείλει στρατηγική. Οι κυριότεροι στόχοι της οποίας είναι: η βελτίωση της νομοθεσίας σχετικά με την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα, η θέσπιση μέγιστων ορίων επικινδυνότητας για τους διάφορους ρύπους και η παρακολούθησή τους, η σταδιακή δραστική μείωση των ρύπων, ώστε να ελαχιστοποιηθεί τα αμέσως επόμενα χρόνια η νοσηρότητα και η θνησιμότητα, συνεπεία της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

2.4 Πηγές αερίων ρύπων

Αντίθετα με την κοινή αντίληψη, το μεγαλύτερο ποσοστό των παραγόμενων αερίων ρύπων προέρχεται από καθαρά φυσικές πηγές. Με τον όρο φυσικές πηγές αναφερόμαστε στις πηγές εκπομπών αερίων ρύπων που δεν οφείλονται στην ανθρώπινη δραστηριότητα. Παρ' όλα αυτά οι ανθρωπογενείς εκπομπές είναι κυρίως υπεύθυνες για τα μεγάλα περιβαλλοντικά προβλήματα που εμφανίσθηκαν. Αυτό οφείλεται βεβαίως στην ανατροπή της φυσικής ισορροπίας αλλά επίσης και στην μεγάλη πυκνότητα των εκπομπών από ανθρωπογενείς εκπομπές οι οποίες συγκεντρώνονται σε μικρές γεωγραφικές περιοχές (κυρίως αστικές περιοχές και βιομηχανικές ζώνες). Αντίθετα, η καλή διασπορά των φυσικών πηγών ανά την υφήλιο προσφέρει τη δυνατότητα καλύτερης ανάμιξης των ρύπων με τον καθαρό

αέρα. Κατά συνέπεια, με κάποιες μικρές εξαιρέσεις, οι εκπομπές αερίων ρύπων από φυσικές πηγές από μόνες τους δεν οδηγούν σε υψηλές συγκεντρώσεις (Zimmerman P. 1992)

2.4.1 Φυσικές Πηγές

Η χλωρίδα της γης αποτελεί την μεγαλύτερη φυσική πηγή εκπομπής αερίων ρύπων. Τα δέντρα και τα φυτά, παρά την συμβολή τους στην μετατροπή, μέσω της φωτοσύνθεσης, του διοξειδίου του άνθρακα της ατμόσφαιρας σε οξυγόνο, αποτελούν τη μεγαλύτερη πηγή υδρογονανθράκων του πλανήτη. Οι ωκεανοί αποτελούν τη δεύτερη σημαντικότερη πηγή «φυσικών» ρύπων. Η δράση των βενθικών και φυτοπλαγκτονικών οργανισμών οδηγεί στην παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων θειούχων ενώσεων. Επιπλέον, η μηχανική δράση των κυμάτων προκαλεί τη διάβρωση των πετρωμάτων και την παραγωγή σωματιδίων με μέγεθος ικανό ώστε να είναι δυνατή η αιώρησή τους στην ατμόσφαιρα. Τέλος, ο άνεμος συμπαρασύρει υδροσταγονίδια που περιέχουν άλατα αποτελώντας έτσι, συνεχή πηγή ατμοσφαιρικών αιωρημάτων (αεροζόλ). Ατμοσφαιρικά αιωρήματα δημιουργούνται ωστόσο και από την επίδραση του ανέμου στο έδαφος και τα στοιχεία που βρίσκονται στην επιφάνειά του. Σε κάποιες περιπτώσεις, τα αιωρούμενα σωματίδια είναι δυνατό να φτάσουν ή και να ξεπεράσουν τα θεσπισμένα όρια προστασίας. Αποτέλεσμα των υψηλών συγκεντρώσεων αποτελεί η μείωση της ορατότητας της ατμόσφαιρας. Μια άλλη σημαντική πηγή φυσικών ρύπων αποτελεί και η καύση της βιομάζας. Με τον όρο αυτό αναφερόμαστε στις εκτεταμένες πυρκαγιές που λαμβάνουν χώρα σε δάση και λειβαδικές εκτάσεις και που δεν οφείλονται στις ανθρώπινες δραστηριότητες. Τέτοιες πυρκαγιές συναντάμε συχνά κατά τις θερινές περιόδους του έτους, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που σημειώνονται, είτε μετά από ισχυρές καταιγίδες, λόγω των κεραυνών. Τέλος, μιλώντας για φυσικές πηγές, δε θα μπορούσαμε να παραλείψουμε τα ηφαίστεια. Η έκρηξη ενός ηφαιστείου παράγει μεγάλες ποσότητες αιωρούμενων σωματιδίων αλλά και αερίων όπως διοξείδιο του θείου, μεθάνιο και υδρόθειο. Τα σύννεφα που σχηματίζονται από τα σωματίδια και τα αέρια εκτοξεύονται σε μεγάλο ύψος και μπορεί να παραμείνουν στην ατμόσφαιρα για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Οι εκπομπές σωματιδίων από την πρόσφατη έκρηξη του Pinatubo είχαν σαν αποτέλεσμα να καταγραφεί ελαφρά μείωση στη θερμοκρασία του πλανήτη.

2.4.2 Κυριότερες πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Η ατμοσφαιρική ρύπανση προκαλείται κυρίως από τρεις ανθρώπινες δραστηριότητες: τη βιομηχανία, τις μεταφορές και τα νοικοκυριά. Σε μια τυπική πόλη, η βιομηχανία ευθύνεται για το 50% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, τα μέσα μεταφοράς για το 35%, ενώ τα νοικοκυριά για το 15%. Σύμφωνα με κάποιες έρευνες στους πόλους, η περιεκτικότητα των πάγων σε αέρια της ατμοσφαιρικής ρύπανσης ήταν σε χειρότερα επίπεδα πριν από 50 χρόνια. Αυτό ερμηνεύεται ως ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση ήταν σε χειρότερα επίπεδα που σημαίνει ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση ήταν σε χειρότερα επίπεδα την διάρκεια εκείνων των ετών.

Βιομηχανία

Η βιομηχανία (Εικόνα 3) αποτελεί τη μεγαλύτερη πηγή αερίων ρύπων καθώς το μεγαλύτερο μέρος της αποτελείται από σταθμούς παραγωγής ενέργειας. Οι μεγάλες ποσότητες ορυκτών καυσίμων που χρησιμοποιούνται οδηγούν στην παραγωγή εξίσου μεγάλων ποσοτήτων διοξειδίου του θείου και οξειδίων του αζώτου. Επίσης, είναι η κυριότερη πηγή βαρέων μετάλλων σε ποσοστό που πλησιάζει το 100%. Στην Ελλάδα είναι χαρακτηριστική η υπερσυγκέντρωση των βιομηχανικών δραστηριοτήτων στην περιοχή των μεγάλων αστικών κέντρων της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης. Ωστόσο, ειδικά για την Αθήνα, η συμμετοχή της στο πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην πόλη είναι μικρής κλίμακας. Η χωροθέτησή της σε σχέση με το αστικό συγκρότημα σε συνδυασμό με τις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες δεν επιτρέπουν τη συχνή μεταφορά ρύπων προς το κέντρο της πόλης.



Εικόνα 3. Η βιομηχανία αποτελεί την κύρια ανθρωπογενή πηγή αερίων ρύπων

Αυτοκίνητο

Μέσα στην πληθώρα των ρυπογόνων δραστηριοτήτων μιας σύγχρονης πόλης, η χρήση του ιδιωτικού αυτοκινήτου αποτελεί την σημαντικότερη συνεισφορά του πολίτη στη ρύπανση της περιοχής. Παρά τη μικρή σχετικά συνεισφορά κάθε μεμονωμένου αυτοκινήτου στη ρύπανση, λόγω του μεγάλου τους αριθμού, αυτή προστίθεται για να αποτελέσει τη μεγαλύτερη απειλή για την ποιότητα του αέρα στις μεγαλουπόλεις. Η ισχύς που είναι απαραίτητη για την κίνηση του αυτοκινήτου προέρχεται από την καύση του καυσίμου σε μια μηχανή εσωτερικής καύσης. Η ρύπανση προέρχεται τόσο από τα προϊόντα της καύσης, όσο και από την εξάτμιση του καυσίμου. Οι υδρογονάνθρακες και τα οξείδια του αζώτου που εκπέμπονται από τα αυτοκίνητα, με την παρουσία της ηλιακής ακτινοβολίας, σχηματίζουν το όζον, ίσως το πιο επικίνδυνο συστατικό του φωτοχημικού νέφους των πόλεων.

Συμπληρωματικά, το διοξείδιο του άνθρακα, αν και ακίνδυνο για την υγεία είναι το σημαντικότερο θερμοκηπικό αέριο με μεγάλη συνεισφορά στην παγκόσμια μεταβολή του κλίματος.

Θέρμανση

Η συνεισφορά της θέρμανσης στα προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης έχει καθαρά εποχικό χαρακτήρα και έγκειται στην παραγωγή καπνού, διοξειδίου του θείου και σε μικρότερο ποσοστό οξειδίων του αζώτου. Αν και οι ρύποι που παράγονται σε ετήσια βάση από τις κεντρικές θερμάνσεις αποτελούν ένα μικρό ποσοστό σε σχέση με την παραγωγή των ίδιων ρύπων από τις άλλες δύο πηγές, το διοξείδιο του θείου αποτελεί, στις αστικές περιοχές, ρύπο - δείκτη για τη λειτουργία της κεντρικής θέρμανσης. Ακόμη σημαντικό στοιχείο είναι οι πολύ χαμηλές καμινάδες που χρησιμοποιούνται οι οποίες αδυνατούν να διασπείρουν τους ρύπους στην ευρύτερη περιοχή με αποτέλεσμα να δημιουργούνται σε πολλές περιπτώσεις αυξημένα τοπικά προβλήματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: OZON

3.1 Ορισμός του όζον

Το **όζον** (Αγγλικά **ozone**, χημικά O_3) είναι ένα τριατομικό μόριο, το οποίο αποτελείται από τρία άτομα οξυγόνου. Αποτελεί μια αλλοτροπική μορφή του οξυγόνου και είναι ασταθέστερο από τη διατομική του έκφανση, το O_2 .

3.2 Η ιστορία του όζοντος

Το **όζον** ήταν η πρώτη αλλοτροπική μορφή που περιγράφηκε από την επιστήμη και ανακαλύφθηκε από τον Κρίστιαν Φρίντριχ Σένμπαϊν (*Christian Friedrich Schönbein*) κατά τη διάρκεια εκτέλεσης πειραμάτων αργής οξειδωσης φωσφόρου και ηλεκτρόλυσης νερού το 1840. Το ονόμασε έτσι με βάση την αρχαία ελληνική λέξη που χρησιμοποιούνταν για τη μυρωδιά (*ἄζειν*) που γίνεται αντιληπτή στις νύχτες με καταιγίδες αστραπών. Εντούτοις, η μυρωδιά αυτή προέρχεται γενικά από τα ιόντα που παράγονται κατά τη διάρκεια των ραγδαίων χημικών αλλαγών που λαμβάνουν χώρα σε τέτοια καιρικά φαινόμενα και όχι από το ίδιο το όζον.

3.3 Πως παράγεται το όζον

Το **όζον** παράγεται από ατμοσφαιρικό αέρα που έχει υποστεί κατάλληλη επεξεργασία, ή από καθαρό οξυγόνο. Το αέριο **όζον** παράγεται με ηλεκτρική εκκένωση ανάμεσα σε δύο ηλεκτρόδια τάσης 10 έως 20 κιλοβόλτ. Η αντίδραση παραγωγής **όζοντος** λαμβάνει χώρα σε κατάλληλο αντιδραστήρα που καλείται οζονιστήρας. Ο οζονιστήρας αποτελείται από ένα οριζόντιο ή κατακόρυφο κυλινδρικό δοχείο εντός του οποίου υπάρχει ένας ορισμένος αριθμός ανοξειδωτων σωλήνων προσαρμοσμένων σε μία συμπαγή κατασκευή και κολλημένων στα δύο σταθερά άκρα του δοχείου.

Από την εξωτερική πλευρά των ανοξειδωτων σωλήνων και εντός του δοχείου ρέει το υγρό ψύξης (νερό) με σκοπό την αποκομιδή της αναπτυσσόμενης θερμότητας κατά την παραγωγή του **όζοντος**. Αυτή η μέθοδος κατασκευής αποκλείει

οποιαδήποτε επαφή του υγρού ψύξης με τα ηλεκτρόδια ψηλής τάσης. Οι μεταλλικοί σωλήνες παίζουν τον ρόλο θηκών εντός των οποίων εισέρχονται οι ειδικά βαθμονομημένοι γυάλινοι σωλήνες, των οποίων η εσωτερική μεταλλική επιφάνεια αποτελεί τα ηλεκτρόδια ψηλής τάσης.

Στο διάκενο μεγάλης ακριβείας το οποίο σχηματίζεται μεταξύ της εσωτερικής μεταλλικής επιφάνειας των σωλήνων και της εξωτερικής γυάλινης επιφάνειας, παράγεται η ακριβής ποσότητα του όζοντος. Σε κάθε μεταλλική θήκη εισέρχεται ένας γυάλινος σωλήνας. Το υψηλό δυναμικό που εφαρμόζεται ανάμεσα στο μέταλλο και στην μεταλλική επιφάνεια των γυάλινων σωλήνων (ηλεκτρόδια ψηλής τάσης), παράγει μία αθόρυβη ηλεκτρική εκκένωση κατά μήκος των σωληνώσεων. Κάτω από αυτές τις συνθήκες παράγεται το αέριο όζον το οποίο εξέρχεται από το δοχείο στην ζητούμενη συγκέντρωση.

Συμπερασματικά το όζον παράγεται «επιτόπου», με μοναδικές απαιτήσεις ηλεκτρική ενέργεια και νερό ψύξης.

3.4 Πώς χρησιμοποιείται

Η χρήση του όζοντος είναι ευρέως γνωστή ως μια από τις καλύτερες και αποτελεσματικότερες λύσεις για την καταπολέμηση της μόλυνσης νερού και αέρα από διαφορά βακτηρία.

Η ραγδαία εξάπλωση της μεθόδου απολύμανσης με τη χρήση του όζοντος οφείλεται, τόσο στην αποτελεσματικότητά της, όσο και στο γεγονός ότι αποτελεί μια ασφαλή μέθοδο ως προς την ανθρώπινη υγεία. Βασικό πλεονέκτημα της τεχνολογίας σε σχέση με άλλες μεθόδους καταπολέμησης βακτηρίων είναι ότι όλη η διαδικασία επιτυγχάνεται σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Το όζον χρησιμοποιείται συνήθως για την απολύμανση από τα βακτηρίδια και την αδρανοποίηση των ιών και των κυστών.

Μπορεί να οξειδώσει τα οργανικά φορτία που αποτελούνται από τους μολυσματικούς παράγοντες όπως το χρώμα, η μυρωδιά, τα φυτοφάρμακα, οι φαινόλες και η θολούρα. Τα ανόργανα φορτία αποτελούνται από το σίδηρο, το μαγγάνιο, τα σουλφίδια, και τα νιτρώδη άλατα. Μια εκτενής ανάλυση ύδατος είναι ένας μούστος για να αποκαλύψει το αληθινό φορτίο μολυσματικών παραγόντων.

3.5 Το όζον ως γημικό στοιχείο

Το καθαρό όζον είναι μια αλλοτροπική μορφή του O_2 συντιθέμενη από τρία άτομα (O_3). Σε θερμοκρασία δωματίου το αέριο έχει ανοιχτό μπλε χρώμα. Υγροποιείται κάτω από τους $-112\text{ }^\circ\text{C}$. Το υγροποιημένο όζον έχει σκούρο μπλε χρώμα και είναι επικίνδυνο εκρηκτικό. Σε μία αναλογία αραιώσης των 100 ppb έχει χαρακτηριστική οσμή, γι' αυτό και η ονομασία του προέρχεται από την ελληνική λέξη 'όζω' που σημαίνει μυρίζω. Σε υψηλότερες συγκεντρώσεις είναι πολύ δηλητηριώδες και προκαλεί λύση του βλεννογόνου υμένα. Είναι δε περίπου 50 φορές πιο διαλυτό στο νερό απ' ό τι το οξυγόνο. Το όζον είναι από τα πιο ισχυρά οξειδωτικά, αντιδρά ραγδαία με διάφορα μερικώς ακόρεστα οργανικά συστατικά και καταστρέφει τα ελαστομερή. Λόγω της ιδιότητάς του ως οξειδωτικό μέσο, το όζον χρησιμοποιείται σε περιορισμένες συγκεντρώσεις ως απολυμαντικό για το νερό και τον αέρα, λευκαντικό κεριών και υφαντών (Sagar V. Krupa, 1997, Σαϊτάνης, 1999).

3.6 Οι φωτοχημικοί ρύποι

Είναι διεθνώς γνωστό ότι πολλοί αέριοι ρύποι έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στα φυτά με αποτελέσματα άμεσα (οξεία τοξικότητα και καταστροφή ιστών) ή έμμεσα (χρόνια τοξικότητα με πρόωρη γήρανση, μείωση της απόδοσης, αύξηση ευπάθειας σε ασθένειες, εχθρούς και σταδιακή νέκρωση).

