

**Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Καλαμάτας
Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας
Τμήμα Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών & Ανθοκομίας**

Πτυχιακή Εργασία με τίτλο:

«Καταγραφή φυτοτοξικών επιπέδων όζοντος
στη ζώνη Ελάτης του Ταΰγétου
και στην ευρύτερη περιοχή της Μεσσηνίας με χρήση χημικών
μεθόδων μέτρησης και βιολογικών δεικτών »

ΠΑΝΩΡΑΙΑ ΛΟΥΡΑ

Εισηγητής-Επιβλέπων Καθηγητής:

ΒΕΛΙΣΣΑΡΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΗΣ

**ΚΑΛΑΜΑΤΑ
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2005**

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά τον εισηγητή-επιβλέπων καθηγητή μου Βελισσαρίου Δημήτριο, που με την πείρα του πάνω σε πειραματικά προγράμματα και την πολύτιμη βοήθεια του κατάφερα να ολοκληρώσω το πείραμα μου και να φέρω εις πέρας την πτυχιακή μου εργασία.

Ευχαριστώ θερμά τον κύριο Σάλμα Ιωάννη, Ε.Τ.Π. του εργαστηρίου φυσιολογίας, που με την πολύτιμη βοήθεια του κατάφερα να ολοκληρώσω τις αναλύσεις που έπρεπε να πραγματοποιηθούν και γενικά το πειραματικό μέρος της εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	5
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
1. Εισαγωγή.....	5
2. Γενικό μέρος.....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	7
ΓΕΝΙΚΑ	7
2.1 Κυριότερες πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης.....	7
2.2 Πηγές προέλευσης.....	7
2.3 Οι φωτοχημικοί ρύποι	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	10
ΟΖΟΝ	10
3.1 Ιστορία του όζοντος.....	10
3.2 Ορισμός	11
3.5 Πηγές	12
3.6 Πώς δημιουργήθηκε το όζον ;.....	13
3.7 Παραγωγή όζοντος.....	14
3.8 Ιδιότητες του όζοντος.....	15
3.9 Το όζον στην ιατρική.....	17
3.10 Η δράση του όζοντος στο μεταβολισμό	17
3.11 Η βιολογική δράση του όζοντος.....	18
3.12 Οφέλη του όζοντος.....	18
3.13 Χαρακτηριστικά του όζοντος.....	19
3.14 Το όζον και το πόσιμο νερό.....	20
3.15 Οι αντιδράσεις του όζοντος.....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	22
ΟΖΟΝ ΚΑΙ ΦΥΤΑ.....	22
4.1 Τρόπος δράσης στα φυτά	22
4.2 Σχεδιασμός μέτρων για τη μείωση του όζοντος.....	24
4.3 Ο χαρακτηρισμός της έκθεσης όζοντος.....	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	30
ΣΤΡΑΤΟΣΦΑΙΡΙΚΟ ΟΖΟΝ.....	30
5.1 Εισαγωγή.....	30
5.2 Αντιδράσεις	32
5.3 Επιπτώσεις στον ανθρώπινο οργανισμό.....	34
5.4 Συγκεντρωτικοί χάρτες όζοντος του νότιου ημισφαιρίου	36
6. Τροποσφαιρικό οζον.....	37
6.1 Εισαγωγή	37
6.2 Η προέλευση του όζοντος της τροπόσφαιρας και η σημασία του.....	38
6.3 Η αύξηση του τροποσφαιρικού όζοντος	41
6.4 Το τροποσφαιρικό όζον στην Ελλάδα.....	43
ΜΕΡΟΣ 2 ^ο	47
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ.....	47
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	48
1.1 Το πρόγραμμα ICP Vegetation.....	48
1.2 Στόχοι του προγράμματος ICP Vegetation.....	49
1.3 Περίληψη των πρόσφατων αποτελεσμάτων του ICP Vegetation	50
1.4 Μελλοντική εργασία για το ICP Vegetation	51
1.5 Φυτά βιοδείκτες.....	52

1.6 Βιοκαταγραφή όζοντος.....	53
2.1 Πειραματικό σχέδιο	55
2.2 Καλλιεργητικές φροντίδες.....	58
2.3 Τεχνική μετρήσεων	59
2.4 Υλικά και μέσα.....	62
2.5 Πίνακες και γραφήματα αξιολόγησης φυτοτοξικών επιπέδων όζοντος στα φύλλα τριφυλλιού από 22/4/05 έως 27/9/05.....	63
2.6 Πίνακες και γραφήματα μετρήσεων ξηρού βάρους στα φύλλα των φυτών τριφυλλιού	68
3. Καταγραφή όζοντος.....	73
4. Βιοκαταγραφή των φυτοτοξικών επιπέδων όζοντος με τη χρήση φυτών καπνού Bel-W3 στη ζώνη Ελάτης του Ταΰγétου	76
4.1 Προετοιμασία πειράματος.....	76
4.2 Επιλογή περιοχών.....	78
4.3 Προετοιμασία των φυτών και έναρξη της πειραματικής διαδικασίας.....	79
4.4 Τεχνική μετρήσεων	81
4.5 Υλικά και μέσα	82
4.7 Πίνακες καταγραφής των συμπτωμάτων της τοξικότητας του όζοντος στα φύλλα καπνού Bel-W3 σε επιλεγμένες περιοχές του Ταΰγétου.....	85
5. Καταγραφή των επιπέδων του ατμοσφαιρικού όζοντος με τη μέθοδο παθητικής απορρόφησης « Radiello »	92
5.1 Περιγραφή συσκευής Radiello	92
5.2 Αρχή της λειτουργίας	93
5.3 Μέθοδοι ανάλυσης δειγματοληπτών.....	94
5.4 Υλικά, αντιδραστήρια και μέσα	97
5.5 Πίνακες, σχεδιαγράμματα και ραβδογράμματα για τον προσδιορισμό των αναλύσεων των φυτοτοξικών επιπέδων όζοντος και διοξειδίου του αζώτου με τη μέθοδο παθητικής απορρόφησης «RADIELLO».....	98
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ	110
6.1 Βιοκαταγραφή των φυτοτοξικών επιπέδων όζοντος με τη χρήση τριφυλλιών NC - S και NC - R στον Αντικάλamo Μεσσηνίας (περιοχή Τ.Ε.Ι)	110
6.2 Βιοκαταγραφή φυτοτοξικών επιπέδων όζοντος με τη χρήση φυτών καπνού Bel-W3 στη ζώνη Ελάτης του Ταΰγétου	111
6.3 Χημική καταγραφή επιπέδων όζοντος με τη χρήση δειγματοληπτών παθητικής απορρόφησης στη ζώνη Ελάτης του Ταΰγétου.....	112
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	114