Σήμερα, οι φωτοχημικοί ρύποι (κυρίως το τροποσφαιρικό όζον) θεωρούνται οι πλέον επικίνδυνοι αέριοι ρύποι για τα φυτά. Παράγονται δευτερογενώς από τα καυσαέρια κινητήρων εσωτερικής καύσης (κυρίως οχήματα) υπό την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Η επικινδυνότητα των φωτοχημικών ρύπων για τα φυτά οφείλεται στις εξής ιδιότητες :

- Έχουν ισχυρή φυτοτοξική δράση.
- Δεν αποδομούνται σε καθαρή ατμόσφαιρα.
- Μεταφέρονται σε μεγάλες αποστάσεις σε προαστιακές ζώνες και ευρύτερα στην ύπαιθρο (το όζον ανήκει στους διασυννοριακούς ρύπους σύμφωνα με τη Σύμβαση της Γενεύης για την Διασυννοριακή Αέρια Ρύπανση του Ο.Η.Ε.).

Επιπλέον του όζοντος, ένας δευτερογενής φωτοχημικός ρύπος είναι το PAN (Peroxy-Acetyl Nitrate) που γενικά παρατηρείται σε μικρότερες συγκεντρώσεις απ' ότι το όζον, αλλά σε σημαντικές συγκεντρώσεις μπορεί να είναι τοξικό για τα φυτά (Sagar V. Krupa, 1997).

3.7 Το όζον στην ατμόσφαιρα

Το όζον είναι ένα φυσικό συστατικό της ατμόσφαιρας στην οποία η συγκέντρωσή του διαφοροποιείται ανάλογα με το υψόμετρο, την εποχή του έτους και την περιοχή. Η συγκέντρωσή του στην επιφάνεια της γης επηρεάζεται από την ύπαρξη και την ένταση των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων. Οι σημαντικότερες πηγές ρύπανσης που προέρχονται από την ανθρώπινη δραστηριότητα μπορούν να χωριστούν στις παρακάτω κατηγορίες ανάλογα με την προέλευση των ρύπων:

- από τα μέσα μεταφοράς (αυτοκίνητα, πλοία, αεροπλάνα) από τη βιομηχανική δραστηριότητα από την παραγωγή ενέργειας (ηλεκτρισμού),
- από την οικιακή δραστηριότητα (θέρμανση) και
- κάθε είδους καύση που δεν περιλαμβάνεται στις παραπάνω κατηγορίες.

Η σύσταση του ατμοσφαιρικού αέρα επηρεάζεται εκτός από τις κάθε είδους καύσεις στερεών, υγρών και αερίων καυσίμων και από τους ρύπους που προέρχονται από την παραγωγική διαδικασία των βιομηχανικών εγκαταστάσεων. Οι πιο σημαντικοί ρύποι προέρχονται από τις καύσεις και μάλιστα από τις ατελείς καύσεις (χωρίς την επαρκή παρουσία του οξυγόνου). Σε αστικές και προαστιακές περιοχές, οι τυπικές καλοκαιρινές μέγιστες ημερήσιες τιμές κυμαίνονται από 100 - 400 ppb, για τις περιοχές της υπαίθρου από 50 - 120 ppb, ενώ σε απομακρυσμένες θαλάσσιες περιοχές και σε απόμακρα τροπικά δάση οι τιμές αυτές κυμαίνονται από 20 - 40 ppb (Sagar V. Krupa, 1997).

Το όζον στην ατμόσφαιρα παρουσιάζεται σε δύο στρώματα. Αρχικά σχηματίζεται στη στρατόσφαιρα καθώς η ηλιακή ακτινοβολία αλληλεπιδρά με το οξυγόνο. Παράλληλα εντοπίζεται και στην τροπόσφαιρα, ως ένας σημαντικός φωτοχημικός ρύπος. Για το διαχωρισμό αυτό χρησιμοποιούμε τις έννοιες τροποσφαιρικό και στρατοσφαιρικό όζον αντίστοιχα.

3.7.1 Το τροποσφαιρικό όζον

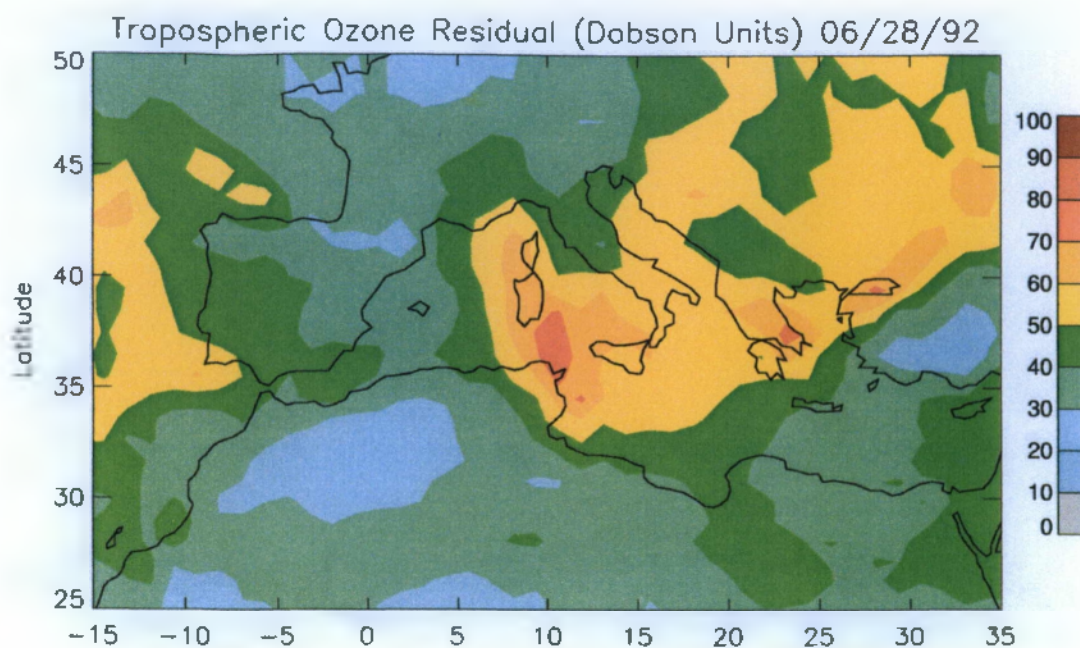
Το τροποσφαιρικό όζον είναι ένας δευτερογενής ρύπος με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που σχετίζονται τόσο με τις πηγές όσο και με τον τρόπο σχηματισμού του στις περιοχές της τροπόσφαιρας. Η αυξημένη συγκέντρωση του όζοντος συνδέεται με τις ανθρωπογενείς εκπομπές πρόδρομων στοιχείων όπως οξείδια του αζώτου, πτητικά οργανικά συστατικά (Volatile Organic Compounds ή VOC), μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και μεθάνιο (CH₄). (Σαϊτάνης, 1998)

Ο σχηματισμός του φωτοχημικού όζοντος στην τροπόσφαιρα προκύπτει από την αρχική οξείδωση των μεταβλητών οργανικών συνθέσεων (VOC) από το ηλιακό φως και υπό την παρουσία νιτρικών οξειδίων NO_x (NO και NO₂). Οι συχνότητες και οι μηχανισμοί οξείδωσης των VOC γενικά είναι γνωστές και ποσοτικοποιούνται μέσω εργαστηριακών μελετών, παρ' όλο που παραμένουν σημαντικές αβεβαιότητες σχετικά με συγκεκριμένες τάξεις των VOC.

Παρότι υπάρχουν ακόμα ασάφειες στις φωτοχημικές διαδικασίες της τροπόσφαιρας, έχει πλέον τεκμηριωθεί ότι το όζον μπορεί να σχηματιστεί φωτοχημικά τόσο σε περιοχές με ρύπανση όσο και σε περιοχές χωρίς ρύπανση και ότι οι ίδιοι μηχανισμοί είναι υπεύθυνοι για το σχηματισμό του και στους δύο τύπους περιοχών (Calvert *et al*, 1972, Seinfeld, 1989).

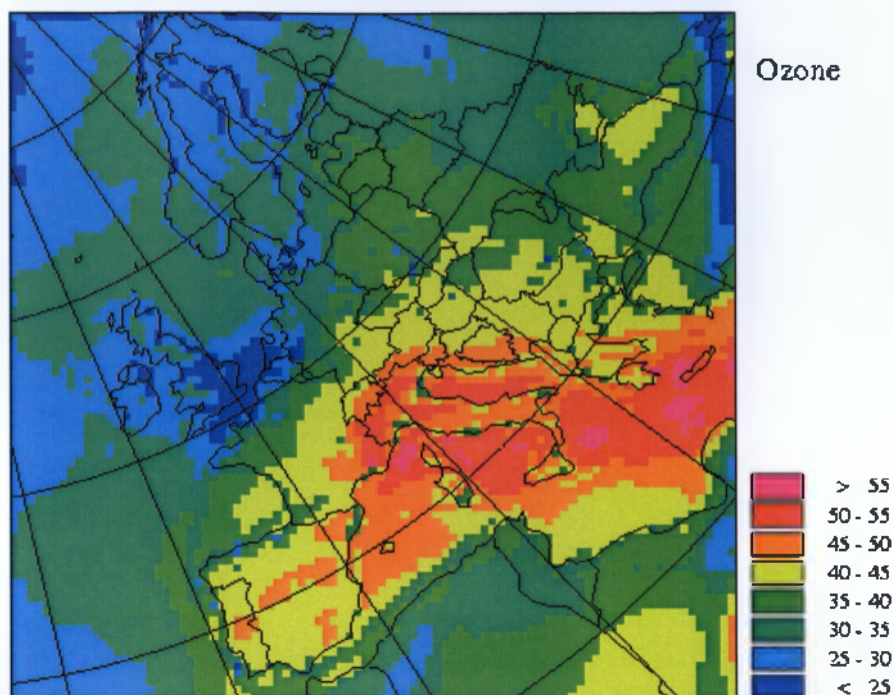
3.7.2 Το τροποσφαιρικό όζον στην Ελλάδα

Σύμφωνα με τον Ζάνη (2008) «το πρόβλημα της ρύπανσης του όζοντος αφορά ιδιαίτερα την Ελλάδα και τη Μεσόγειο που είναι μια περιοχή πλούσια σε ηλιακό φως. Ένα από τα σημαντικά ευρήματα του Ευρωπαϊκού προγράμματος PAUR που συντονίστηκε από το Εργαστήριο Φυσικής της Ατμόσφαιρας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης ήταν η επιβεβαίωση της ύπαρξης υψηλών επιπέδων υποβάθρου όζοντος πάνω από ολόκληρη την Ανατολική Μεσόγειο (40-80 ppb). Αυτά τα επίπεδα όζοντος υπερβαίνουν κατά την διάρκεια όλου του έτους το όριο φυτοτοξικότητας των 32 ppb που θέτει η Ευρωπαϊκή Ένωση.»



Εικόνα 4: Κατανομή της ολικής στήλης του τροποσφαιρικού όζοντος στις 28/6/1992 από μετρήσεις δορυφόρου πάνω από την Μεσόγειο (πηγή: J. Fishman, NASA Langley Research Center, Hampton, Virginia, USA). Η ολική στήλη όζοντος μετρείται σε Dobson Units (DU) όπου 1 DU αντιστοιχεί σε μήκος 0.001 cm υπό κανονικές συνθήκες. Για παράδειγμα ολική στήλη τροποσφαιρικού όζοντος 100 DU σημαίνει ότι εάν είχαμε την δυνατότητα να συμπιέσουμε όλο το όζον αυτής της στήλης (μοναδιαίου εμβαδού) κοντά στην επιφάνεια η στήλη θα είχε ύψος 0.1 cm.

Βέβαια θα πρέπει να τονιστεί το γεγονός ότι δεν παρουσιάζονται έντονα φαινόμενα βλαβών στη βλάστηση που θα αναμένονταν με βάση τις μετρήσιμες τιμές όζοντος πάνω από το Αιγαίο. Αυτό δείχνει ίσως την πιθανή ακαταλληλότητα τέτοιων ορίων για την Νότια Ευρώπη καθώς τα όρια αυτά έχουν θεσπιστεί με βάση αποτελέσματα πειραμάτων σε βορειότερα κλίματα. Θα ήταν εύλογο να υποθέσει κανείς ότι η χλωρίδα ίσως έχει αναπτύξει προσαρμοστικούς μηχανισμούς που λειτουργούν στις κλιματικές συνθήκες της Μεσογείου. Χαρακτηριστικά φαίνεται στην Εικόνα 4 από δορυφορικές μετρήσεις της ολικής στήλης τροποσφαιρικού όζοντος ότι μέγιστες τιμές τροποσφαιρικού όζοντος παρατηρούνται πάνω από την περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου και όλο τον Ελλαδικό χώρο.



Εικόνα 5: Αποτελέσματα τρισδιάστατου μαθηματικού μοντέλου για την κατανομή του όζοντος κοντά στο έδαφος πάνω από την Ευρώπη τον μήνα Ιούλιο (πηγή: I. Isaksen, University of Oslo, Norway). Οι μονάδες όζοντος είναι ppbv δηλαδή μέρη ανά δισεκατομμύριο όγκου.

Η ανάλυση των πειραμάτων PAUR που (Ζάνης, 2008) έδειξε επίσης, ότι κατά τους θερμούς μήνες, τα επίπεδα όζοντος υπερβαίνουν και το Όριο Ενημέρωσης Πληθυσμού που έχει θεσπίσει η Ευρωπαϊκή Ένωση (53 ppbv). Αυτό είναι ένα γεγονός που πρέπει να μας επιστήσει ιδιαίτερα την προσοχή καθώς το πρόβλημα της ρύπανσης του όζοντος παρουσιάζεται ιδιαίτερα έντονο στην περιοχή της ανατολικής Μεσογείου. Εκτεταμένες προσομοιώσεις με τρισδιάστατο μαθηματικό μοντέλο (Εικόνα 5) που καλύπτει όλη την Ευρώπη και την Μεσόγειο, έδειξαν ότι ακόμη και αν περιοριστούν σημαντικά οι ανθρωπογενείς (βιομηχανία, μεταφορές, θέρμανση κλπ.) εκπομπές προδρόμων ενώσεων του όζοντος στην Ελλάδα, οι τιμές του όζοντος στην περιοχή δεν πρόκειται να μειωθούν σημαντικά. Αυτό συμβαίνει γιατί το μεγαλύτερο ποσοστό του υποβάθρου του όζοντος στην περιοχή προέρχεται από τις εκπομπές της Ηπειρωτικής Ευρώπης. Τα αποτελέσματα αυτά έχουν σημαντική πολιτική αξία για τη Ελλάδα καθώς για τον αποτελεσματικό έλεγχο των επιπέδων όζοντος στην περιοχή απαιτούνται ρυθμίσεις των εκπομπών όχι μόνο σε τοπική και εθνική κλίμακα αλλά και σε διακρατική και Ευρωπαϊκή κλίμακα. (Διαδίκτυο 4)

3.7.3 Το στρατοσφαιρικό όζον

Το στρατοσφαιρικό όζον παρά τη χημικά υψηλή δραστηριότητά του, διαδραματίζει έναν εξαιρετικά σημαντικό ρόλο στην υποστήριξη της επίγειας ζωής. Περίπου το 90% του ατμοσφαιρικού στρώματος όζοντος βρίσκεται στη στρατόσφαιρα όπου, κατά τον Chapman (1930), παράγεται από τη φωτολυτική διάσπαση των μορίων του οξυγόνου από την υπεριώδη ακτινοβολία που εισέρχεται στη στρατόσφαιρα σε μήκη κύματος μικρότερα από 242 nm (R_1). Το ατομικό οξυγόνο το οποίο σχηματίζεται, αντιδρά με το μοριακό οξυγόνο προς σχηματισμό του όζοντος παρουσία ενός τρίτου σώματος, το οποίο μπορεί να είναι N_2 ή O_2 (R_2). Το όζον μπορεί πάλι να διασπαστεί φωτολυτικά και να δώσει ατομικό και ξανά μοριακό οξυγόνο (R_3, R_4).

Οι χημικές αντιδράσεις που εξηγούν τα παραπάνω είναι:



Αυτές οι αντιδράσεις είναι σημαντικές για τη διατήρηση της ισορροπίας παρουσίας όζοντος στη στρατόσφαιρα. Αποτέλεσμα των φωτοχημικών αυτών αντιδράσεων είναι η απορρόφηση μεγάλου μέρους της υπεριώδους ακτινοβολίας, η οποία αν έφτανε στη γη θα απέβαινε καταστροφική για τη ζωή στον πλανήτη. Παρ' όλα αυτά, έρευνες δείχνουν την ύπαρξη σημαντικών επιπρόσθετων αντιδράσεων αέριας φάσης, στις οποίες οξείδια του υδρογόνου, οξείδια του αζώτου και αλογόνα παίζουν καταλυτικό ρόλο στη διάσπαση του όζοντος. (Hampson, 1964, Crutzen, 1970, Jonston, 1971) Επίσης αποδείχθηκε, ότι ετερογενείς αντιδράσεις στην επιφάνεια παγοκρυστάλλων μπορούν επίσης να παίξουν σημαντικό ρόλο στην καταλυτική διάσπαση του όζοντος από το χλώριο. Αυτές οι αντιδράσεις θεωρούνται υπεύθυνες για την 'τρύπα του όζοντος'. (Solomon, 1988)

3.8 Μηχανισμός σχηματισμού όζοντος

Με την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας γίνεται φωτόλυση του NO_2 προς σχηματισμό του O_3 και NO_3 τα οποία επίσης αντιδρούν μεταξύ τους προς ανασχηματισμό του NO_2 . Επιτυγχάνεται έτσι μια κατάσταση ισορροπίας, στην οποία η συγκέντρωση όζοντος παραμένει αμετάβλητη. (Σαιτάνης, 1998) Η χημεία μετατροπής οξειδωμένων νιτρικών ενώσεων είναι σαφώς ορισμένη και εξηγεί το σχηματισμό μια σειράς ανόργανων και οργανικών ενώσεων, οι οποίες έχουν το ρόλο της πηγής για NO_x και υδρογόνων που περιέχουν ελεύθερες ρίζες. Κατά τη διάρκεια της νύχτας η νιτρική ρίζα (NO_3) παίζει κυρίαρχο ρόλο στη χημεία των οξειδωμένων νιτρικών ενώσεων. Για να υπάρξει καθαρή παραγωγή απαιτούνται ρίζες ικανές να αντιδρούν με το NO και να το μετατρέπουν σε NO_2 χωρίς τη κατανάλωση O_3 . Τέτοιες ρίζες προκύπτουν από μια φωτοχημική διαδικασία η οποία αρχικά παράγει ρίζες $-\text{OH}$.

Στα ανώτερα στρώματα της τροπόσφαιρας η αρχική παραγωγή των $-\text{OH}$ συμβαίνει με την φωτόλυση του όζοντος και αντίδραση με υδρατμούς ενώ σε τροπόσφαιρα που υπάρχει ρύπανση, η παραγωγή του όζοντος συμβαίνει με τη φωτόλυση αλδευδών ή νιτροδών. Τα $-\text{OH}$ που δημιουργούνται αντιδρούν με CO ή με μεθάνιο και δίνουν υπεροξυρίζες ή με άλλους πλην μεθανίου υδρογονάνθρακες και δίνουν επίσης υπεροξυρίζες. Οι υπεροξυρίζες είναι πολύ δραστικές και αντιδρούν με το NO και το μετατρέπουν σε NO_2 χωρίς τη δαπάνη O_3 . Έτσι απομένουν λιγότερα μόρια NO να αντιδράσουν με τα μόρια του O_3 , επιτρέποντας τη καθαρή αύξηση της συγκέντρωσης του όζοντος.

Παρότι το όζον είναι ένας ρύπος που σχηματίζεται τοπικά, τόσο η μεταφορά των ρύπων από τις αστικές περιοχές, όσο και η μεταφορά του από την ελεύθερη τροπόσφαιρα ή τη στρατόσφαιρα ή ακόμα και ο επιτόπιος σχηματισμός του μπορούν να αυξήσουν τη συγκέντρωση του στις αγροτικές και απομακρυσμένες περιοχές (Σαιτάνης, 1999)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ ΣΤΑ ΦΥΤΑ

4.1 Το όζον ως φυτοτοξικός ρύπος

Η φυτοτοξικότητα του όζοντος αποτελεί αντικείμενο μελέτης στα πλαίσια των μη παρασιτικών ασθενειών. Η ένταση και το είδος των συμπτωμάτων εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες και διαφέρουν μεταξύ των ειδών αλλά και των ποικιλιών. Μεταξύ των επιπτώσεων του όζοντος στα φυτά αναφέρονται νεκρωτικές χλωρωτικές κηλίδες στα φύλλα, μείωση της φωτοσυνθετικής λειτουργίας, μείωση της αγωγιμότητας των στοματίων κ.α. (Λέκκας, 2004) Προϋπόθεση για την εμφάνιση τοξικότητας στα φυτά είναι τα κύτταρά τους να έρθουν σε επαφή με τοξικές ουσίες.

Υπάρχουν τρεις δυνατοί τρόποι μέσω των οποίων οι ουσίες μπορούν να εισέλθουν στα φυτά: πρόσληψη από το έδαφος μέσω των ριζών, επιδερμική διείσδυση και πρόσληψη μέσω των στοματίων. Δεδομένου ότι η πρόσληψή του όζοντος από το έδαφος είναι αμελητέα (Jaker *et al.*, 1992), ο κύριος τρόπος εισόδου του στο φυτό είναι τα στομάτια και ελάχιστα μέσω της επιδερμίδας.

Η συνεχώς αυξανόμενη συγκέντρωση του όζοντος, κυρίως στο Βόρειο ημισφαίριο του πλανήτη μας, ώθησε τους επιστήμονες να προβούν σε ερευνητικές δραστηριότητες για την ανίχνευση των επιπέδων του και τη διερεύνηση της επίδρασής του σε πολλά είδη φυτών, με έμφαση στα καλλιεργούμενα. (Runeckles V. C., and Chevone B. L., 1992)

4.2 Επίδραση όζοντος στη φυσιολογική λειτουργία του φυτού

Σε κυτταρικό επίπεδο, το όζον και άλλοι αέριοι ρύποι προκαλούν ένα μεγάλο αριθμό επιπτώσεων, που περιλαμβάνουν αλλαγές στη διαπερατότητα των μεμβρανών, τροποποιήσεις στις φωτοσυνθετικές αντιδράσεις, τροποποιήσεις στο μεταβολισμό των υδατανθράκων και του αζώτου, καθώς και επιπτώσεις σε δευτερογενείς μεταβολισμούς (Jaker *et al.*, 1992).

Ο κύριος τρόπος εισόδου του όζοντος εντός των φυτών είναι μέσα από τα στομάτια. Τα στομάτια είναι πόροι της επιδερμίδας, οι οποίοι ελέγχονται από την παρουσία δύο καταφρακτικών κυττάρων. Η λειτουργία ανοίγματος και κλεισίματος του στοματικού πόρου βασίζεται στην μεταβολή του σχήματος, του όγκου και του ανομοιομορφου πάχους του κυτταρικού τοιχώματος των καταφρακτικών κυττάρων λόγω μεταβολής της πίεσης.

Το O₃ κατά την πορεία εισόδου του στα φυτά, έρχεται σε επαφή με την εφυμενίδα και τα στομάτια των φύλλων, αντιδρά με τα συστατικά της εφυμενίδας προκαλώντας καταστροφή της επιφάνειάς της και προκαλεί απώλεια K⁺ στα καταφρακτικά κύτταρα, με αποτέλεσμα την απώλεια σπαργής τους. Έτσι, τα στομάτια κλείνουν παρεμποδίζοντας την περαιτέρω είσοδο του O₃ στα φυτά.

Ο μηχανισμός μεταφοράς του όζοντος μεταξύ του ανώτερου εξωτερικού επιφανειακού στρώματος του ελάσματος και του εσωτερικού στρώματος του φυλλικού ιστού, γίνεται μέσω μοριακής διάσπασης. (Karenlampi L. και Skarby L., 1996). Το O₃ περνώντας από τα στομάτια εισέρχεται στον υποστομάτιο μεσοκυττάριο χώρο και διαλύεται στο νερό που περιέχεται στο χώρο αυτό. Εκεί παρατηρείται η αποδόμηση του εξαιτίας της αντίδρασης του με το νερό, δίνοντας «δραστικές ρίζες οξυγόνου», οι οποίες μπορούν να οξειδώσουν πολλούς κυτταρικούς μεταβολίτες και να επιδράσουν σε συστατικά των μεμβρανών, όπως είναι οι ομάδες -SH, τα αμινοξέα και τα ακόρεστα λιπαρά οξέα (Heath, 1975). Οι ελεύθερες ρίζες μπορούν να αντιδράσουν με ένζυμα, μερικά εκ των οποίων σχετίζονται με τη φωτοσύνθεση και άλλες μεταβολικές διεργασίες (Bennett, 1984).

Το O₃ δεν αντιδρά με το κυτταρικό τοίχωμα (το οποίο είναι αδρανές), περνώντας όμως στο πλασμάλημμα είναι ενεργό να αντιδράσει με τα συστατικά του κυτοπλάσματος και των μεμβρανών του. Πιο γρήγορα προσβάλλονται οι διπλές μεμβράνες του ενδοπλασματικού δικτύου, αλλά πιο έντονα οι χλωροπλάστες. Οι θυλακοειδείς μεμβράνες των χλωροπλαστών είναι εξαιρετικά ευαίσθητες κυρίως λόγω των -SH ομάδων. Στις θυλακοειδείς μεμβράνες ενεργούν ένζυμα, τα οποία διευκολύνουν τις αντιδράσεις της φωτοσυνθετικής λειτουργίας. Είναι προφανές ότι οποιαδήποτε μεταβολή αυτών των μεμβρανών θα έχει δυσμενείς επιδράσεις στη φωτοσύνθεση.

Η απόδοση των φυτών που εκτίθενται στο O₃ μπορεί να μειώνεται λόγω του κλεισίματος των στοματίων ή λόγω βλαβών του φωτοσυνθετικού μηχανισμού. Πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι η έκθεση των φυτών στο O₃ προκαλεί αρχικά τουλάχιστον μερικό κλείσιμο των στοματίων (Aben et al, 1990, Gillespie και Winner, 1989), παρ' όλο που υπάρχουν ανακοινώσεις ότι η φωτοσυνθετική διαδικασία είναι αυτή που επηρεάζεται πρώτα (Farage et al., 1991).

Οι περισσότερες έρευνες που ασχολήθηκαν με τις επιπτώσεις του O₃ στα φυτά τόσο σε συνθήκες υπαίθρου όσο και εργαστηρίου οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι η

αγωγιμότητα των στοματίων μειώνεται εξαιτίας του O₃ (Yunus M. και Yqbal, M. 1996).

Πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν και άλλες κυτοπλασματικές ουσίες που προσβάλλονται από το O₃ όπως οι πρωτεΐνες, τα οργανικά οξέα, οι υδατάνθρακες και τα μιτοχόνδρια με τις μεμβράνες τους αλλά σε μικρότερο βαθμό σε σχέση με τους χλωροπλάστες. Παρακάτω παρουσιάζονται βήμα προς βήμα οι φυσιολογικές και βιοχημικές διαδικασίες που επηρεάζονται από αέριους ρύπους:

1. **Αρχή της αφομοίωσης: Φωτοσυνθετικός βαθμός, άνοιγμα στομάτων, ανάπτυξη φύλλων και γήρανση, παρεμπόδιση φωτός.**

2. **Διαμερισμός αφομοίωσης: Ποσοστό βλαστών - ριζών, εξειδικευμένες φυλλικές περιοχές, ποσοστό βάρους φύλλων, ποσοστό φλοιώματος. (sapwood)**

3. **Αναπνοή: Διατήρηση και ανάπτυξη.**

4. **Νέκρωση ιστών: Απώλεια φύλλων (φυλλόρροια) και ριζιδίων, πρόωρη γήρανση και abscission, (αποκοπή) μετατροπή φλοιώματος σε εντεριώνη. (sapwood to heartwood)**

5. **Μετατροπή της αφομοίωσης στο φυτικό ιστό: Ποσοστό φυλλικής επιφάνειας, ειδικό μήκος ριζών κλπ. (Jaker H.J και συν., 1992)**

Η επίδραση του όζοντος μπορεί να είναι χρόνια ή άμεση. (Karenlampi L. και Skarby L., 1996) Η άμεση προκαλείται από μικρής διάρκειας επεισόδια και συνήθως αναφέρονται συμπτώματα φύλλων. (Sagar V. Krupa, 1997) Βραχυχρόνια ανταπόκριση στο στρες μπορεί να είναι ήπια έως και θανατηφόρα. Συνεχές - ήπιας μορφής - στρες μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγές στην αγωγιμότητα των φυτών (π.χ. αλλαγές στη συμπεριφορά των στοματίων) ή σε τροποποίηση της αποτοξίνωσης τους ή της δυνατότητας αποκατάστασης. Χρόνια ή μακράς διάρκειας έκθεση, σε σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις ρύπων διακοπτόμενες από σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων, μπορεί να συνοδεύεται από εμφανή συμπτώματα αλλά και όχι. Οι αντιδράσεις του φυτού επίσης μπορεί να είναι ήπιες ή θανατηφόρες αλλά συνήθως έχουν ως αποτέλεσμα μείωση παραγωγής, γονιμότητας και διατάραξη οικολογικών και γενετικών πληροφοριών (Karenlampi L. και Skarby L., 1996).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

5.1 Γενικά

Η δημιουργία του όζοντος σε τοπική κλίμακα και ο περιορισμός του είναι ένα σημαντικό θέμα κρατικής μέριμνας σε ένα μεγάλο αριθμό διεθνών πολιτικών οργανισμών, συμπεριλαμβανομένων κυρίως των UNECE και την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Η δουλειά της UNECE όσο αφορά τις επιπτώσεις του όζοντος σε καλλιέργειες και δέντρα συνέστησε τη λογική του δείκτη AOT40 για το χαρακτηρισμό της έκθεσης σε κρίσιμα επίπεδα όζοντος.

Η δουλειά της ευρωπαϊκής ενώσεις έχει επικεντρωθεί κυρίως στις συνέπειες του όζοντος στην ανθρώπινη υγεία και στο ρόλο που παίζουν τα καυσαέρια των οχημάτων στην υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα. Έχουν γίνει προτάσεις για ποιοτικά όρια όσον αφορά στα αέρια που εκπέμπονται και στα καύσιμα για το 2000 και μετά. Η επιτροπή έθεσε ένα αντικειμενικό όριο για την ποιότητα του αέρα στα 90ppb, επίπεδο το οποίο κανονικά δεν ξεπερνιέται εκτός από τα πολύ ενεργώς φωτοχημικά καλοκαίρια.

5.2 Στρατηγικές βελτιώσεις ποιότητας του αέρα

Η στρατηγική θέτει στόχους για θέματα υγείας και περιβάλλοντος, καθώς και στόχους για μείωση των εκπομπών των κυριότερων ρύπων. Οι στόχοι αυτοί θα υλοποιούνται σταδιακά έτσι ώστε να προστατεύονται οι κάτοικοι από έκθεση στα σωματίδια και το όζον που υπάρχουν στον αέρα όσο και τα οικοσυστήματα από την όξινη βροχή, την υπερβολική χρήση αζωτούχων λιπασμάτων.

5.2.1 Μετριάσμος

Είναι η πιο συχνή προσέγγιση βελτιώσεις της ποιότητας του αέρα. Γενικά έχει μεγάλο κόστος και ο συσχετισμός κόστους - κέρδους παίζει μεγάλο ρόλο. Οι τεχνολογίες ελέγχου εκπομπής αέριων ρύπων και οι εφαρμογές τους είναι το αποτέλεσμα νόμων ή νομοθετημάτων και αυτοί είναι επίσης με την σειρά τους

συνέπεια επιστημονικής ή δημόσιας πίεσης. Προς το παρόν, ο έλεγχος εκπομπών χρησιμοποιείται στις περισσότερες ανεπτυγμένες χώρες. Αναπτυσσόμενα έθνη δεν τα υιοθέτησαν αμέσως λόγω της σημαντικής ανάπτυξης του πληθυσμού, των χαμηλών βιοτικών επιπέδων και της οικονομικής πίεσης. Παρ' όλο που προς το παρόν οι ανεπτυγμένες χώρες όπως η Αμερική, είναι η μεγαλύτερη παραγωγή ρύπων στο CO₂, μελλοντικοί περιβαλλοντικοί νόμοι μπορεί να περιορίσουν τις εκπομπές μέσω του μετριασμού. Καθώς βρισκόμαστε στον 21^ο αιώνα τα αναπτυσσόμενα έθνη μπορεί να αναλάβουν το ρόλο των κυριάρχων πομπών αέριων ρύπων. Για παράδειγμα, οι εκπομπές όζοντος στη κοιλάδα του Μεξικού αυξήθηκαν από το 1970 ενώ την ίδια χρονική περίοδο οι εκπομπές όζοντος στη περιοχή του Λος Άντζελες είχαν μειωθεί. (Sagar V. K Gupta, 1997)

5.2.2 Προσαρμογή

Ο τομέας της ενέργειας μπορεί να συμβάλει σε μείωση των εκπομπών βλαβερών ρύπων. Σημαντικοί συντελεστές εδώ είναι ορισμένοι στόχοι που έχουν τεθεί και αφορούν κυρίως την παραγωγή ενέργειας και ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (12% και 21% αντιστοίχως από σήμερα μέχρι το 2010) ή τα βιοκαύσιμα. Η στρατηγική προβλέπει ενδεχόμενη επέκταση της οδηγίας για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων στις μικρές εγκαταστάσεις καύσης. Εξετάζεται επίσης το ενδεχόμενο εκπόνησης προτύπων για μικρές εγκαταστάσεις θέρμανσης μέσω της νέας οδηγίας για τα ενεργειοβόρα προϊόντα. Η στρατηγική προβλέπει επίσης να εξεταστεί πώς μπορούν να μειωθούν οι εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων στα πρατήρια καυσίμων.

Στον τομέα των μεταφορών, η στρατηγική προβλέπει νέες προτάσεις που αφορούν τη μείωση των εκπομπών από τα καινούργια ιδιωτικής χρήσεως αυτοκίνητα και μικρά φορτηγά, καθώς και από τα βαριά φορτηγά. Εξετάζει επίσης το ζήτημα της βελτίωσης των διαδικασιών έγκρισης οχημάτων και άλλα μέτρα σχετικά με τις δυνατότητες διαφοροποιούμενης δασμολόγησης και με τα παλιά οδικά οχήματα. Επιπλέον, σε σχετική ανακοίνωση, η Επιτροπή μελετάει πώς θα μειωθούν οι συνέπειες των πτήσεων πάνω στις κλιματικές αλλαγές. Για θέματα που αφορούν τη ναυτιλία, η στρατηγική προβλέπει επίσης συνέχιση των διαπραγματεύσεων στο

πλαίσιο του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού, προώθηση της χρησιμοποίησης των επίγειων ηλεκτρικών δικτύων όταν τα πλοία βρίσκονται στα λιμάνια, καθώς και η συνεκτίμηση ζητημάτων που άπτονται της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε περίπτωση χρηματοδότησης μέσω προγραμμάτων όπως το Μάρκο Πόλο.