ΜΕΡΟΣ 1^ο
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. Εισαγωγή

Οι τοξικές επιδράσεις από την ατμοσφαιρική ρύπανση δημιουργούν στα φυτά σοβαρά προβλήματα επηρεάζοντας δυσμενώς, καλλιέργειες και φυσική βλάστηση. Από τον μεγάλο αριθμό σχετικών εργασιών στη διεθνή βιβλιογραφία και τη διοργάνωση συχνών επιστημονικών συνεδρίων με ιδιαίτερες αναφορές στους φωτοχημικούς ρύπους, γίνεται φανερό ότι θα συνεχίσει να αποτελεί διεθνώς ένα πολύ σοβαρό πρόβλημα για τον πλανήτη. Ένας από τους σημαντικότερους φωτοχημικούς ρύπους είναι το όζον, το οποίο μελετάται συστηματικά για την φυτοτοξική του δράση.

Η βιολογική του σημασία είναι μεγάλη κυρίως λόγω της ευρείας διασποράς του στο περιβάλλον, καθώς μπορεί να μεταφέρεται σε μεγάλες αποστάσεις με τη βοήθεια ανέμων και αερίων ρευμάτων από τα αστικά κέντρα όπου παράγεται, με αποτέλεσμα να επηρεάζει δυσμενώς καλλιέργειες και φυσική βλάστηση.

2. Γενικό μέρος

Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι, που μπορούν να βρεθούν είτε σε αέρια κατάσταση είτε σε μορφή αερομεταφερόμενων σωματιδίων, κατηγοριοποιούνται ως πρωτογενείς και δευτερογενείς. Οι πρωτογενείς εκπέμπονται απευθείας στην ατμόσφαιρα προερχόμενοι από φυσικές ή ανθρώπινες πηγές (SO_2 , NO_2).

Ανάλογα με τις φυσικές και χημικές τους ιδιότητες και τις μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν τοπικά, εθνικά και διεθνώς, μπορούν είτε να εναποθετηθούν σε επιφάνειες κοντά στην πηγή προέλευσής τους είτε να

μεταφερθούν έως και χιλιόμετρα μακριά, όπου, κατά τη διάρκεια της μεταφοράς αυτής, μπορούν να μετασχηματιστούν σε δευτερογενείς.

Συνεπώς, οι δευτερογενείς ρύποι (O_3 , PAN, SO_4) σχηματίζονται εμμέσως στην ατμόσφαιρα από αντιδράσεις των πρωτογενών ρύπων. Η διαδικασία αυτή εξαρτάται συχνά από τη διακύμανση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας και της ηλιακής ακτινοβολίας. Όταν η ηλιακή ακτινοβολία συμμετέχει στη δημιουργία των δευτερογενών ρύπων, τότε ονομάζονται φωτοχημικοί ρύποι (Krupa, 1997).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΓΕΝΙΚΑ

2.1 Κυριότερες πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Οι σημαντικότερες πηγές ρύπανσης που προέρχονται από την ανθρώπινη δραστηριότητα μπορούν να χωριστούν στις παρακάτω κατηγορίες ανάλογα με την προέλευση των ρυπαντών :

- α) από τα μέσα μεταφοράς (αυτοκίνητα, πλοία, αεροπλάνα) από τη βιομηχανική δραστηριότητα από την παραγωγή ενέργειας (ηλεκτρισμού)
- β) από την οικιακή δραστηριότητα (θέρμανση) 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 σημαντικότεροι ρύποι προέρχονται από τις καύσεις και μάλιστα από τις ατελείς καύσεις (χωρίς την επαρκή παρουσία του οξυγόνου).