5.2.3 Πρόληψη

Η πρόληψη είναι σαφώς καλύτερη από την αντιμετώπιση. Επεξηγηματικά στην Αμερική η πρόληψη ρύπανσης είναι στο προσκήνιο από 1990. Η πρόληψη απαιτεί αλλαγές στη διαδικασία της τεχνολογίας. Ένα παράδειγμα είναι η κατασκευή τούβλων. Η συμβατική παραγωγή τούβλων έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή τοξικών αερίων (κυρίως HF). η κατασκευή τούβλων που περιέχουν υψηλά επίπεδα ασβεστίου ή αλκαλικών απορροφούν το HF. Συμπερασματικά, η πρόληψη απαιτεί όχι μόνο μεγάλη πρόοδο στην τεχνολογία παραγωγής αλλά και εύρος οικονομικών πηγών για να γίνουν οι απαραίτητες αλλαγές. (Sagar V. Krupa, 1997)

5.3 Χημική προστασία

Ζημιές στη φυτική παραγωγή από το όζον μπορούν να προληφθούν μέσω μιας ποικιλίας χημικών σκευασμάτων που καλούνται πολλές φορές antiozodants. Το συγκεκριμένο σκεύασμα που έχει λάβει και το μεγαλύτερο ενδιαφέρον είναι η EDY. Αυτό σε πολλά φυτικά είδη, προλαμβάνει τα ορατά συμπτώματα, μειώνει τη γήρανση των ιστών, μειώνει την αναστολή της ανάπτυξης που προκαλεί το όζον, όταν εφαρμόζεται με τη μορφή σπρέι ή με πότισμα του εδάφους. Υποτίθεται ότι το EDY προσφέρει προστασία εναντιά στο όζον. Έχουν όμως αναφερθεί περιπτώσεις όπου το EDY προκάλεσε τοξικότητα. Κατά συνέπεια, η προστασία που προσφέρει έναντι των επιπτώσεων που έχει το όζον διαφέρει ανάλογα με το φυτό και τις επικρατούσες εδαφικές και κλιματικές συνθήκες. Για να μην έχουμε την εμφάνιση τοξικότητας προτείνονται διαφορετικές ποσότητες στα διάφορα στάδια ανάπτυξης των φυτών. (Jaker *et al*, 1992)

ΜΕΡΟΣ 2^ο
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Το πρόγραμμα ICP Vegetation

Από τη δεκαετία του 1950 εμφανίστηκαν οι πρώτες ανακοινώσεις παρατηρήσεων φυτοτοξικών επιδράσεων του O₃. Το 1959, μετά από ένα χρόνο έρευνας για τον προσδιορισμό του αιτίου των επονομαζόμενων «κηλίδων καιρού» στα καπνά, ανακοινώθηκε ότι αυτές προκαλούνταν από υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος. Έκτοτε, πλήθος μελετών σε παγκόσμια κλίμακα έχουν καταδείξει τις αρνητικές επιδράσεις του O₃ σε αρκετά καλλιεργούμενα και αυτοφυή είδη.

Προς το τέλος της δεκαετίας του '80, μέσα στα πλαίσια ειδικού διεθνούς προγράμματος (ICP Vegetation, UN-NECE, Convention on Long-range Transboundary Air Pollution), που ασχολείται με τις συνέπειες της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στη φυσική βλάστηση και τις καλλιέργειες, έγιναν προσπάθειες για την ανάπτυξη της επιστήμης που σχετίζεται με την ποσοτικοποίηση των ζημιών (σε καλλιέργειες) από το όζον και άλλους ρύπους.

Αυτή την περίοδο συμμετέχουν στο πρόγραμμα του ICP Vegetation επιστήμονες από 28 χώρες, όπως π.χ. Αυστρία, Βέλγιο, Βουλγαρία, Τσεχία, Δανία, Εσθονία, Νήσοι Φαρόι, Φινλανδία, Γαλλία, Γερμανία, Ουγγαρία, Ιταλία, Λετονία, Λιθουανία, οι Κάτω Χώρες, η Νορβηγία, Πολωνία, Πορτογαλία, Ρουμανία, πρώην Σοβιετική Ένωση, Σερβία, Σλοβακία, Σλοβενία, Ισπανία, Σουηδία, Ελβετία, Αγγλία, Ουκρανία και ΗΠΑ.

Η χώρα μας συμμετέχει στο πρόγραμμα από το 1988 (Βελισσαρίου, προσωπική επικοινωνία), με πειραματικό σημείο το Μπενάκειο Φυτοπαθολογικό Ινστιτούτο στην Κηφισιά, ενώ από το 2000 στο πρόγραμμα εντάσσεται και το Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας. Το πρόγραμμα συντονίζεται από το Κέντρο Οικολογίας και Υδρολογίας του Μπανγκόρ (UK).

Επιπλέον, επιτροπή εμπειρογνομόνων από το Βέλγιο, την Ισπανία και την Ελβετία παρέχουν συμβουλές και βοήθεια στον πρόεδρο του ICP Vegetation με τη συμμετοχή τους στην οργανωτική επιτροπή. Οι συμμετέχοντες συναντώνται κάθε έτος σε μια συνεδρίαση (Task Force Meeting) του Working Group για να συζητήσουν τα νεότερα αποτελέσματα και τη μελλοντική ανάπτυξη του προγράμματος. Τα τελευταία χρόνια, η συνεδρίαση της ομάδας εργασίας έχει φιλοξενηθεί από το Βέλγιο (2001), τη Γερμανία (2002) τη Σλοβενία (2003) και την Ελλάδα (2004).

Το ICP Vegetation είναι ένα από τα πολλά προγράμματα διεθνούς συνεργασίας (ICPs) και συνεδριάσεων που ερευνούν τα αποτελέσματα των ρύπων στα ύδατα, υλικά, δάση, οικοσυστήματα, υγεία, και που χαρτογραφούν τα αποτελέσματά τους στην περιοχή της Ευρώπης.

Η διεθνής συνεργασία, για να ελέγξει τη ρύπανση, ενισχύεται από τη Συνθήκη LRTAP (διασυννοριακή ατμοσφαιρική ρύπανσης μεγάλου εύρους). Τα πρωτόκολλά του δεσμεύουν τις χώρες στη μείωση των εκπομπών των ρύπων μέχρι κάποια συγκεκριμένα έτη που έχουν τεθεί ως στόχοι.

1.2 Στόχοι του προγράμματος ICP Vegetation

Οι στόχοι του ICP Vegetation είναι οι ακόλουθοι έξι:

1. Να εκτελέσει συντονισμένα πειράματα και να καθορίσει τα αποτελέσματα της ρύπανσης όζοντος στις καλλιέργειες και στη φυσική βλάστηση στην Ευρώπη και τη Βόρεια Αμερική.
2. Να αναπτύξει μηχανογραφημένα πρότυπα για την ποσοτικοποίηση και την ερμηνεία της επιρροής παραγόντων, όπως οι κλιματολογικές συνθήκες και τα επίπεδα άλλων ρύπων στην ανταπόκριση διαφορετικών φυτικών ειδών στο όζον.
3. Σε συνεργασία με άλλες ομάδες που εργάζονται στο πλαίσιο της Συνθήκης, να χρησιμοποιήσουν αυτά τα πρότυπα για να αναπτύξουν τους χάρτες που παρουσιάζουν τις περιοχές όπου οι καλλιέργειες διατρέχουν κίνδυνο από τη ρύπανση όζοντος στην Ευρώπη.
4. Να αναπτύξει μια οικονομική αξιολόγηση των απωλειών, που προκαλούνται από το όζον, στις καλλιέργειες.
5. Να εκτελέσει τις βιβλιογραφικές επισκοπήσεις και τα πειράματα για να παρέχει τις πληροφορίες για την ευαισθησία φυτικών ειδών στο όζον.

6. Να εκτελέσει τις βιβλιογραφικές επισκοπήσεις και τα πειράματα για τη συσσώρευση ατμοσφαιρικής εναπόθεσης των βαρέων μετάλλων σε επιλεγμένες ποικιλίες φυτών, συμπεριλαμβανομένων και των βρύων.

1.3 Περίληψη των πρόσφατων αποτελεσμάτων του ICP Vegetation

Τα πιο πρόσφατα περιβαλλοντολογικά αποτελέσματα του συγκεκριμένου προγράμματος είναι τα εξής εφτά :

1. Τα περιβαλλοντικά επίπεδα όζοντος μειώνουν σημαντικά τη βιομάζα των ευαίσθητων ειδών, όπως το τριφύλλι, σε διάφορους τόπους στην Ευρώπη και τη Βόρεια Αμερική.

2. Τα κρίσιμα επίπεδα όζοντος, που έχουν συνέπειες στην παραγωγή, ξεπερνιούνται συχνά σε περισσότερες - από τα τρία τέταρτα - περιοχές του ICP Vegetation.

3. Η θερμοκρασία, η υγρασία, και άλλοι ρύποι επηρεάζουν σημαντικά την ανταπόκριση του τριφυλλιού στο περιβαλλοντικό όζον.

4. Οι καλλιέργειες σε τόπους που έχουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις όζοντος μπορεί να μην λάβουν τις υψηλότερες δόσεις όζοντος λόγω του ότι τα αποτελέσματα τροποποιούνται ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες και τη στοματική αγωγιμότητα.

5. Τα περιβαλλοντικά επεισόδια όζοντος έχουν πλήξει τις καλλιέργειες τριφυλλιού τουλάχιστον μια φορά σε κάθε πειραματικό χώρο από τότε που ξεκίνησαν τα πειράματα (το 1994), και κάθε έτος πλήττονται στο 90% των περιοχών.

6. Διάφορες σημαντικές καλλιέργειες όπως ο σίτος, ο αραβόσιτος, η πατάτα και η σόγια μπορούν να εμφανίσουν συμπτώματα όζοντος όταν αναπτύσσονται σε εμπορικές καλλιέργειες.

7. Συμπτώματα όζοντος έχουν ανιχνευθεί επίσης σε είδη φυσικής βλάστησης μετά από περιβαλλοντικά επεισόδια.

(<http://www.icpvegetation.ceh.ac.uk>).

1.4 Μελλοντική εργασία για το ICP Vegetation

1. Αξιολόγηση των κρίσιμων επιπέδων όζοντος για καλλιέργειες και φυσική βλάστηση.
2. Προτάσεις συστάσεων για την περαιτέρω ανάπτυξη της προσέγγισης κρίσιμων επιπέδων, για αξιολόγηση του κινδύνου όζοντος για τη βλάστηση στις διαφορετικές κλιματολογικές συνθήκες.
3. Περαιτέρω ανταλλαγή των στοιχείων όσον αφορά στις επιπτώσεις του όζοντος στη φυσική βλάστηση, και η ανάπτυξη των προτύπων για να προσδιοριστεί η ευαισθησία στο όζον.
4. Νέα πειράματα για την έρευνα των αποτελεσμάτων του περιβαλλοντικού όζοντος στη φυσική βλάστηση.
5. Περαιτέρω ανάπτυξη των προτύπων ροής - επίδρασης για διάφορες καλλιέργειες και χρήση τους για τη χαρτογράφηση των αποτελεσμάτων όζοντος πέρα από την περιοχή της UNECE για την Ευρώπη.
6. Μια οικονομική αξιολόγηση των απωλειών των συγκομιδών που προκαλούνται από το όζον.
7. Περαιτέρω έλεγχος της απόθεσης βαρέων μετάλλων στα φυτά τριφυλλιού.
8. Έλεγχος της απόθεσης βαρέων μετάλλων στα βρύα (<http://www.icpvegetation.ceh.ac.uk>).

1.5 Φυτά βιοδείκτες

Οι μελέτες που ασχολούνται με την επίδραση του ρύπου O₃ στα φυτά αντιμετωπίζουν το πρόβλημα με δύο διαφορετικές προσεγγίσεις. Στην πρώτη, καταγράφεται η συγκέντρωση του O₃ με την χρήση ειδικών οργάνων και εκτιμώνται οι πιθανές επιδράσεις του στα φυτά, με βάση μια γνωστή σχέση μεταξύ έκθεσης των φυτών στο O₃ και των επιπτώσεων του στα φυτά. Η δεύτερη προσέγγιση αφορά στη χρήση φυτών βιοδεικτών του O₃ (βιοκαταγραφή όζοντος). (Λέκκας Δ., 2004)

Ως βιολογικοί δείκτες (ή βιοδείκτες) χαρακτηρίζονται ζωντανοί οργανισμοί (ή φυσιολογικοί μηχανισμοί) που παρουσιάζουν ευαισθησία σε συγκεκριμένες επιβλαβείς ουσίες και εκδηλώνουν χαρακτηριστικές μεταβολές όταν εκτεθούν σε αυτές. (Βελισσαρίου Δ., 1992)

Φυτά βιοδείκτες που εκδηλώνουν κάποια ορατή αντίδραση στο όζον μπορεί να είναι κάποιο είδος δένδρου, είδη ξυλωδών ή και μη ξυλωδών θάμνων. Το κύριο χαρακτηριστικό αυτών των ειδών είναι ότι εμφανίζουν διακριτά συμπτώματα στα φύλλα τους που μπορούν εύκολα να διαγνωσθούν (παθογνωμονικά).

Πολλές φορές τα συμπτώματα του όζοντος στα φυτά αυτά εμφανίζονται μετά το τέλος της περιόδου έκθεσης. Έτσι συμπεραίνουμε ότι οι χημικές αντιδράσεις που οδηγούν στην καταπόνηση των φύλλων συνεχίζουν να δρουν και μετά το τέλος της περιόδου έκθεσης στον αέριο ρύπο (Jaker H.J και συν., 1992).

Είναι γενικά αποδεκτό ότι η στοματική πρόσληψη του όζοντος είναι προαπαιτούμενη για τη δημιουργία τοξικοτήτων στο φυτό. Παρόλα αυτά, σε πολλά πειράματα, έχει βρεθεί ότι τα φυτά διαφοροποιούνται όσον αφορά στην ευαισθησία τους στο όζον χωρίς να σημειώνονται ανάλογες διαφορές στη στοματική τους αγωγιμότητα.

Επιπλέον, υπάρχουν ακόμα αβεβαιότητες σχετικά με το ρόλο του αιθυλενίου στον καθορισμό της ευαισθησίας του φυτού, είναι όμως πιθανόν να συμβάλλει ή να είναι ο παράγοντας που καθορίζει πότε ένα φυτό είναι ευαίσθητο στο όζον. Αυτή η υπόθεση στηρίζεται στο γεγονός ότι το αιθυλένιο επιδρά στη ρύθμιση των αντιοξειδωτικών αντιδράσεων του φυτού (Jaker *et al.*, 1992).

1.6 Βιοκαταγραφή όζοντος

Τα φυτά βιοδείκτες χρησιμοποιούνται σε πολλές βιολογικές εφαρμογές, αλλά ειδικότερα στον τομέα της ρύπανσης είναι πολύτιμα εργαλεία. Με τη βοήθειά τους μπορούμε να ανιχνεύσουμε την παρουσία ενός ρύπου και να υπολογίσουμε την έντασή του σε μια ή περισσότερες περιοχές χωρίς μεγάλη δαπάνη (Βελισσαρίου Δ. και Κυριαζή Α., 1996).

Η βιοκαταγραφή επιτυγχάνεται εύκολα εάν εγκατασταθεί ένα ευρύ δίκτυο σταθμών με φυτά βιοδείκτες. Ανά καθορισμένα χρονικά διαστήματα γίνεται αξιολόγηση της έντασης και της σοβαρότητας των συμπτωμάτων που εμφανίζονται στα φύλλα των ευαίσθητων φυτών. Τα στοιχεία που προκύπτουν χρησιμοποιούνται για τη χρονική καταγραφή των αλλαγών στην ποιότητα του αέρα και για τον καθορισμό της επίπτωσης του όζοντος στην υγεία των φυτών.

Η χρήση ενός τέτοιου δικτύου χρειάζεται για την τεκμηρίωση και τη χαρτογράφηση του φαινομένου σε εθνικό επίπεδο, δεδομένου ότι το μέγεθος των ζημιών εξαρτάται από την ευαισθησία του φυτικού είδους, το μικροκλίμα και το τοπογραφικό της περιοχής, καθώς και από την περιοχή (Βελισσαρίου Δ., 1992), (<http://www.fiaozone.net/basics.htm>).

Ένα παράδειγμα βιοκαταγραφής όζοντος μέσω της χρήσης φυτών βιοδεικτών στην Ελλάδα αποτελεί το παρακάτω πείραμα: Το καλοκαίρι του 1997 έγιναν συστηματικές μετρήσεις και βιοκαταγραφές όζοντος στον κύριο όγκο του δρυμού της Πάρνηθας μέσα στο δασός της ελάτης προκειμένου να αποτιμηθούν τα επίπεδα αυτού του φυτοτοξικού αέριου ρύπου. Οι μετρήσεις έδειξαν υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος που υπερέβαιναν σημαντικά τα Κρίσιμα Επίπεδα για την Ευρώπη και τα φυτά δείκτες (καπνός Bel-W3) "κατέγραψαν" ισχυρή παρουσία όζοντος σε όλη την έκταση του δρυμού (Velissariou D., Skretis L. 2001).

Ο καπνός "Bel-W3" είναι από τις πλέον διαδεδομένες ποικιλίες καπνού που χρησιμοποιείται ευρέως για τη βιοκαταγραφή του όζοντος ενώ εξίσου σημαντική ποικιλία θεωρείται το τριφύλλι (*Trifolium subterraneum* cv *Geraldton* and *T.repens* cv *Regal*). Το χαρακτηριστικό αυτής της ποικιλίας, που την κάνει ιδιαίτερα χρήσιμη, είναι ότι έχει δύο βιότυπους (NC-S και NC-R), γεγονός που μας επιτρέπει να κάνουμε συγκρίσεις. Ο ένας βιότυπος έχει χαρακτηριστική ευαισθησία στις αυξημένες συγκεντρώσεις ατμοσφαιρικού όζοντος (ευαίσθητος βιότυπος) ενώ ο άλλος παρουσιάζει ανθεκτικότητα έναντι του φωτοχημικού ρύπου (ανθεκτικός βιότυπος).

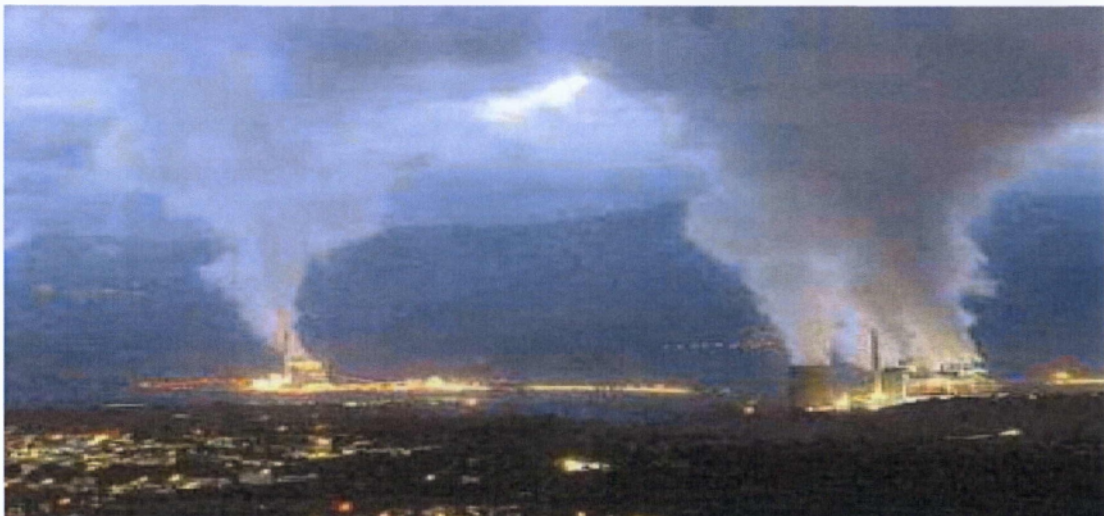
Πάντα όμως επιζητείται ο εντοπισμός νέων φυτικών ειδών ευαίσθητων σε συγκεκριμένους ρύπους που να είναι γρήγορης ανάπτυξης, προσαρμοσμένα στο περιβάλλον που χρησιμοποιούνται, να είναι εύκολη η απόκτηση του σπόρου και γενετικά επιλεγμένα και σταθερά.

Ένα τέτοιο είδος προέκυψε από μια σειρά δοκιμών ευαισθησίας στο όζον που έγινε το 1988-89 με Ελληνικές ποικιλίες που έγιναν στη χώρα μας και χρησιμοποιούνταν στη γεωργική πράξη. Πρόκειται για το Αλεξανδρινό τριφύλλι (*Trifolium alexandrinum* L.) ποικιλία “Λητώ”, η οποία κρίθηκε κατάλληλη για βιολογικός δείκτης όζοντος και προτάθηκε να χρησιμοποιείται στο πρόγραμμα ICP Vegetation. (Βελισσαρίου και Α. Κυριαζή, 1996).

1.7 Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι και η επίδραση τους στα φυτά στη περιοχή της Μεσσηνίας

Η έρευνα που έγινε στο δασικό οικοσύστημα της Πάρνηθας σχετικά με την ατμοσφαιρική ρύπανση φαίνεται να έχει αρκετές ομοιότητες με το δασικό οικοσύστημα του Βορειοδυτικού Ταυγέτου στο οποίο βρίσκεται το εργοστάσιο της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Μεγαλόπολης (Εικόνα 6 και 7).

Έτσι λοιπόν βρήκαμε ότι τα κοινά που παρουσιάζουν αυτά τα 2 οικοσυστήματα είναι η εξασθένηση των δέντρων και ιδιαίτερα της ελάτης καθώς και η εμφάνιση ξερών δέντρων. Αυτή λοιπόν την οικολογική καταστροφή μπορούμε να την αποδώσουμε στην υψηλή συγκέντρωση όζοντος στις δυο αυτές περιοχές. Εξάλλου, παρατηρώντας την βόρεια πλευρά του Ταυγέτου σε σχέση με τα υπόλοιπα τμήματα είναι φανερή η ζημιά που προκαλείται από το εργοστάσιο.



Εικόνα 6: Εμφανής ατμοσφαιρική ρύπανση σε Εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη Μεγαλόπολη



Εικόνα 7 :Εμφανής ατμοσφαιρική ρύπανση σε Εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη Μεγαλόπολη

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Υλικά

2.1.1 Φυτικό υλικό

Χρησιμοποιήθηκαν φυτά γονότυπων φασολιού (*Phaseolus vulgaris*), από τους οποίους ο S - 156 είναι ευαίσθητος στις υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος καθώς και ο γονότυπος R - 123 ο οποίος είναι ανθεκτικός στις υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος. Η προέλευση των βιοτόπων αυτών είναι η Αμερική (από το USDA - ARS Plant science Unit field site near Raleigh, North Carolina)

2.1.2 Υπόστρωμα, Φυτοδοχείο, Λίπασμα

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία του εδαφικού υποστρώματος είναι:

- a) Τύρφη
- b) Περλίτης
- c) Υπόστρωμα

Για την λίπανση των φυτών χρησιμοποιήθηκε συνθετικό λίπασμα Complesal combo supra (12-8-16 +3MgO+B+Fe+Zn) το οποίο είναι αργής αποδεσμευσης σύμφωνα πάντα με τις απαιτήσεις του πρωτοκόλου του ICP Vegetation.

2.2 Μέθοδοι

2.2.1 Πειραματικό σχέδιο

Το πειραματικό σχέδιο προβλέπει την εγκατάσταση τουλάχιστον 8 δοχείων για κάθε γενότυπο στο πειραματικό χώρο προς έκθεση τους στην ατμόσφαιρα της περιοχής ώστε να διαπιστωθεί παρουσία τροποσφαιρικού όζοντος. Για την διεξαγωγή του πειράματος μας χρησιμοποιήσαμε 25 δοχεία τα οποία περιείχαν φασόλια δύο διαφορετικών βιότυπων, δηλαδή 15 δοχεία είχαν βιότυπους φασολιού ανθεκτικούς στο ρύπο (όζον) και 10 με ευαισθησία στην συγκέντρωση όζοντος.

Το φυτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν μοσχεύματα φασολιού και των δύο βιότυπων που ήταν 50. Η πειραματική διαδικασία διεξαχθεί τον Σεπτέμβριο του 2010. Η επιλογή των μοσχευμάτων έγινε έτσι ώστε να είναι υγιή, απαλλαγμένα από παρασιτικές ασθένειες, καθώς και με επαρκές ριζικό σύστημα για να επιτευχθεί γρήγορη ριζοβολία.

Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν δοχεία απο τύρφη (jiffy pots) τα οποία γεμίστηκαν με περλίτη και τοποθετήθηκαν στο θερμοκήπιο. Μετά την φύτευση των μοσχευμάτων στις 26/08/10 τα δοχεία τοποθετήθηκαν στην υδρονέφωση για να αποφευχθεί η υπερβολική άρδευση, δεδομένου ότι μπορεί να αυξηθεί η ευαισθησία των βιοτύπων σε μύκητες, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια των πρώτων 10 ημερών. Καθημερινά γινόταν έλεγχος για τη σωστή λειτουργία της υδρονέφωσης ώστε να εξασφαλιστεί συνεχής και επαρκής υγρασία ώστε να επιτευχθεί μια ικανοποιητική ριζοβολία και βλάστηση.

Η επιλογή του χώρου για την εγκατάσταση των δοχείων με τα μοσχεύματα έγινε σύμφωνα με το πρωτόκολλο για τα πειράματα του ICP Vegetation στο χώρο του ΑΤΕΙ Καλαμάτας στον Αντικάλαμο Μεσσηνίας, σε απόσταση 50 μέτρων από κατοικημένη περιοχή και σε απόσταση μεγαλύτερη των 200 μέτρων από τον κεντρικό δρόμο και δεντροφυτευμένη περιοχή. Αφού πρώτα ισοπεδώθηκε και καθαρίστηκε από ζιζάνια με την βοήθεια του εκσκαφέα τοποθετήθηκε μαύρο πλαστικό. Το μαύρο πλαστικό χρησιμοποιήθηκε σαν υπόβαθρο των φυτοδοχείων, ώστε να αποτρέψουμε την απευθείας επαφή τους με το έδαφος και την αντιμετώπιση ανεπιθύμητων φυτών και ζιζανίων που φυτρώνουν και αναπτύσσονται από μόνα τους μέσα στον χώρο μιας καλλιέργειας χωρίς να τα έχουν σπείρει με αποτέλεσμα τον ανταγωνισμό τους με τα

καλλιεργούμενα φυτά, στεριόντας τους έτσι πολύτιμα θρεπτικά στοιχεία και νερό και τελικά δημιουργώντας σοβαρά προβλήματα στην παραγωγή.

Η άρδευση τους γινόταν με δίκτυο αυτόματου ποτίσματος (μπεκ) το οποίο ήταν προγραμματισμένο να ποτίζει 3 φορές την ημέρα ανά 8 ώρες για 10 έως 15 λεπτά και ανάλογα πάντα με τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν.

Σύμφωνα με το πειραματικό σχέδιο χρησιμοποιήθηκαν 29 δοχεία λευκού χρώματος, περιεκτικότητας 15 λίτρα με διάμετρο επιφανείας 30 cm. τα δοχεία αυτά επιτρέπουν 3 - 5 μήνες ανάπτυξη χωρίς υποστύλωση και το λευκό χρώμα μειώνει την υπερθέρμανσή τους. Τα δοχεία απολυμάνθηκαν και ως υπόστρωμα χρησιμοποιήθηκε μίγμα τύρφης - φυτοχώματος - περλίτης σε αναλογία 1:1:1.

Για την μεταφύτευση έγινε επιλογή των 25 των πιο εύρωστων μοσχευμάτων, 15 (R) με βιότυπο φασολιού ανθεκτικά στον ρύπο και 10 (S) με ευαισθησία στην συγκέντρωση όζοντος. Τα υπόλοιπα διατηρήθηκαν στο θερμοκήπιο. Η βλάστηση των φυτών ξεκίνησε 7 μέρες μετά την φύτευση (2/08/10) και η μεταφύτευση τους στα δοχεία έγινε στις 06/09/10. Σε κάθε δοχείο είχε τοποθετηθεί ταμπέλα που ανέφερε το είδος του βιότυπου καθώς και τη θέση του στο χώρο του πειράματος. Η διάταξη τους φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 2.1)

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1: Διάταξη των φυτοδοχείων στον πειραματικό αγρό. Με S αναφέρονται φυτοδοχεία με φυτά της ευαίσθητης ποικιλίας και με R φυτοδοχεία με φυτά της ανθεκτικής ποικιλίας .

R1	S4	R8	R12
S1	R5	S8	R13
R2	S5	R9	R14
S2	R6	S9	R15
R3	S6	R10	
S3	R7	S10	
R4	S7	R11	

2.2.2 Έναρξη του πειράματος - Καλλιεργητικές φροντίδες

Η πρώτη μέρα του πειράματος θεωρείται η μέρα μηδέν (0) που το φασόλι τοποθετείται υπαίθρια στην πειραματική τοποθεσία και πρέπει να είναι αμέσως μετά τη φύτευση των φασολιών στα τελικά δοχεία.

Η συχνότητα και η διάρκεια των ποτισμάτων ρυθμιζόταν ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες και τις απαιτήσεις των φυτών σε νερό για αποφυγή παρουσίας stress στα φυτά λόγω έλλειψης εδαφικής υγρασίας. (πίνακας 2.2)

Καθημερινά γινόταν έλεγχος για την ορθή λειτουργία του αρδευτικού συστήματος και παρατήρηση των φυτών για πιθανές προσβολές καθώς και για την φυσιολογική τους ανάπτυξη.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ
06/09/10	ΑΝΑ 8 ΩΡΕΣ	15 ΛΕΠΤΑ
06/10/10	ΑΝΑ 8 ΩΡΕΣ	15 ΛΕΠΤΑ
18/10/10	ΑΝΑ 4 ΩΡΕΣ	15 ΛΕΠΤΑ

Καθ' όλη τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας (με τη χρήση γεωργικών εργαλείων και ηλεκτρικού μηχανήματος) η βλάστηση περιμετρικά των δοχείων και του πειραματικού χώρου διατηρήθηκε σε ύψος χαμηλότερο του επιπέδου των δοχείων, ώστε να αποτραπεί η δημιουργία σκόνης και λάσπης αλλά και η μετάδοση ασθενειών και μολύνσεων. Παράλληλα γινόταν τακτικά αφαίρεση ζιζανίων εντός των δοχείων.

2.2.3 Τεχνική μετρήσεων (SCORING)

Η τεχνική των μετρήσεων έγινε με δύο τρόπους. Πρώτα με καταγραφή των παθογνωμονικών συμπτωμάτων στη φυλλική επιφάνεια των φυτών και έπειτα με συγκομιδή και καταμέτρηση του ξηρού βάρους του υπέργειου τμήματος.

Η ποσοτική εκτίμηση των συμπτωμάτων έγινε με τη βοήθεια ενός πίνακα βαθμονόμησης (πίνακας 2.3) με κλίμακα 6 επιπέδων σύμφωνα πάντα με το σχετικό πρωτόκολλο.

ΠΙΝΑΚΑ 2.3 ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ

0	ΧΩΡΙΣ ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ
1	ΜΙΚΡΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ 1-5% ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ
2	ΜΕΤΡΙΑ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ 5-25 % ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ
3	ΒΑΡΙΑ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ 25-50% ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ
4	ΠΟΛΥ ΒΑΡΙΑ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ 50-90 % ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ
5	ΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ 90-100% ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ

ΠΗΓΗ: (Experimental protocol, 2010)

2.2.3.1 Μετρήσεις συνολικής χλωροφύλλης των φύλλων

Με το όργανο Spad 502 Minolta (Εικόνα 8) μετρήθηκε η συνολική χλωροφύλλη των φύλλων. Το ανωτέρω όργανο είναι ένας φορητός μετρητής της περιεκτικότητας των φύλλων σε χλωροφύλλη, που πραγματοποιεί τη μέτρηση χλωροφύλλης χωρίς να προκαλεί ζημιά στα φυτά (Εικόνα 9). Μετρήθηκε λοιπόν η συνολική χλωροφύλλη των φύλλων σε διάφορα στάδια ανάπτυξης των φυτών τόσο από τον ανθεκτικό όσο και από τον ευαίσθητο γονότυπο. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε μονάδες SPAD.



Εικόνα 8: SPAD 502 μετρητής χλωροφύλλης



Εικόνα 9: Διαδικασία Μέτρησης

2.2.3.2 Μετρήσεις του ρυθμού φωτοσύνθεσης και της στοματικής αγωγιμότητας με *LCI Portable Photosynthesis System*.

Η μέτρηση της φωτοσυνθετικής ικανότητας των φύλλων πραγματοποιήθηκε με το όργανο LCI. Οι μετρήσεις πραγματοποιούνταν ανά 3-5 μέρες συνήθως δύο φορές τη μέρα πρωί και μεσημέρι που η θερμοκρασία είναι πιο υψηλή. Το όργανο τοποθετούνταν στην επιφάνεια του φύλλου που ήταν στραμμένη προς τον ήλιο και παίρνονταν κάποιες τιμές που μας έδειχναν την φωτοσυνθετική ικανότητα των φύλλων. Στο τέλος όλες αυτές οι μετρήσεις καταγράφηκαν σε πίνακα που θα παρουσιαστεί πιο κάτω.

Με το όργανο **LCI Portable Photosynthesis System** μετρήθηκαν ο ρυθμός φωτοσύνθεσης (Photosynthetic Rate A) καθώς επίσης και η στοματική αγωγιμότητα των φύλλων (Stomatal conductance g_s).

Ρυθμός φωτοσύνθεσης (A)

Ο ρυθμός φωτοσύνθεσης μετριέται σε A ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) είναι ο ρυθμός ανταλλαγής CO_2 στο θάλαμο του φύλλου και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$A=U_s \Delta c$$

Όπου U_s η συνολική ροή αέρα για κάθε m^2 φυλλικής επιφάνειας, $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ και Δc η διαφορά της συγκέντρωσης του CO_2 concentration through chamber, dilution corrected.

Αντίστοιχα η στοματική αγωγιμότητα συμβολίζεται ως (g_s), και μετριέται σε $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ υπολογίζεται δε από τον τύπο:

$$g_s=1/r_s$$

Όπου r_s είναι η στοματική αντίσταση στην εξάτμιση του νερού και υπολογίζεται σε, $\text{m}^2 \text{s}^{-1} \text{mol}^{-1}$

2.2.3.3 Καταμέτρηση της συγκέντρωσης του όζοντος στην ατμόσφαιρα.

Παράλληλα με τις ανωτέρω μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στα φυτά των δύο ποικιλιών φασολιού, καταγράφονταν και η συγκέντρωση του όζοντος στο χώρο που είχαν τοποθετηθεί τα φυτά, με την βοήθεια ενός μετρητή όζοντος (DASIBI 1003-RS).