2.2 Πηγές προέλευσης

Οι πηγές εκπομπής των αερίων ρύπων ταξινομούνται ανάλογα με τη φύση τους σε σταθερές και κινητές. Οι σταθερές πηγές κατηγοριοποιούνται επιμέρους ως: α) σημείο μεμονωμένου γεγονότος (single event point), π.χ. διαρροή από ατύχημα , β) συνεχείς (continues point), π.χ. καπνοδόχος που εκπέμπει ρύπους, γ) τοπικές (area), π.χ. μια μεγάλη πόλη, δ) εθνικές (regional),

π.χ. συγκεντρωμένα αστικά κέντρα, ε)διεθνείς (continental), π.χ. πολλές ανεπτυγμένες χώρες που βρίσκονται κοντά στην Ευρώπη. Ομοίως και οι κινητές πηγές δίνονται και ως πηγές γραμμής, όπως για παράδειγμα ένας αυτοκινητόδρομος ή η γραμμή που αφήνει ένα αεροσκάφος.

Η κατάταξη των πηγών των πρωτογενών ρύπων ανάλογα με τη φύση τους είναι:

α) Φυσικές, δηλαδή φυσικές δραστηριότητες (κεραυνός, μικροβιακές διαδικασίες εδάφους, οξείδωση της αμμωνίας) ή γεωβιογενετικές πηγές ατμοσφαιρικού μεθανίου (CH_4), το οποίο είναι σε μεγάλο βαθμό υπεύθυνο για το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

β) Τεχνητές (ανθρωπογενείς), θεωρούνται κυρίως τα μεταφορικά μέσα, οι βιομηχανίες, τα χημικά που χρησιμοποιούνται στη γεωργία και τα αέρια (SO_2 , NO_2) που απελευθερώνονται από τη καύση της βιομάζας.

Οι δευτερογενείς ρύποι παράγονται στην ατμόσφαιρα μέσω αντιδράσεων που περιγράφονται ως ομογενείς (αέρια σε αέρια φάση) ή ετερογενείς (αέρια φάση σε σωματίδια είτε υγρά είτε στερεά). Ο σημαντικότερος δευτερογενής αέριος ρύπος στην επιφάνεια της Γης είναι το O_3 , το οποίο παράγεται κυρίως από την ανθρώπινη δραστηριότητα (π.χ. καυσαέρια των μέσων μεταφοράς) και δεν πρέπει να συγχέεται με το φυσικό και ευεργετικό στρώμα όζοντος της στρατόσφαιρας .

Όταν υπάρχουν άνεμοι προερχόμενοι από τα αστικά κέντρα, οι συγκεντρώσεις όζοντος συχνά φτάνουν σε υψηλά επίπεδα κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών στις προαστιακές και αγροτικές περιοχές.

Στην σύγχρονη εποχή, οι άνθρωποι που ζουν στην ύπαιθρο και υποθέτουν ότι αναπνέουν καθαρό και φρέσκο αέρα, μπορεί στην πραγματικότητα να υπόκεινται σε περισσότερη ρύπανση όζοντος απ' ό τι οι άνθρωποι της πόλης.

Είναι όμως σημαντικό να σημειωθεί ότι οι κάτοικοι της πόλης μπορεί να υφίστανται υψηλές συγκεντρώσεις πρωτογενών αέριων ρύπων. (Krupa, 1997)

2.3 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 (και 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 :

A. Έχουν ισχυρή φυτοτοξική δράση.

B. Δεν αποδομούνται σε καθαρή ατμόσφαιρα.

Γ. Μεταφέρονται σε μεγάλες αποστάσεις σε προαστιακές ζώνες και ευρύτερα στην ύπαιθρο (το όζον ανήκει στους διασυνοριακούς ρύπους σύμφωνα με τη Σύμβαση της Γενεύης για την Διασυνοριακή Αέρια Ρύπανση του Ο.Η.Ε.).

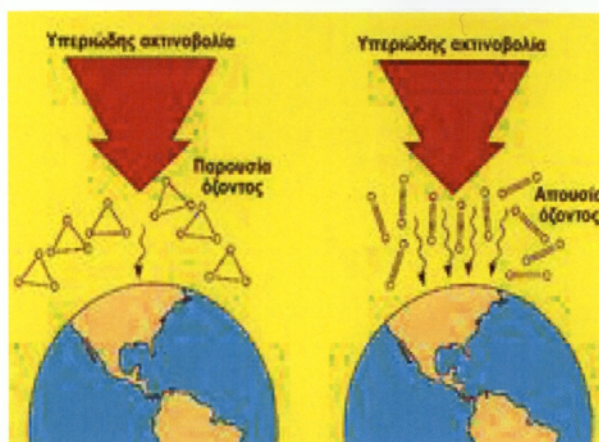
Επιπλέον του όζοντος, ένας δευτερογενής φωτοχημικός ρύπος είναι το PAN (Peroxy-Acetyl Nitrate) που γενικά παρατηρείται σε μικρότερες συγκεντρώσεις απ' ότι το όζον, αλλά σε σημαντικές συγκεντρώσεις μπορεί να είναι τοξικό για τα φυτά (Κγυρα, 1997).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΟΖΟΝ



Μέτρηση του όζοντος
Πειραματικό μπαλόνι το οποίο μεταφέρει τα κατάλληλα όργανα για μέτρηση του όζοντος.



Αριστερά: Το όζον απορροφά την υπέρυθη ακτινοβολία, αποτελώντας έτσι μια αποτελεσματική ασπίδα για τη γη.

Δεξιά: Όταν απουσιάζει το όζον περισσότερη υψηλής ενέργειας υπεριώδης ακτινοβολία, διαπερνώντας την ατμόσφαιρα, φτάνει στην επιφάνεια της γης όπου είναι βλαβερή για τους ζώντες οργανισμούς.

3.1 Ιστορία του όζοντος

Το όζον δεν υπήρχε από την αρχή της εμφάνισης της Γης στην ατμόσφαιρά της, γι αυτό και οι υπεριώδεις, οι φονικές ακτίνες του ήλιου έφθαναν άφθονες στη Γη. Τότε πριν 3,5 δις χρόνια, ο ήλιος έκανε περιστροφή γύρω από τον εαυτό του σε τρεις ώρες- τώρα την κάνει σε 27 μέρες. Κάπου εκεί δημιουργήθηκε το οξυγόνο (O) και με κατάλληλες χημικές διεργασίες στις οποίες συνέβαλε ολόκληρο το Σύμπαν, άρχισε να δημιουργείται το όζον (O₃) και να προστατεύει τη Γη από τις υπεριώδεις. Ο πλανήτης μας

άρχισε να γίνεται δροσερός, ώσπου 2,5 δις χρόνια πριν εμφανίστηκε το πρώτο κύτταρο ζωής.

Πάντως οι επιστήμονες πιστεύουν ότι πριν 300 εκ. χρόνια όταν εμφανίστηκαν τα ερπετά, ο ήλιος έλαμπε όπως λάμπει σήμερα. Η σημερινή μείωση του όζοντος και η αύξηση της υπεριώδους ακτινοβολίας, επιβεβαιώνει όσα ισχυρίζονται οι επιστήμονες.

3.2 Ορισμός

Αλλοτροπική μορφή του στοιχείου οξυγόνου, που σε αντίθεση με το κοινό διατομικό οξυγόνο (O_2) περιέχει στο μόριο της τρία άτομα οξυγόνου και έχει μοριακό τύπο O_3 .

3.3 Τι είναι όζον;

Το όζον (O_3), είναι άχρωμο αέριο, βαρύτερο από τον αέρα, και όχι μια χημική ουσία και είναι το ισχυρότερο απολυμαντικό εμπορικά διαθέσιμο για την επεξεργασία του ύδατος. Αποτελεί το κύριο συστατικό του φωτοχημικού νέφους, κοντά στην επιφάνεια της Γης. Στην ανώτερη ατμόσφαιρα (στρατόσφαιρα), ωστόσο, το όζον έχει ευεργετικό ρόλο, προστατεύοντάς μας από τις βλαβερές ακτίνες του ήλιου.

Το όζον παράγεται με την έκθεση των μορίων οξυγόνου, O_2 , μέσω ενός ηλεκτρικού τομέα υψηλής τάσης. Καθώς το οξυγόνο περνά μέσω αυτού του τομέα μερικά από τα μόρια οξυγόνου είναι χωρισμένα, δημιουργώντας δύο O_1 άτομα. Αυτά τα ασταθή άτομα οξυγόνου επανασυνδυάζουν έπειτα με άλλα μόρια O_2 για να διαμορφώσουν O_3 .

Το όζον έχει μια πολύ σύντομη ημιζωή και εάν δεν χρησιμοποιείται θα επανέλθει γρήγορα πίσω στη σταθερή κατάσταση οξυγόνου του. Λόγω στην υπολογιζόμενη διάρκεια ζωής του το όζον δεν μπορεί να αποθηκευτεί αντ' αυτού μια γεννήτρια όζοντος πρέπει συνεχώς να δημιουργήσει το όζον αέριο.

Εάν υπάρχει υπερβολικό ή υπόλοιπο όζον που δεν είχε μια πιθανότητα να αντιδράσει με έναν μολυσματικό παράγοντα επίσης θα επανέλθει πίσω στο οξυγόνο, το οποίο είναι το μόνο υποπροϊόν του όζοντος.

3.4 Πώς χρησιμοποιείται;

Το όζον μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλές διαφορετικές απόψεις με σκοπό την απολύμανση, οξείδωση των οργανικών και ανόργανων φορτίων χωρίς αναχώρηση ενός χημικού υπολοίπου. Το όζον χρησιμοποιείται συνήθως ως απολύμανση των βακτηριδίων και αδρανοποίηση των ιών και των κυστών.

Μπορεί να οξειδώσει τα οργανικά φορτία που αποτελούνται από τους μολυσματικούς παράγοντες όπως η προτίμηση, το χρώμα, η μυρωδιά, τα φυτοφάρμακα, οι φαινόλες και η θολούρα. Όπου ως ανόργανα φορτία αποτελεστείτε 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.

Με βάση εκείνη την εφαρμοσμένη μηχανική ανάλυσης H_2O , η A.E. θα ταξινομήσει κατάλληλα το σύστημα όζοντος για να δώσει στον πελάτη τα καλύτερα αποτελέσματα πιθανά.

3.5 Πηγές

Το όζον σχηματίζεται στη κατώτερη ατμόσφαιρα, ως αποτέλεσμα χημικών αντιδράσεων μεταξύ οξυγόνου, πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs) και οξειδίων του αζώτου, με τη βοήθεια της ηλιακής ακτινοβολίας, κυρίως, όταν έχουμε καλό, ζεστό καιρό. Πηγές αυτών των βλαβερών ρύπων είναι τα οχήματα, τα εργοστάσια, οι χωματερές, τα χημικά διαλυτικά και πολλές άλλες μικρές πηγές, όπως βενζινάδικα, αγροτικός εξοπλισμός, κ.λπ.