Ο συγκεκριμένος μετρητής ήταν εγκατεστημένος στον πειραματικό χώρο του εργαστηρίου φυσιολογίας του Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας εντός της περιοχής εκτέλεσης του πειράματος.

Ο μετρητής αυτός λειτουργεί ως εξής: ο ατμοσφαιρικός αέρας εισάγεται στο μετρητή μέσω ενός σωλήνα και ο μετρητής καταγράφει με τη βοήθεια ειδικών φίλτρων τη συγκέντρωση όζοντος της ατμόσφαιρας. Ο ανωτέρω μετρητής είναι προγραμματισμένος ανάλογα με τις ανάγκες του πειράματος να καταγράφει τη μέση ωριαία συγκέντρωση όζοντος της ατμόσφαιρας.

Τα δεδομένα του μετρητή, με τη μορφή αρχείου, αποθηκεύονται σε μηνιαία βάση σε έναν υπολογιστή, ο οποίος ήταν συνδεδεμένος με τον μετρητή. Στη συνέχεια υπολογίστηκε ο μέσος όρος για κάθε μέρα και παρουσιάζεται στον πίνακα.

Οι μετρήσεις για τις συγκεντρώσεις του όζοντος εκφράζονται σε ppb/h (δηλαδή σε μέρη στο εκατομμύριο ανά ώρα).

2.2.3.4 Μετρήσεις ξηρού βάρους των λοβών φασολιού που σχηματίστηκαν.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι η εξής: οι καρποί κόπηκαν και συγκεντρώθηκαν σε χάρτινες σακούλες στις οποίες αναγράφονταν ο βιότυπος και η θέση των φασολιών στον πειραματικό χώρο. Οι σακούλες τοποθετήθηκαν σε προθερμασμένα ξηραντήρια για 48 ώρες σε θερμοκρασία 80 °C. Μετά το πέρας των 48 ωρών (και την ολοκλήρωση της ξήρανσης) έγινε μέτρηση του ξηρού μέρους του περιεχομένου της κάθε σακούλας με την χρήση ζυγαριάς ακριβείας. Επίσης οι λοβοί φασολιού χωρίστηκαν στις εξής τρεις κατηγορίες:

1^η κατηγορία: Λοβοί με σπόρους και μέγεθος μεγαλύτερο των 4cm.

2^η κατηγορία: Λοβοί χωρίς σπόρους και μέγεθος μεγαλύτερο των 4cm.

3^η κατηγορία: Λοβοί χωρίς σπόρους και μέγεθος μεταξύ 2-4cm.

2.3 Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση των πειραματικών μετρήσεων πραγματοποιήθηκε με το πρόγραμμα STATGRAPHICS. Η σημαντικότητα των αποτελεσμάτων ελέγχθηκε με ανάλυση της διασποράς (Analysis of Variance).

Η σύγκριση των μέσων έγινε με τη μέθοδο της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς σε επίπεδο σημαντικότητας $P \leq 0.05$ ή $P \leq 0.01$. Σχεδιάστηκε μονοπαραγοντικό πείραμα, και εφαρμόστηκε το Εντελώς Τυχαιοποιημένο Σχέδιο. Στην παράθεση των αποτελεσμάτων οι μέσοι που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα της λατινικής αλφαβήτου διαφέρουν στατιστικά σημαντικά. Ο αριθμός των επαναλήψεων που χρησιμοποιήθηκαν ήταν 14 ($n=14$).

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.

3.1 Μέτρηση του ρυθμού φωτοσύνθεσης και της στοματικής αγωγιμότητας στα φύλλα των γονότυπων του φασολιού

3.1.1 Επίδραση του γονότυπου στο ρυθμό φωτοσύνθεσης και στη στοματική αγωγιμότητα των φύλλων

Μετρήθηκαν ο ρυθμός φωτοσύνθεσης και η στοματική αγωγιμότητα των φυτών των δύο γονότυπων, ώστε να εκτιμηθεί εάν ο γονότυπος επηρέασε τις φυσιολογικές λειτουργίες του φυτού στα δεδομένα επίπεδα του όζοντος. Δηλαδή, εάν τα φυτά του ευαίσθητου γονότυπου καταπονήθηκαν από την υψηλή παρουσία όζοντος.

Πίνακας 2.4. Επίδραση του γονότυπου (ανθεκτικού ή ευαίσθητου στο όζον) στο ρυθμό φωτοσύνθεσης καθώς και στη στοματική αγωγιμότητα φυτών φασολιού. Οι μετρήσεις αφορούν όλη τη περίοδο καλλιέργειας .

Γονότυπος	Ρυθμός φωτοσύνθεσης	Στοματική αγωγιμότητα
R	5,34	0,34
S	5,28	0,34
Ανάλυση της διασποράς		
Γονότυπος	NS	NS
Οι μέσοι των επεμβάσεων διαχωρίζονται με το Student's test σε $P=0.05$ *.**: σημαντικά σε $P=0.05$, $P=0.01$, αντίστοιχα, NS μη σημαντικά σε $P=0.05$		

Όπως φαίνεται και από το πίνακα 2.4, η επίδραση του γονότυπου στο ρυθμό φωτοσύνθεσης καθώς και η στοματική αγωγιμότητα όταν εξετάστηκαν συνολικά σε όλη τη διάρκεια του πειράματος δεν επηρεάστηκαν από το γονότυπο (ήταν ελαφρά υψηλότερος ο ρυθμός φωτοσύνθεσης στα φυτά του ανθεκτικού γονότυπου, αλλά η διαφορά δεν ήταν στατιστικά σημαντική).

3.1.2 Επίδραση του γονότυπου στο ρυθμό φωτοσύνθεσης και στη στοματική αγωγιμότητα των φύλλων σε διάφορα στάδια ανάπτυξης των φυτών

Για την ευκολότερη μελέτη των δεδομένων καθώς και την ασφαλέστερη διεξαγωγή συμπερασμάτων, η περίοδος καλλιέργειας χωρίστηκε σε δύο επιμέρους χρονικές περιόδους, την πρώτη που περιλαμβάνει την περίοδο από την έναρξη των μετρήσεων έως και την άνθηση των φυτών (Πίνακας 2.5) και τη δεύτερη που περιλαμβάνει την περίοδο από την άνθηση έως την συγκομιδή των καρπών (Πίνακας 2.6), οπότε έχουμε και τη λήξη των μετρήσεων.

Πίνακας 2.5. Επίδραση του γονότυπου (ανθεκτικού ή ευαίσθητου στο όζον) στο ρυθμό φωτοσύνθεσης καθώς και στη στοματική αγωγιμότητα φυτών φασολιού. Οι μετρήσεις αφορούν το πρώτο μισό της περιόδου καλλιέργειας.

Γονότυπος	Ρυθμός φωτοσύνθεσης	Στοματική αγωγιμότητα
R	8,17	0,57
S	8,13	0,57
Ανάλυση της διασποράς		
Γονότυπος	NS	NS
Οι μέσοι των επεμβάσεων διαχωρίζονται με το Student's test σε P=0.05 *.*: σημαντικά σε P=0.05, P=0.01, αντίστοιχα, NS μη σημαντικά σε P=0.05		

Η επίδραση του γονότυπου (R ή S), δεν ήταν σημαντική στο ρυθμό φωτοσύνθεσης των φυτών και στη στοματική αγωγιμότητα κατά την πρώτη περίοδο ανάπτυξής τους (από την έναρξη των μετρήσεων έως και την άνθηση των φυτών) (Πίνακας 2.5).

Κατά τη δεύτερη περίοδο ανάπτυξης των φυτών δηλαδή από την άνθηση τους μέχρι και τη συγκομιδή, ο γονότυπος της καλλιεργούμενης ποικιλίας δεν επέδρασε σημαντικά στο ρυθμό φωτοσύνθεσης των φυτών και στη στοματική αγωγιμότητα των φυτών (Πίνακας 2.6).

Πίνακας 2.6. Επίδραση του γονότυπου (ανθεκτικού ή ευαίσθητου στο όζον) στη στοματική αγωγιμότητα φύλλων φυτών φασολιού. Οι μετρήσεις αφορούν το δεύτερο μισό της περιόδου καλλιέργειας.

Γονότυπος	Ρυθμός φωτοσύνθεσης	Στοματική αγωγιμότητα
R	1,69	0,07
S	1,63	0,08
Ανάλυση της διασποράς		
Γονότυπος	NS	NS
Οι μέσοι των επεμβάσεων διαχωρίζονται με το Student's test σε P=0.05 *.,**.: σημαντικά σε P=0.05, P=0.01, αντίστοιχα, NS μη σημαντικά σε P=0.05		

3.1.3 Επίδραση της ώρας και ημερήσια διακύμανση του ρυθμού φωτοσύνθεσης

Στη συνέχεια εξετάστηκε η επίδραση της ώρας της ημέρας στο ρυθμό φωτοσύνθεσης.

Πίνακας 2.7. Επίδραση της ώρας στο ρυθμό φωτοσύνθεσης φυτών φασολιού. Οι μετρήσεις αφορούν την 13/10/2010.

Γονότυπος	Ρυθμός φωτοσύνθεσης
09:30	5.89
12:30	7,83
16:30	4.11
Ανάλυση της διασποράς	
Γονότυπος	**
Οι μέσοι των επεμβάσεων διαχωρίζονται με το Student's test σε P=0.05 *.,**.: σημαντικά σε P=0.05, P=0.01, αντίστοιχα, NS μη σημαντικά σε P=0.05	

Όσον αφορά το ρυθμό φωτοσύνθεσης η επίδραση της ώρας και της ημέρας ήταν πολύ σημαντική. Στα φυτά λοιπόν ο χαμηλότερος ρυθμός φωτοσύνθεσης μετρήθηκε στις 16:30 το απόγευμα σε σύγκριση με τις 09:30 και 12:30 όπου αντίστοιχα παρατηρήθηκαν και οι υψηλότεροι ρυθμοί φωτοσύνθεσης (Πίνακας 2.7).

3.1.4 Μέτρηση συνολικής χλωροφύλλης στα φύλλα των ποικιλιών φασολιού με SPAD

Σε όλη τη διάρκεια της καλλιέργειας μετρήθηκε η συνολική χλωροφύλλη των φύλλων τόσο σε φυτά του ανθεκτικού στο όζον γονότυπου, όσο και σε φυτά του ευαίσθητου στο όζον γονότυπου. Στο παρακάτω πίνακα (πίνακας 2.8) παρατηρούμε ότι τα φυτά του ευαίσθητου στο όζον γονότυπου είχαν χαμηλότερη τιμή (στατιστικά διαφορετική) συνολικής χλωροφύλλης σε σύγκριση πάντα με τα φυτά του ανθεκτικού γονοτύπου.

Πίνακας 2.8. Επίδραση του γονότυπου (ανθεκτικού και ευαίσθητου στο όζον) στη συνολική χλωροφύλλη των φύλλων φασολιού (μέτρηση σε μονάδες Spad).

Γονότυπος	SPAD
R	38.29
S	36.53
Ανάλυση της διασποράς	
Γονότυπος	*
Οι μέσοι των επεμβάσεων διαχωρίζονται με το Student's test σε P=0.05 *.*: σημαντικά σε P=0.05, P=0.01, αντίστοιχα, NS μη σημαντικά σε P=0.05	

3.2 Μέτρηση ξηρού βάρους φασολιών που σηματοπίστηκαν

Οι μεγάλοι λοβοί με σπόρο που αναπτύχθηκαν σε φυτά του ανθεκτικού γονότυπου είχαν υψηλότερο βάρος σε σύγκριση με τους αντίστοιχους που αναπτύχθηκαν σε φυτά φασολιού του ευαίσθητου γονότυπου όπως φαίνεται στο πίνακα 2.9.

Πίνακας 2.9. Μέτρηση ξηρού βάρους μεγάλων λοβών φασολιών με σπόρο

Γονότυπος	Ξηρό βάρος μεγάλων λοβών φασολιών με σπόρο σε (g)
R	29,94
S	18,17
Ανάλυση της διασποράς	
Γονότυπος	*
Οι μέσοι των επεμβάσεων διαχωρίζονται με το Student's test σε P=0.05 *.,**.: σημαντικά σε P=0.05, P=0.01, αντίστοιχα, NS μη σημαντικά σε P=0.05	

Οι μεγάλοι λοβοί χωρίς σπόρο που αναπτύχθηκαν σε φυτά του ευαίσθητου γονότυπου είχαν χαμηλότερο (μη στατιστικά σημαντικό) βάρος σε σύγκριση με τους αντίστοιχους που αναπτύχθηκαν σε φυτά φασολιού του ανθεκτικού γονότυπου όπως φαίνεται στο πίνακα 2.10.

Πίνακας 2.10. Μέτρηση ξηρού βάρους μεγάλων λοβών φασολιών χωρίς σπόρο

Γονότυπος	Ξηρό βάρος μεγάλων λοβών φασολιών χωρίς σπόρο σε (g)
R	3,00
S	2,17
Ανάλυση της διασποράς	
Γονότυπος	NS
Οι μέσοι των επεμβάσεων διαχωρίζονται με το Student's test σε P=0.05 *.,**.: σημαντικά σε P=0.05, P=0.01, αντίστοιχα, NS μη σημαντικά σε P=0.05	

Οι μικροί λοβοί χωρίς σπόρο που αναπτύχθηκαν σε φυτά του ανθεκτικού γονότυπου είχαν ελαφρά υψηλότερο (μη στατιστικά σημαντικό) βάρος σε σύγκριση με τους αντίστοιχους που αναπτύχθηκαν σε φυτά φασιολιού του ευαίσθητου γονότυπου όπως φαίνεται στο πίνακα 2.11.

Πίνακας 2.11 Μέτρηση ξηρού βάρους μικρών λοβών φασιολιών χωρίς σπόρο

Γονότυπος	Ξηρό βάρος μικρών λοβών φασιολιών χωρίς σπόρο σε (g)
R	0,40
S	0,19
Ανάλυση της διασποράς	
Γονότυπος	NS
Οι μέσοι των επεμβάσεων διαχωρίζονται με το Student's test σε P=0.05 *.*: σημαντικά σε P=0.05, P=0.01, αντίστοιχα, NS μη σημαντικά σε P=0.05	

3.3 Μορφολογική καταγραφή ζημιάς στα φύλλα (SCORING)

Εκτός των φυσιολογικών μετρήσεων στα φυτά των δύο γονότυπων (ευαίσθητου και ανθεκτικού), εκτιμήθηκε και μορφολογικά το ποσοστό της φυλλικής επιφάνειας το οποίο είχε ζημιωθεί από την υπερβολική παρουσία του όζοντος. Η υπερβολική συγκέντρωση όζοντος προκαλεί χαρακτηριστικό σύμπτωμα στα φύλλα των φυτών (καφέ μεταχρωματισμούς του ελάσματος).

Στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου (20/10/10) όπως διακρίνουμε στο Πίνακας 2.12 τα φύλλα με χαρακτηριστικά συμπτώματα από την υπερβολική συγκέντρωση όζοντος στα φυτά του ευαίσθητου γονότυπου (Εικόνα 3.4) είχαν αυξηθεί τόσο στον αριθμό των ζημιωμένων φύλλων και επίσης είχε αυξηθεί και το ποσοστό της ζημιωμένης φυλλικής επιφάνειας.

Πίνακας 2.12. Καταγραφή των συμπτωμάτων της τοξικότητας του όζοντος στα φύλλα φασολιού ευαίσθητης και ανθεκτικής ποικιλίας στο τέλος τέλος της καλλιεργητικής περιόδου.

Γονότυπος	1-5%	5-25%	>25%	ΝΕΚΡΑ ΦΥΛΛΑ
R	24	14	30	5
S	72	71	76	11



Εικόνα 10. Φύλλα φυτού φασολιού του ανθεκτικού γονότυπου.



Εικόνα 11. Ανεπτυγμένο φυτό φασολιού του ανθεκτικού γονότυπου



Εικόνα 12 Ανεπτυγμένο φυτό φασολιού του ευαίσθητου γονότυπου



Εικόνα 13 Φύλλο φυτού φασολιού του ευαίσθητου γονότυπου



Εικόνα 14 Φυτό φασολιού του ευαίσθητου γονότυπου

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο πείραμα που πραγματοποιήθηκε εξετάστηκε η συμπεριφορά δύο γονότυπων φασολιού των R 123 (ανθεκτικός στο όζον) και S 156 (ευαίσθητο στο όζον) σε υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος.

Εξετάστηκε ο ρυθμός φωτοσύνθεσης των φυτών και των δύο γονότυπων και βρέθηκε ότι τα φυτά του ευαίσθητου γονότυπου παρουσίασαν χαμηλότερο ρυθμό φωτοσύνθεσης σε όλη την διάρκεια του πειράματος σε σύγκριση πάντα με αυτά του ανθεκτικού γονότυπου. Όσο αφορά την στοματική αγωγιμότητα ήταν ελαφρά υψηλότερη στον ευαίσθητο γονότυπο σε σχέση με τον ανθεκτικό γονότυπο, χωρίς να παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος.

Κατά τη διάρκεια του πειράματος εξετάστηκε και η συνολική χλωροφύλλη των φύλλων με το όργανο Spad 502 Minolta η συνολική χλωροφύλλη εμφανίστηκε υψηλότερη στα φυτά του ανθεκτικού γονότυπου σε σύγκριση πάντα με τα φυτά του ευαίσθητου γονότυπου.