3.6 Πώς δημιουργήθηκε το όζον ;

Στη φύση, εφόσον οι υπεριώδεις ακτίνες του ηλίου έρχονται σε επαφή με το οξυγόνο στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, τα δύο άτομα του οξυγόνου απελευθερώνονται και αυτά τα άτομα O_1 αντιδρούν με τη σειρά τους με το οξυγόνο (O_2) για να παράγουν όζον (O_3). Για να μετατρέψουμε με τεχνητά μέσα το οξυγόνο σε όζον, υπάρχουν δύο πιθανές επιλογές.

Επιλογή 1 : Εκθέτουμε το οξυγόνο αυτό σε υπεριώδη λάμπα

Αυτή είναι η πιο συνηθισμένη μέθοδος.

Αν και είναι πολύ διαδεδομένη, δεν είναι και τόσο αποτελεσματική. Η ποσότητα όζοντος που παράγεται με τον τρόπο αυτό παραμένει ελάχιστη, ακόμα και αν αυξήσουμε τη δόση στις σημαντικές αναλογίες.

Επίσης η μέθοδος αυτή μπορεί να αποβεί δαπανηρή σε κατανάλωση ηλεκτρισμού.

Επιλογή 2 : Θέτουμε το οξυγόνο αυτό σε κυκλοφορία σε ένα ηλεκτρικό πεδίο (ηλεκτρικά τόξα).

Αυτή η δεύτερη επιλογή είναι μακράν η πιο αποτελεσματική μέθοδος παραγωγής όζοντος που υπάρχει αυτή τη στιγμή στην αγορά. Επίσης είναι η λιγότερο διαδεδομένη. Για παράδειγμα, η μικρότερη ποσότητα όζοντος που παράγεται από μια συσκευή παραγωγής με ηλεκτρικά τόξα είναι περίπου 50 φορές μεγαλύτερη από την ποσότητα που παράγεται από μια συσκευή παραγωγής με υπεριώδη λάμπα. Επίσης, το κόστος λειτουργίας της είναι περίπου 75% μικρότερο σε κατανάλωση ηλεκτρισμό.



3.7 Παραγωγή όζοντος

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 οποιανδήποτε επαφή του υγρού ψύξης με τα ηλεκτρόδια υψηλής 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 υψηλής 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 υψηλής 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.

3.8 Ιδιότητες του όζοντος

Χαρακτηριστικές του ιδιότητες είναι η ισχυρή οξειδωτική και αντιβακτηριακή του δράση, γι' αυτό και συχνά χρησιμοποιείται για τη συνθετική παρασκευή οργανικών ουσιών, τη λεύκανση χαρτιού, καθώς και την απολύμανση του αέρα σε εσωτερικούς χώρους, του πόσιμου νερού και του νερού που χρησιμοποιείται σε κολυμβητικές εγκαταστάσεις. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται ειδικές διατάξεις, οι οζονιστήρες, όπου μέσω ηλεκτρικών εκκενώσεων παράγεται οξυγόνο εμπλουτισμένο με όζον κατά 10% περίπου.

Στη φύση το μεγαλύτερο ποσοστό του όζοντος βρίσκεται στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας (στρατόσφαιρα), σχηματίζοντας ένα λεπτό στρώμα, το λεγόμενο στρώμα του όζοντος, το οποίο απορροφά μεγάλο μέρος της επικίνδυνης υπεριώδους ακτινοβολίας του ήλιου, προστατεύοντας τη βιόσφαιρα. Η μικρή φυσιολογικά συγκέντρωση του όζοντος στην ατμόσφαιρα συχνά αυξάνεται περιστασιακά, π.χ. μετά από καταιγίδες, λόγω του ιονισμού που προκαλούν στον αέρα οι αστραπές και οι κεραυνοί.

Από τη δεκαετία, όμως, του 1970 και μετά, παρατηρήθηκε μια αύξηση της συγκέντρωσης του όζοντος κοντά στην επιφάνεια της Γης, κυρίως σε αστικές περιοχές με μεγάλη κυκλοφοριακή πυκνότητα και όπου υπάρχουν θερμοηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας.

Στις παραπάνω περιπτώσεις το όζον αποτελεί δευτερογενή ρύπο, που προκύπτει μέσω της επίδρασης του ηλιακού φωτός σε ρυπαντικές ουσίες των καυσαερίων.

Οι ρυπαντικές αυτές ουσίες είναι κυρίως :

- 1) οξείδια του αζώτου, που περιέχονται στα καυσαέρια των οχημάτων,
- 2) πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC), που προκύπτουν
 - α) κατά την επεξεργασία του πετρελαίου,
 - β) κατά τη μεταφορά και διανομή καυσίμων και στη συνέχεια κατά την ατελή τους καύση και
 - γ) κατά την εξάτμιση διαλυτικών ουσιών, και

3) διοξείδιο του θείου.

Ο αέρας που εισπνέουν οι κάτοικοι των πόλεων περιέχει κατά μέσο όρο 30-60 μικρογραμμάρια ανά κυβικό μέτρο. Σύμφωνα με τους κανονισμούς της Ευρωπαϊκής Ένωσης (1992), έχουν καθοριστεί τέσσερα όρια συγκέντρωσης του όζοντος στον αέρα:

- 1) κατώφλι προστασίας της υγείας (μέση τιμή 8 ωρών $110 \mu\text{g} / \text{m}^3$),
- 2) όρια προστασίας της βλάστησης (μέση τιμή 1 ώρας $200 \mu\text{g} / \text{m}^3$, μέση τιμή 24 ωρών $65 \mu\text{g} / \text{m}^3$),
- 3) κατώφλι ενημέρωσης πληθυσμού (μέση τιμή 1 ώρας $180 \mu\text{g} / \text{m}^3$),
- 4) κατώφλι συναγερμού του πληθυσμού (μέση τιμή 1 ώρας $360 \mu\text{g} / \text{m}^3$).

Ωστόσο έχουν γίνει εισηγήσεις για μείωση των ορίων, διότι ήδη από τη συγκέντρωση των $100 \mu\text{g} / \text{m}^3$ παρατηρούνται δυσμενείς επιπτώσεις σε φυτά και ανθρώπους. Συγκεκριμένα, συγκεντρώσεις όζοντος έως $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ προκαλούν αλλοιώσεις στο χρώμα των φυτών και ανοιχτόχρωμες κηλίδες στα φύλλα, ενώ μεγαλύτερες συγκεντρώσεις προκαλούν ακόμη σοβαρότερες βλάβες, όπως νέκρωση φύλλων και ασφυξία, επιβράδυνση της ανάπτυξης, ευπάθεια σε και φυσικούς εχθρούς και πρόωρη γήρανση. Αξιοσημείωτη θεωρείται η βλαπτική επίδραση του όζοντος σε μικρότερες συγκεντρώσεις, όταν συνδυάζεται με άλλους ρύπους, καθώς και η επίδρασή του στη βιολογική παρακμή των δασών.

Όσον αφορά τις επιπτώσεις του στην υγεία του ανθρώπου, συγκεντρώσεις που υπερβαίνουν τα $100 \mu\text{g} / \text{m}^3$ μπορεί να επιφέρουν αναπνευστικά προβλήματα, βήχα, πονοκεφάλους, ερεθισμό στα μάτια και δακρύρροια, καθώς και γενική δυσφορία σε άτομα με ευαίσθητη υγεία (καρδιοπαθείς, ασθματικούς, αλλεργικούς, μικρά παιδιά).

Ακόμη μεγαλύτερες συγκεντρώσεις μπορούν να προκαλέσουν σοβαρότερα προβλήματα, ενώ η μακροχρόνια έκθεση σε συγκεντρώσεις όζοντος μειώνει την αμυντική ικανότητα του οργανισμού απέναντι σε μικροοργανισμούς, βακτήρια κ.λπ. Επίσης, το όζον επιδρά καταστρεπτικά σε

υλικά οργανικής προέλευσης, όπως ελαστικά οχημάτων, υφάσματα, ελαστικούς σωλήνες άρδευσης κ.λπ.

Στην αντιμετώπιση του προβλήματος του όζοντος ως ρύπου θεωρείται ότι συμβάλλουν ως ένα βαθμό τα αυτοκίνητα με καταλύτη καυσαερίων, καθώς εκπέμπουν κατά τουλάχιστον 90% μειωμένα οξειδία του αζώτου και άκαυστους υδρογονάνθρακες, σε σχέση με τα συμβατικά αυτοκίνητα.

Το όζον είναι ένας ατμοσφαιρικός ρύπος (στη χαμηλότερη ατμόσφαιρα) που διαμορφώνεται από τις αντιδράσεις των υδρογονανθράκων και των νιτρικών οξειδίων παρουσία του φωτός του ήλιου. Οι αυτοκινητικές μηχανές και οι βιομηχανικές διαδικασίες παράγουν οι περισσότερες από τις ενώσεις που οδηγούν στο όζον.

Οι φυσικές πηγές όζοντος υπάρχουν, αλλά είναι δευτερεύουσες έναντι σε εκείνοι ως αποτέλεσμα των προκαλούμενων από τον άνθρωπο πηγών. Το όζον στην ανώτερη ατμόσφαιρα είναι η ίδια χημική ένωση, αλλά χρησιμεύει ως ένα προστατευτικό στρώμα που προστατεύει γη από τις επιβλαβείς υπεριώδεις ακτίνες.

3.9 Το όζον στην ιατρική

Στην ιατρική χρησιμοποιείται σαν μίγμα O_2 / O_3 ονομαζόμενο και ιατρικό όζον, όπου το O_3 υπάρχει σε συγκεντρώσεις 30 φορές χαμηλότερες σε σύγκριση με αυτό της βιομηχανικής χρήσης: από 1 έως 40 $\mu g / ml$ οξυγόνου.

3.10 Η δράση του όζοντος στο μεταβολισμό

Το όζον δρα στο μεταβολισμό ως εξής :

- α) Επιταχύνει τη χρήση της γλυκόζης εκ μέρους των κυττάρων
- β) Υπαισέρχεται στο μεταβολισμό των πρωτεϊνών χάρη στη συγγένεια του με τις θειούχες ρίζες

γ) Έχει άμεση αντίδραση με τα ακούραστα λιπαρά οξέα που μετατρέπονται σε υδατοδιαλυτές ενώσεις.

3.11 Η βιολογική δράση του όζοντος

Το όζον έχει άμεση δράση στην τοπική εφαρμογή απολυμαντικού και τροφικού τύπου.