Ακόμη, κατά την ξήρανση των λοβών των φασολιών και των δύο γονότυπων μετρήθηκε το ξηρό βάρος τους. Παρατηρήθηκε ότι τόσο στους καρπούς με σπόρο όσο και σε αυτούς χωρίς σπόρο το ξηρό βάρος των λοβών του ανθεκτικού γονότυπου ήταν υψηλότερο από αυτό των λοβών του ευαίσθητου γονότυπου.

Η μορφολογική εξέταση της ζημιάς που παρουσιάστηκε στο έλασμα των φύλλων (scoring) στο τέλος της πειραματικής περιόδου έδειξε σημαντική καταστροφή του ελάσματος των φύλλων του ευαίσθητου γονότυπου (S) εκφράστηκε με καφετί μεταχρωματισμό του. Αντίθετα, ο ανθεκτικός γονότυπος (R) δεν παρουσίασε σημαντική καταστροφή στα φύλλα των φυτών του.

Όπως συμπεραίνουμε και από την μελέτη των ανωτέρω μετρήσεων, η ζημιά που προκλήθηκε στη συγκεκριμένη περίοδο καλλιέργειας στα φυτά του ευαίσθητου γονότυπου, δεν ήταν τόσο μεγάλη όσο αυτή που προκλήθηκε κατά τη θερινή περίοδο. Αποτέλεσμα αναμενόμενο, αφού οι τιμές του όζοντος το φθινόπωρο είναι μικρότερες από αυτές της θερινής περιόδου.

Χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση για πιο ασφαλή συμπεράσματα και επίσης πραγματοποίηση της πειραματικής διαδικασίας λίγο νωρίτερα ημερολογιακά, όπου οι θα επικρατούν οι υψηλότερες θερμοκρασίες του Σεπτεμβρίου.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΠΙΝΑΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ
ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΖΗΜΙΑΣ ΣΕ ΦΥΛΛΑ

	6/10/10	20/10/10	20/10/10	20/10/10	20/10/10	20/10/10
	Αριθμός Φύλλων	Φυτογειονομική κατάσταση	Φύλλα 1-5%	Φύλλα 5-25%	Φύλλα Πάνω 25%	Νεκρά Φύλλα
R1	13	Λιριόμυζα Σαλιγκάρια	3		3	
R2	19		1	2	3	1
R3	12	51		1	2	
R4	12		3	1		2
R5	16		2	1	7	
R6	11		2	1		
R7	14		3			
R8	19		1	2		1
R9	16				3	
R10						
R11	20		1	2	3	
R12	15		3		3	1
R13	17		3		3	
R14	18		2	1	3	
R15	14			3		
S1	23	Stund 1	15	9	18	1
S2	13	Αφίδες 51	3	7	3	
S3	26		11	3		2
S4	24	51	17	11	20	2
S5	8	53	6	9		2
S6	14	52	6	3	9	1
S7	20		2	7	6	
S8	15		9	10	10	2
S9	20		3	7	5	1
S10	12	52	1	5	5	

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕ ΒΑΡΗ ΑΠΟ ΖΥΓΙΣΗ ΛΟΒΩΝ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ:10/11/10

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 2^η ΖΥΓΙΣΗΣ 18/11/10

	ΛΟΒΟΙ 2-4cm (χωρίς καρπό)	ΛΟΒΟΙ 2-4cm (με καρπό)	ΛΟΒΟΙ >4cm (χωρίς καρπό)	ΛΟΒΟΙ >4cm (με καρπό)
R1			5.925	27.073
R2	0.075		3.147	38.606
R3			0.933	15.640
R4			0.506	16.060
R5			0.378	40.849
R6			2.708	10.528
R7	0.614		3.195	22.653
R8			4.778	4.655
R9			0.772	41.908
R10				
R11				59.143
R12			10887	35.460
R13				59.034
R14			1.607	37.566
R15	0.758		5.935	10.033
S1	0.086		0.816	17.295
S2			0.573	14.672
S3	0.355		10.879	
S4	0.141		0.993	21.032
S5	0.022			4.770
S6	0.231			10.595
S7	0.495		2.575	25.282
S8	0.035		0.376	12.917
S9			0.224	36.677
S10			0.904	20.262

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΕ ΦΥΛΛΑ ΦΑΣΟΛΙΟΥ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 6/10/2010

ΩΡΑ: 11:30:00 πμ

ΑΡΧΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ								
Cref	Eref	Qleaf	C'an	E'an	P	Δs	Δe	Tch
381	23,3	129	366	29,6	1016	14	6,3	27,8
ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ								
Cref	Eref	Qleaf	C'an	E'an	P	Δs	Δe	Tch

	A	E	Gs	Ci	Spad
R1	4,49	2,02	0,34	341	31,8
R2	8,54	3	3,08		32,8
R3	6,95	3,44	0,44		33,7
R4	13,7	6,03	0,64		35,4
R5	1,75	2,5	0,37		37,8
R6	3,65	3,21	0,39		31
R7	13,04	5,65	0,6		32,7
R8	14,62	6,08	0,17		39,3
R9	0,94	4,8	0,33		36,7
R10					
R11	13,6	4,02	0,68		32,8
R12	15,06	7,05	0,92		40,6
R13	7,07	5,64	0,5		32,1
R14	11,97	6,52	0,54		35,2
R15	10,88	6,51	0,57		39,5
S1	3,24	2,16	0,36	348	36,5
S2	14,06	3,17	0,39	263	35,3
S3	15,42	6,18	1,04		33,2
S4	10,83	2,34	0,41	295	36,7
S5	2,31	2,29	0,55		34,5
S6	14,09	4,49	0,67		39,6
S7	14,24	6,32	0,51		37,4
S8	13,68	7,56	0,94		40,7
S9	5,1	5,2	0,44		39,3
S10	15,26	7,02	0,67		33,4

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΕ ΦΥΛΛΑ ΦΑΣΟΛΙΟΥ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 8/10/2010

ΩΡΑ: 10:30:00 πμ

ΑΡΧΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ								
Cref	Eref	Qleaf	C'an	E'an	P	Δs	Δe	Tch
	15,9	472	21	27	1015	23	10,7	26,4
ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ								
Cref	Eref	Qleaf	C'an	E'an	P	Δs	Δe	Tch
	14,8	276	15	23,2	1015	14	8,4	26,9

	A	E	Gs	Ci	Spad
R1	5,96	2,27	0,32		31,2
R2	7,21	2,51	0,31		31,1
R3	3,39	1,99	0,19		36,5
R4	8,16	1,61	0,13		33,2
R5	6,46	3,32	0,42		30,5
R6	12,13	2,92	0,44	276	33,7
R7	7,78	2,75	0,32		31,2
R8	8,31	2,35	0,24		38,1
R9	6,62	2,97	0,33		36
R10					
R11	11,68	3,08	0,41		36,8
R12	10,5	2,27	0,22		40,1
R13	6,69	2,69	0,27		38,2
R14	5,53	2,04	0,17		38,1
R15					
S1	6,38	2,6	0,36		44,1
S2	5,25	2,14	0,22		40,2
S3	7,54	2,14	0,22		40,2
S4	6,42	1,73	0,15		34,1
S5	5,28	1,83	0,13		38
S6	8,03	3,02	0,4		61,6
S7	6,39	3,1	0,37		37,4
S8	8	1,66	0,12		36,2
S9	5,34	2,09	0,18		34,4
S10	9,22	3,31	0,44		38,7

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΕ ΦΥΛΛΑ ΦΑΣΟΛΙΟΥ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 11/10/2010

ΩΡΑ: 10:30:00 πμ

ΑΡΧΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ								
Cref	Eref	Qleaf	C'an	E'an	P	Δs	Δe	Tch
399	17,7	268	378	24,2	1010	22	6,5	23,9
ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ								
Cref	Eref	Qleaf	C'an	E'an	P	Δs	Δe	Tch
379	20,4	827	337	30,4	1013	41	10	30,8

	A	E	Gs	Ci	Spad
R1	7,88	2,21	0,56	333	31,9
R2	13,1	2,95	0,77	302	31,1
R3	20,77	3,44	0,72	255	30,1
R4	18,25	3,71	0,74	273	35,6
R5	9,21	2,37	0,47	308	28,5
R6	10,57	2,54	0,46	301	34,5
R7	14,67	3,79	0,86		32,6
R8	20,66	3	0,52	237	31,2
R9	4,66	1,55	0,17	297	37,9
R10					
R11	10,01	3,13	0,35	291	37
R12	14,34	3,15	0,38	258	39,9
R13					
R14	18,78	3,3	0,49	246	38
R15	14,53	3,65	0,57		48,2
S1	10,43	2,66	0,74	315	40,6
S2	12,16	2,59	0,57	298	30,3
S3	19,31	3,27	0,44	235	36,6
S4	5,05	2,35	0,59		37,8
S5	9,22	2,59	0,55	324	39,8
S6	10,46	2,73	0,54	304	32,5
S7	4,09	3,12	0,34	338	34,8
S8	13,92	3,19	0,39	265	41,6
S9	9,85	2,45	0,15	302	32,4
S10	11,26	3,71	0,56		33,5

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΕ ΦΥΛΛΑ ΦΑΣΟΛΙΟΥ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 12/10/2010

ΩΡΑ: 11:00:00 πμ

ΑΡΧΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ								
Cref	Eref	Qleaf	C'an	E'an	P	Δs	Δe	Tch
636	22,6	247	467	30	1010	96	7,2	26,4
ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ								
Cref	Eref	Qleaf	C'an	E'an	P	Δs	Δe	Tch
375	25,5	433	340	38,2	1011	36	12,9	31,8

	A	E	Gs	Ci	Spad
R1	10,95	2,76	0,44	298	33,8
R2	8,09	2,79	0,42	318	39,7
R3	9,04	2,88	0,45	307	45,1
R4	7,93	1,47	0,6	374	37,7
R5	9,9	2,98	0,6	311	34,2
R6	24,14	1,82	0,6	407	37,5
R7	8,43	1,53	0,4	311	34
R8	7,16	2,31	0,52	330	32,7
R9	8,5	2,34	0,35	303	34,2
R10					
R11	6,99	2,38	0,46	330	33,3
R12	6,65	2,06	0,35	330	39,8
R13	11,32	3,23	0,52	297	35,1
R14	9,21	2,53	0,46	307	33,4
R15	8,64	2,43	0,37	303	32,7
S1	9,84	1,72	0,16	240	30,1
S2	8,45	2,2	0,24	284	32,9
S3	7,74	2,68	0,36	309	36,3
S4	8,3	259	0,41	309	34
S5	8,68	2,47	0,4	301	38,1
S6	13,7	1,76	0,54	344	39
S7	6,28	1,9	0,23	327	32,3
S8	5,61	1,93	0,26	314	33,3
S9	11,71	2,85	0,38	281	35,9
S10	11,02	2,56	0,5	357	38,5

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΕ ΦΥΛΛΑ ΦΑΣΟΛΙΟΥ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 13/10/2010

ΩΡΑ: 9:30:00 πμ

ΑΡΧΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ								
Cref	Eref	Qleaf	C'an	E'an	P	Δs	Δe	Tch
471	20	90	459	26,9	1009	14	6,7	23,7
ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ								
Cref	Eref	Qleaf	C'an	E'an	P	Δs	Δe	Tch
403	24	193	385	34,2	1012	18	10,2	28,7

	A	E	Gs	Ci	Spad
R1	3,5	2,05	1,59	454	33
R2	6,4	2,93	3,21	430	38,5
R3	6,28	2,47	0,82	394	45,2
R4	6,14	2,05	0,6	396	31,4
R5	5,28	2,38	2,06	430	27,6
R6	5,94	3,15	4,68	420	37,2
R7	5,09	2,36	0,76	412	35,4
R8	4,05	1,97	0,48	407	32,5
R9	6,36	2,56	0,69	386	31,4
R10					
R11	4,12	2,13	0,63	405	29,6
R12	5,14	2,05	0,63	402	30,2
R13	10,72	2,47	0,77	364	32,9
R14	4,55	2,15	0,63	409	33,2
R15	6,59	2,05	0,55	391	32,3
S1	5,47	2,61	3,44	424	39,8
S2	5,32	2,8	1,34	412	33,4
S3	6,54	2,16	0,74	397	39,2
S4	4,42	2,2	1,79	443	32,6
S5	9,01	2,93	4,94	420	38,7
S6	4,95	2,72	1,07	412	37,5
S7	4,9	2,43	0,61	3,96	35,5
S8	6,58	2,15	0,67	399	33
S9	8,49	2,56	0,84	382	37,9
S10	7,59	2,71	1,3	393	35,2

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΕ ΦΥΛΛΑ ΦΑΣΟΛΙΟΥ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 13/10/2010

ΩΡΑ: 12:30:00 μμ

ΑΡΧΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ								
Cref	Eref	Qleaf	C'an	E'an	P	Δs	Δe	Tch
383	28,8	325	347	38	1010	31	9,3	30,3
ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ								
Cref	Eref	Qleaf	C'an	E'an	P	Δs	Δe	Tch
380	29,1	846	319	47,8	1012	64	18,6	34,2

	A	E	Gs	Ci	Spad
R1	9,23	2,4	0,52	304	35,7
R2	6,26	2,59	0,45	316	40,5
R3	12,51	3,5	0,63	283	45,1
R4	6,41	3,32	0,53	321	38,6
R5	8,04	2,64	0,57	308	33,4
R6	7,66	2,74	0,16	311	46
R7	8,69	3,41	0,53	304	33,1
R8	8,13	3,25	0,46	303	32,9
R9	10,86	3,86	0,64	303	34,5
R10					
R11	8,23	3,49	0,55	320	35,7
R12	5,34	2,88	0,33	218	31
R13	6,24	4,96	3,66	355	33,6
R14	7,54	3,37	0,5	325	32,6
R15	5,88	3,48	0,58	332	32,1
S1	7,79	2,34	0,38	301	40,8
S2	8,42	3,39	0,79	316	32,8
S3	9,48	3,07	0,39	288	38,2
S4	8,19	2,44	0,49	304	35,3
S5	7,56	3,07	0,69	317	38,2
S6	9,2	3,12	0,47	296	39,2
S7	9,46	3,73	0,56	316	39
S8	8,85	3,42	0,57	320	32,5
S9	9,79	3,51	0,46	298	39,6
S10	10,43	3,85	0,79	3,13	34,6

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΕ ΦΥΛΛΑ ΦΑΣΟΛΙΟΥ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 13/10/2010

ΩΡΑ: 4:30:00 μμ

ΑΡΧΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ								
Cref	Eref	Qleaf	C'an	E'an	P	Δs	Δe	Tch
418	24,2	151	397	31,4	1007	25	7,1	27
ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ								
Cref	Eref	Qleaf	C'an	E'an	P	Δs	Δe	Tch
375	23,4	64	365	35,3	1010	10	11,9	30,5

	A	E	Gs	Ci	Spad
R1	5,59	1	0,16	308	38,2
R2	6,08	1,36	0,32	322	42,1
R3	5,34	1,34	0,34	312	48,7
R4	8,09	1,74	0,35	288	37,4
R5	4,19	1,6	0,3	323	36,3
R6	3,39	1,79	0,24	327	47,4
R7	4,03	1,81	0,33	314	34,6
R8	4,85	1,68	0,28	311	37
R9	2,58	1,56	0,2	320	38,1
R10					
R11	4,26	1,99	0,43	326	38
R12	4,57	1,53	0,21	306	33,6
R13	1,38	2,4	0,44	357	38,4
R14	2,2	2,01	0,32	348	38,1
R15	2,53	2,06	0,26	347	34,8
S1	6,19	0,96	0,14	293	40,9
S2	5,9	1,31	0,24	312	32,5
S3	3,89	1,31	0,21	321	40,8
S4	3,31	1,64	0,17	319	35,4
S5	3,2	1,84	0,27	330	41,1
S6	5,23	1,73	0,25	305	40
S7	6,67	1,39	0,34	361	36,6
S8	4,94	1,55	0,19	297	37,5
S9	3,04	2,05	0,28	334	35,4
S10	1,75	1,6	0,15	339	32,1

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΕ ΦΥΛΛΑ ΦΑΣΟΛΙΟΥ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 14/10/2010

ΩΡΑ: 10:00:00 πμ

ΑΡΧΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ								
Cref	Eref	Qleaf	C'an	E'an	P	Δs	Δe	Tch
434	23,8	619	343	35,1	1003	86	11,2	27,7
ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ								
Cref	Eref	Qleaf	C'an	E'an	P	Δs	Δe	Tch
373	24	258	319	39,8	1005	54	16,1	31,6

	A	E	Gs	Ci	Spad
R1	4,6	1,19	0,17	327	40,8
R2	9,44	1,75	0,38	282	32,7
R3	3,41	1,11	0,13	328	33,2
R4	9,8	1,74	0,4	258	41,1
R5	6,23	1,64	0,21	277	34,1
R6	6,31	1,64	0,2	274	36,7
R7	9,24	1,54	0,22	243	33,5
R8	6,68	1,46	0,2	273	33,4
R9	5,13	1,63	0,21	295	37,9
R10					
R11	8,71	1,89	0,39	274	35,9
R12	7,09	1,62	0,26	277	33,2
R13	5,42	1,83	0,34	407	47,4
R14	6,62	1,79	0,22	267	34,5
R15	5,08	1,78	0,31	308	29,6
S1	8,54	1,77	0,44	287	39,7
S2	8,28	1,41	0,31	284	33,2
S3	8,2	1,79	0,34	266	41,3
S4	5,45	1,65	0,21	289	32,4
S5	6,32	1,01	0,18	197	35,1
S6	9,35	1,82	0,4	272	35
S7	14,72	2,03	1,05	307	38,4
S8	9,12	2,26	0,94	271	34,4
S9	6,12	1,74	0,24	284	44,6
S10	5,06	1,6	0,17	287	29,4