- α) Δράση κατά των μικροβίων και των ιών σε γενικό επίπεδο οφειλόμενη στη ικανή παραγωγή υπεροξειδίων.
- β) Βελτίωση του μεταβολισμού του οξυγόνου στο επίπεδο των ερυθρών αιμοσφαιρίων λόγω αύξησης της κατανάλωσης της γλυκόζης, της διάσπασης των λιπαρών οξέων και την ενεργοποίηση των ενζύμων που μπλοκάρουν τα υπεροξειδία και τις ελεύθερες ρίζες.
- γ) Αύξηση της ευκαμψίας των ερυθρών αιμοσφαιρίων
- δ) Αύξηση της παραγωγής, πάντα στο επίπεδο των ερυθρών αιμοσφαιρίων, του 2,3 διφωσφογλυκερικού οξέος, υπευθύνου της απελευθέρωσης του O_2 στους ιστούς.

3.12 Οφέλη του όζοντος

Το όζον παράγεται στην αποθήκευση περιοχών και η μεταφορά δεν απαιτείται το όζον δεν δημιουργεί κανένα επιβλαβές υποπροϊόν - μόνο το υποπροϊόν είναι φύλλα όζοντος οξυγόνου καμία προτίμηση ή η μυρωδιά το υπόλοιπο όζον είναι το ισχυρότερο απολυμαντικό εμπορικά διαθέσιμο όζον μπορεί να επεκτείνει τη ζωή του προϊόντος στο ράφι του όζοντος τροφίμων είναι pH το ουδέτερο όζον θα μειώσει το χλώριο ή το όζον κατανάλωσης βρωμίου είναι εγκεκριμένος αντιμικροβιακός πράκτορας FDA και USDA.

Το όζον (O_3) παράγεται από το οξυγόνο το οποίο διασπάται από την ηλιακή ακτινοβολία. Σχηματίζει ένα λεπτό στρώμα γύρω από την επιφάνεια της Γης, στο ύψος των 25km στην περιοχή της στρατόσφαιρας .

Η σημασία του για τη ζωή στον πλανήτη μας είναι τεράστια γιατί το όζον απορροφά την, επικίνδυνη για άνθρωπο, υπεριώδη ακτινοβολία. Αν δεν υπήρχε το όζον θα πεθαίναμε από καρκίνο του δέρματος.

Αξίζει να τονίσουμε ότι όζον υπάρχει και στην τροπόσφαιρα, το τροποσφαιρικό όζον. Αλλά αυτό το όζον είναι βλαβερό για τον άνθρωπο (είναι καυστικό) και θεωρείται αέριος ρύπος.

Επιλέγοντας τη φυσική απολύμανση με τη χρήση όζοντος πετυχαίνετε:

1. Φυσικό νερό, καθαρό και διαυγές παρόμοιο με το εμφιαλωμένο.
2. Απόλυτη εξάλειψη των βακτηρίων, των μετάλλων και των οσμών του νερού.
3. Υποψίες σχετικά με την ποιότητα του νερού.

Ο οζοντισμός είναι μια επεξεργασία του νερού που λειτουργεί με τη χρήση του αέρα του περιβάλλοντος και του ηλεκτρισμού. Δεν προστίθεται τίποτε άλλο: ούτε αλάτι, ούτε χημικά προϊόντα, ενώ το αποτέλεσμα είναι απλώς θεαματικό.



3.13 Χαρακτηριστικά του όζοντος

1. Εξαλείφει τα βακτήρια και τους ιούς
2. Εξαλείφει τα κολοβακτηριδίομορφα περιττώματα και άλλα
3. Εξαλείφει το σίδηρο (λεκέδες σκουριάς)
4. Εξαλείφει το μαγγάνιο (μαύροι λεκέδες)
5. Εξαλείφει το θείο (οσμή αυγού)
6. Εξαλείφει τις γεύσεις που μένουν στο στόμα

7. Εξαλείφει τα ύποπτα χρώματα
8. Εξαλείφει την τανίνη (κιτρινωπό χρώμα)

3.14 Το όζον και το πόσιμο νερό

Στην επεξεργασία του πόσιμου νερού, το όζον χρησιμοποιείται ήδη με μεγάλη επιτυχία εδώ και πολλά χρόνια. Πολλές πόλεις της Ευρώπης και της Βόρειας Αμερικής, μεταξύ των οποίων το Λος Άντζελες, το Παρίσι και το Μόντρεαλ, χρησιμοποιούν το όζον αυτή τη στιγμή. Στην Αμερική αρκετές κοινότητες καθαρίζουν το νερό τους με τη χρήση όζοντος.

Το όζον χρησιμοποιείται επίσης για τον καθαρισμό εμφιαλωμένων νερών όπως διαπιστώνουμε άλλωστε διαβάζοντας τις ετικέτες στα μπουκάλια. Το όζον χρησιμοποιείται τόσο στον καθαρισμό υδάτων δικτύων υδραγωγών όσο και στον καθαρισμό υδάτων ιδιωτικών αρτεσιανών πηγαδιών.

Η μόνη διαφορά έγκειται στην ικανότητα παραγωγής του συστήματος. Αν το όζον μπορεί να καταστήσει το νερό πόσιμο με απόλυτα φυσικό τρόπο, φανταστείτε τι μπορεί να κάνει για το νερό του SPA ή της πισίνας σας! Η ρύπανση αποτελεί την αιτία της μόλυνσης του νερού. Αν και καταβάλλονται πολλές προσπάθειες αυτή τη στιγμή για τον περιορισμό του φαινομένου της ρύπανσης, αυτή επηρεάζει ακόμα τα αποθέματά μας σε πόσιμο νερό.