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΕ ΦΥΛΛΑ ΦΑΣΟΛΙΟΥ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 21/10/2010

ΩΡΑ: 10:00:00 πμ

ΑΡΧΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ								
Cref	Eref	Qleaf	C'an	E'an	P	Δs	Δe	Tch
358	20,4	363	284	27,8	1017	71	7,4	23,9
ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ								
Cref	Eref	Qleaf	C'an	E'an	P	Δs	Δe	Tch
251	26,3	993	185	41,5	1019	66	15,4	31,1

	A	E	Gs	Ci	Spad
R1	4,97	0,53	0,33	244	34
R2	9,65	0,44	0,1	192	34,6
R3	3,41	0,37	0,13	210	32,3
R4	3,92	0,53	0,11	206	39,8
R5	3,28	0,52	0,09	187	36
R6	0,9	0,38	0,05	260	27,7
R7	1,29	0,43	0,1	259	32,4
R8	5,46	0,43	0,07	297	41,2
R9	1,44	0,43	0,05	234	51,2
R10					
R11	1,95	0,33	0,04	173	41,8
R12	1,48	0,26	0,07	271	39,6
R13	2,68	0,33	0,07	185	32,5
R14	2,6	0,54	0,06		37,7
R15	1,98	0,57	0,06	181	37,6
S1	2,51	0,48	0,11	260	42,7
S2	2,93	0,56	0,16	263	40
S3	3,39	0,49	0,13	259	44,8
S4	2,97	0,58	0,12	258	37,5
S5	1,34	0,3	0,05	294	36,2
S6	2,22	0,5	0,09	242	45,4
S7	2	0,51	0,07	225	39
S8	2,29	0,4	0,05	203	33,4
S9	1,35	0,43	0,05	163	44,5
S10	4,19	0,72	0,19	157	28,5

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΕ ΦΥΛΛΑ ΦΑΣΟΛΙΟΥ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 22/10/2010

ΩΡΑ: 10:00:00 πμ

ΑΡΧΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ								
Cref	Eref	Qleaf	C'an	E'an	P	Δs	Δe	Tch
270	20,2	378	198	29,6	1019	72	9,7	25,2
ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ								
Cref	Eref	Qleaf	C'an	E'an	P	Δs	Δe	Tch
202	26,2	621	145	40,1	1028	80	14	30,8

	A	E	Gs	Ci	Spad
R1	1,8	0,49	0,19	252	44,1
R2	3,04	0,62	0,13	157	35,1
R3	1,26	0,59	0,06	168	34,7
R4	2,38	0,52	0,05	128	34,6
R5	1,75	0,51	0,09	150	36
R6	1,19	0,44	0,08	155	29,3
R7	3,03	0,66	0,08	121	33,8
R8	0,89	0,66	0,1	169	54,4
R9	0,95	0,53	0,09	13	49,3
R10					
R11	2,7	0,32	0,02	244	46
R12	6,64	0,43	0,06	89	32,1
R13	2,39	0,48	0,06	164	31,4
R14	0,85	0,51	0,06	163	40
R15	1,26	0,63	0,09	163	52,3
S1	1,79	0,54	0,13	203	39,8
S2	1,12	0,7	0,12	186	39,5
S3	1,78	0,63	0,07	161	42,9
S4	0,95	0,26	0,03	296	37,4
S5	0,25	0,57	0,12	277	32,3
S6	0,94	0,87	0,3	201	44,1
S7	0,34	0,65	0,14	166	45,7
S8	1,83	0,58	0,08	114	34,7
S9	1,75	0,48	0,12		44,9
S10	1,41	0,7	0,17	128	36,1

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΕ ΦΥΛΛΑ ΦΑΣΟΛΙΟΥ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 26/10/2010

ΩΡΑ: 11:00:00 πμ

ΑΡΧΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ								
Cref	Eref	Qleaf	C'an	E'an	P	Δs	Δe	Tch
94	21,5	281	84	38	1012	11	8,4	28
ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ								
Cref	Eref	Qleaf	C'an	E'an	P	Δs	Δe	Tch
175	27,7	1107	119	38,6	1014	69	11,3	32,8

	A	E	Gs	Ci	Spad
R1	2,57	0,38	0,05	194	45,9
R2	0,67	0,25	0,25	144	36,6
R3	1,27	0,26	0,07	209	34,9
R4	0,66	0,33	0,77	83	34,9
R5	1,75	0,41	0,08	128	34,8
R6	4,99	0,19	0,05	143	29,8
R7	1,42	0,22	0,07	139	37,2
R8	3,6	0,6	0,06	118	49,1
R9	0,69	0,21	0,05	92	47,2
R10					
R11	1,18	0,51	0,21	70	45,3
R12	2,61	0,36	0,03	262	40,4
R13	1,43	0,29	0,08	210	35,1
R14		0,35	0,07	172	41,7
R15	1,55	0,36	0,04	256	38,3
S1	3,33	0,37	0,16	182	39,9
S2	1	0,32	0,1	190	38,4
S3	0,26	0,59	0,11	109	47,7
S4	3,16	0,33	0,1	197	34,2
S5	2,71	0,26	0,05	290	27
S6	3,99	0,39	0,05	215	43
S7	1,21	0,37	0,07	137	28,8
S8	2,36	0,51	0,08	169	38,6
S9		0,27	0,04	228	43,1
S10	2,19	0,34	0,06	156	35,8

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΕ ΦΥΛΛΑ ΦΑΣΟΛΙΟΥ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 27/10/2010

ΩΡΑ: 10:30:00 πμ

ΑΡΧΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ								
Cref	Eref	Qleaf	C'an	E'an	P	Δs	Δe	Tch
	23,5	218		38,5	1012		14,9	29,3
ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ								
Cref	Eref	Qleaf	C'an	E'an	P	Δs	Δe	Tch
	25,2	342		37,2	1012		11,6	30,3

	A	E	Gs	Ci	Spad
R1		0,23	0,07	159	41,7
R2		0,22	0,06	187	36
R3	1,19	0,25	0,08	132	29,9
R4	1,69	0,26	0,06	185	33
R5		0,24	0,05	156	40
R6		0,2	0,05	170	37,8
R7		0,27	0,06	149	55,7
R8	2	0,38	0,11		47,4
R9		0,21	0,03	314	52,3
R10					
R11	1,05	0,23	0,05	224	37,2
R12	2,46	0,29	0,08	312	39,9
R13		0,27	0,06	334	49,9
R14		0,31	0,06	334	42,8
R15	1,13	0,28	0,06	351	29,7
S1		0,18	0,02	857	23,3
S2		0,23	0,03	358	37,3
S3	1,8	0,31	0,09	219	44,7
S4	3,16	0,16	0,02	445	30,9
S5		0,14	0,01	309	39,2
S6		0,32	0,08	252	34,6
S7		0,09	0,08	179	32,9
S8		0,17	0,02	365	39,6
S9		0,21	0,03	223	34,4
S10		0,2	0,03	441	34,1

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΕ ΦΥΛΛΑ ΦΑΣΟΛΙΟΥ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 1/11/2010

ΩΡΑ: 1:00:00 μμ

ΑΡΧΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ								
Cref	Eref	Qleaf	C'an	E'an	P	Δs	Δe	Tch
	21	1078		40,6	1017		19,5	29,9
ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ								
Cref	Eref	Qleaf	C'an	E'an	P	Δs	Δe	Tch
	23,7	1581		43,5	1018		19,5	32,2

	A	E	Gs	Ci	Spad
R1		0,21	0,16	97	50,2
R2	3,15	0,23	0,04	164	46,5
R3		0,22	0,04	269	34,5
R4	4,57	0,26	0,04	271	52,5
R5		0,2	0,01	329	43,5
R6		0,24	0,02	218	29,9
R7	3,69	0,14	0,02	428	41,1
R8	4,24	0,24	0,03	326	53,5
R9	1,19	0,2	0,02		48,5
R10					
R11		0,22	0,02	208	42
R12		0,14	0,03	285	47,5
R13	0,82	0,24	0,02	145	38,2
R14		0,26	0,02	196	28,2
R15	1,51	0,15	0,05	354	48,7
S1	2,85	0,2	0,03	207	21,4
S2		0,23	0,04	243	38,3
S3	1,99	0,17	0,02	421	32,5
S4		0,22	0,02	249	24,3
S5	1,04	0,24	0,01	257	30,6
S6	3,07	0,3	0,06	136	38
S7		0,19	0,01	285	40,6
S8	2,72	0,33	0,07	115	33,1
S9	0,44	0,18	0,01		41,9
S10	1,81	0,32	0,04	115	36,7

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΕ ΦΥΛΛΑ ΦΑΣΟΛΙΟΥ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 2/11/2010

ΩΡΑ: 1:00:00 μμ

ΑΡΧΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ								
Cref	Eref	Qleaf	C'an	E'an	P	Δs	Δe	Tch
135	20,1	1710	89	34,4	1014	211	14,2	26,2
ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ								
Cref	Eref	Qleaf	C'an	E'an	P	Δs	Δe	Tch
36	24,2	1481	41	42,4	1016	77	19,3	32,5

	A	E	Gs	Ci	Spad
R1	2,96	0,15	0,04	167	38,9
R2	2,28	0,19	0,02	510	47,4
R3	0,67	0,2	0,02	350	41,7
R4	4,07	0,22	0,02	311	51,1
R5		0,32	0,04	135	40,4
R6		0,28	0,03	229	39,3
R7	1,21	0,12	0,03	349	48,8
R8	1,86	0,12	0,08	293	51,9
R9	3,92	0,11	0,04	260	51,1
R10					
R11	2,92	0,16	0,01	306	41
R12		0,18	0,01	501	47,6
R13	2	0,29	0,04	109	38,2
R14	1,64	0,28	0,03	106	37,7
R15	1	0,13	0,08	365	37,1
S1	3,74	0,23	0,05	189	30
S2		0,21	0,03	237	40,6
S3	4,45	0,17	0,02	443	37,6
S4	2,99	0,24	0,02	287	19,9
S5	1,77	0,18	0,01	294	33
S6		0,2	0,01	394	35,8
S7		0,21	0,02	344	35,8
S8	2,14	0,14	0,05	535	30,4
S9	1,35	0,1	0,01	536	36
S10	1,82	0,31	0,06	93	37,3

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΕ ΦΥΛΛΑ ΦΑΣΟΛΙΟΥ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 4/11/2010

ΩΡΑ: 11:00:00 πμ

ΑΡΧΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ								
Cref	Eref	Qleaf	C'an	E'an	P	Δs	Δe	Tch
52	16,8	170	41	21,2	1022	-95	4,6	21,1
ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ								
Cref	Eref	Qleaf	C'an	E'an	P	Δs	Δe	Tch
25	25,6	980	28	43,4	1025		18,2	34,3

	A	E	Gs	Ci	Spad
R1		0,08	0,02	165	53,5
R2	2,08	0,06	0,02	419	37,6
R3	1,74	0,26	0,05	144	39,1
R4	1,44	0,44	0,09	53	46,6
R5	1,32	0,16	0,07	128	47,5
R6	0,75	0,28	0,05	59	38,9
R7	1,23	0,09		590	45,3
R8					
R9	0,13	0,14	0,01	101	48,5
R10					
R11	0,99	0,14		333	41,7
R12		0,13	0,09	433	46,1
R13	1,49	0,17		113	47,7
R14	0,68	0,16		122	40,5
R15	0,62	0,13		161	64,9
S1	2,02	0,1	0,03	162	18,9
S2	1,01	0,21	0,15	129	38
S3	1,73	0,29	0,11	128	38,2
S4	0,61	0,12		143	18,6
S5	0,95	0,37	0,05	91	37,8
S6	1,03	0,37	0,05	71	41,7
S7	1,05	0,21	1,11	95	28,4
S8	1,06	0,28	0,03	95	35,3
S9	0,68	0,12		158	38,2
S10	0,7	0,22	0,02	76	43,8

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξένη βιβλιογραφία.

- Aben, J.M.M., M. Janssen-Jurkovicova and E.H. Adema. 1990. Effects of low-level ozone exposure under ambient conditions on photosynthesis and stomatal control of *Vicia faba* L. *Plant Cell Environ.* 13:463–469.
- Bennett 1984 Plant response to air pollution
- Calvert J. G., Demerjian K. and McQuigg R.D., 1972. Photolysis of formaldehyde as a hydrogen atom source in the lower atmosphere. *Science* 175: 751 – 752.
- Zimmerman P., Clameides W. L., Fehsefel F., Rodger M. O., Cardelino C., Martinez J., Parrish D., Lonneman W. L., Lawson D. R., Rasmussen R. A., Greenberg J., Middleton P. and Wang T., 1992. Ozone precursor relationships in the ambient atmosphere. *Journal of Geophysical Research* 97: 6037 – 6055.
- Chapman S., 1930. A theory of atmospheric ozone. *Mem. Roy. Meteorol.Soc.*3: 103 – 125.
- Crutzen P., 1970 The influence of nitrogen oxigen on the atmospheric ozone content *Q J R Meteorol soc* 96: 320-325
- Experimental Protocol. Yield response and ozone injury on *Phaseolus vulgaris*, ICP Vegetation, 2010.
- Farage, P.K., S.P. Long, E.G. Lechner and N.R. Baker. 1991. The sequence of change within the photosynthetic apparatus of wheat following short-term exposure to ozone. *Plant Physiol.* 95:529–535
- Gillespie and Winner 1989 Biotic feedbacks in the global climatic system.
- Hampson J., Photochemical Behavior of ozone layer. Tech. Note, Can. Armarmant Res.Dev.Estab. TN 1627/64. Valcartier, Canada.
- Heath R.L, 1971 Forest decline ozone comparison of controlled chamber and field experiments
- Jaker HJ, M Unsworth, L De Temmerman and P. Mathy, (Eds), 1992. Effects of Air Pollution on Agricultural crops in Europe. The Air Pollution Research Report 46 Results of the European Open – Top chambers Project. Commission of The European Communities, 1992

- Johnston H.S., 1971. Reduction of stratospheric ozone by nitrogen oxide catalysts from supersonic transport exhaust. *Science* 17: 517-522
- Karenlampi Lauri and Lena Skarby, (Eds), 1996, Critical Levels for ozone in Europe: testing and finalizing the concepts. UN – ECE convention on Long – Range transport Transbourny and Air pollution workshop report. Kuopio, Finland, 15 – 17 April, 1996.
- Runeckles V. C., and Chevone B. L., 1992. Crop responses to ozone. In: surface level ozone exposures and their effects of vegetation edited by Allen S. Lefohn. Lewis publishers, INC, pp: 189 – 270.
- Sagar V. Krupa, 1997. Air pollution, People, and plants. By the American Phytopathological Society, St Paul, Minnesota U.S.A.
- Seinfeld J., 1989 Urban air pollution: state of science. *Science* 243: 745 – 752.
- Solomon S., 1998 The mystery of the Antarctic ozone hole. *Revs.Geophys.*26: 131 – 148.
- Velissariou D., and Kyriazi A. 1996. A Greek clover variety – biological indicator for ozone toxicity (Abstract) *Phytopathol. Mediterr.* 1996, 35, pp. 227 – 228.
- Velissariou D., 2000. Establishment of the Critical Levels of ozone in Europe and its effects on crop plants, forests and natural vegetation. (Abstract) *Phytopathol. Mediterr.* 2000, 39:338p.
- Velissariou D., Skertis L., 2001, Phytotoxic ozone concentrations in the fir forest of the Parnis National Park. (Abstract) *Phytopathol. Mediterr.* 2001, 40:38p.
- Yunus M. and M. Yqbal, 1996. Plant response to air pollution. ISBN 0 – 471 – 96061 – 6.

Ελληνική βιβλιογραφία.

- Βελισσαρίου Δ., 1992. Αέριοι φωτοχημικοί ρύποι – όζον. Φυτοτοξικοί ρύποι της πόλης που απειλούν καλλιέργειες και φυτική βλάστηση. Εισήγηση στο 6^ο Πανελλήνιο Φυτοπαθολογικό Συνέδριο, Περιλήψεις Ανακοινώσεων, σελ. 16 – 17, 6 – 8 Οκτωβρίου 1992, Πάτρα και Γεωργία Ανάπτυξη 6 (23), Νοε – Δεκ, 1992, σελ. 39 – 40.
- Ζάνης Πρ. 2008. Σημειώσεις για την Ρύπανση της Ατμόσφαιρας – Ιούνιος 2008. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Λέκκας Δ.. 2004. Επιδράσεις φυτοπροστατευτικών προϊόντων στη φυτοτοξική δράση του όζοντος. Μεταπτυχιακή μελέτη. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. σελ. 152.
- ΣΑΪΤΑΝΗΣ Κ., ΚΑΛΤΣΙΚΗΣ Π., ΓΚΟΥΦΑ Μ., ΛΩΛΟΣ Γ. ΚΑΙ ΤΑΜΠΟΥΡΑΝΤΖΗ Σ. 1999. *Περιβάλλον και Γεωργία*. Βιβλίο της Β' τάξης του 1^{ου} κύκλου των ΤΕΕ. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο. Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων. Εκδόσεις Κορυφή Σελίδες 280. ISBN: 960-7251-52-0.

Διαδίκτυο.

- Διαδίκτυο 1: www.fiaozone.net/basics.htm
- Διαδίκτυο 2: www.icpvegetation.ceh.ac.uk
- Διαδίκτυο 3: www.env-edu.gr
- Διαδίκτυο 4: <http://users.auth.gr>