Η όξινη βροχή, οι κλιματικές αλλαγές, οι πλημμύρες, οι παγετοί και το λιώσιμο των πάγων καθώς και το υπερβολικό σκόρπισμα της κοπριάς και άλλων μορφών λιπάσματος είναι παράγοντες που συμβάλλουν στη μόλυνση του εδάφους. Άπαξ και μολυνθεί το έδαφος, μολύνεται ολόκληρος ο υδροφόρος ορίζοντας, το νερό που κυκλοφορεί εκεί επηρεάζεται. Έτσι η μόλυνση αυτή μεταφέρεται μέχρι το νερό που πίνουμε.

3.15 Οι αντιδράσεις του όζοντος

Το όζον είναι μια πολύ ενεργή μορφή του οξυγόνου. Με φυσικό τρόπο, το όζον προσπαθεί να αντιδράσει με κάτι που βρίσκεται στο περιβάλλον του. Όταν το όζον αναμειχθεί με το νερό και συναντήσει κάποιο βακτήριο, ιό ή κάποιον άλλο μικροοργανισμό, το τρίτο άτομο του οξυγόνου απελευθερώνεται και αντιδρά στιγμιαία με το μόριο που συναντά. Το μόριο αυτό καταστρέφεται αυτομάτως και τότε το όζον ξαναγίνεται οξυγόνο.

Αν το όζον δεν συναντήσει κάτι με το οποίο να μπορεί να αντιδράσει, το πλεονάζον όζον μετατρέπεται ξανά σε οξυγόνο με φυσικό τρόπο σε περίπου 20 λεπτά αφότου δημιουργήθηκε. Δεν μένει πια κανένα ίχνος όζοντος ούτε αντίδρασης μετά την επεξεργασία. Το όζον έχει επίσης την ιδιότητα να οξειδώνει τα μέταλλα (λεκέδες σκουριάς) το θείο (οσμή αυγού) και την τανίνη (κιτρινωπό χρώμα). Μόλις οξειδωθούν τα μόρια αυτά, αρκεί να τα φιλτράρουμε για να τα αφαιρέσουμε από το νερό. Το όζον εξουδετερώνει επίσης τις ύποπτες οσμές του νερού. Ωστόσο, το αλάτι και τα μέταλλα (σκληρότητα) δεν επηρεάζονται από το όζον.

Για τη ρύθμιση αυτών των προβλημάτων, πρέπει λοιπόν να συνδυάσουμε περισσότερες της μιας τεχνολογίες. Το όζον είναι πιο απλό και φυσικό. Από όλες τις επιλογές που έχετε για τον καθαρισμό του νερού, η πιο απλή και φυσική είναι η χρήση του όζοντος. Η επεξεργασία είναι τόσο απλή που νομίζουμε ότι είναι λιγότερο αποτελεσματική από τις άλλες. Ωστόσο, η καθαριστική ικανότητα του όζοντος είναι τεράστια.

Σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μορφές επεξεργασίας, το όζον προσφέρει συνεχή απολύμανση του νερού, σε αντίθεση με τα αποσκληρυντικά, το αλάτι και τα άλλα φίλτρα που ενεργούν μόνο στα βακτήρια. Σε σύγκριση με το χλώριο, το όζον ενεργεί τουλάχιστον 500 φορές πιο γρήγορα. Επίσης, εφόσον μετατρέπεται στη συνέχεια ξανά σε οξυγόνο, είναι απολύτως φυσικό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΟΖΟΝ ΚΑΙ ΦΥΤΑ

4.1 Τρόπος δράσης στα φυτά

Το όζον μπαίνει στο φυτό μέσω των στοματίων των φύλλων, κατά τη φυσιολογική λειτουργία της ανταλλαγής αερίων μεταξύ του φυτού και του περιβάλλοντός του. Η επάρκεια εδαφικού νερού έχει θετική επίδραση στην ευαισθησία του φυτού, καθώς παρατείνει το άνοιγμα των στοματίων και επομένως διευκολύνεται η απορρόφηση του ρύπου. Η ζημιά από το όζον τείνει να αυξηθεί όταν αυξάνεται η σχετική υγρασία, λόγω της θετικής συσχέτισης μεταξύ ατμοσφαιρικής υγρασίας και ανοίγματος των στοματίων.

Η ευαισθησία στο όζον αυξάνεται με τη μείωση της φωτοπεριόδου και την αύξηση της νυχτερινής θερμοκρασίας (Βελισσαρίου, 7^ο Φυτοπαθολογικό Συνέδριο, 1994). Μέσα στο φύλλο, το όζον επιδρά στα κύτταρα και προκαλεί μεταβολές στην περατότητα των μεμβρανών.

Πιο συγκεκριμένα, η μεμβράνη των χλωροπλαστών καταρρέει και η χλωροφύλλη διαχέεται στο κυτόπλασμα. Το στρώμα των χλωροπλαστών είναι το πρώτο που επηρεάζεται στο κύτταρο· σε ένα φυσιολογικό κύτταρο εμφανίζεται ομοιογενές ενώ μετά την επίδραση του όζοντος συσσωματώνεται και το κύτταρο καταστρέφεται καθώς το κυτόπλασμα ξεκολλάει από τα τοιχώματα, και καταρρέει προς το κέντρο του κυττάρου μαζί με τα κυτταρικά οργανίδια.

Σε αυτή την περίπτωση η ζημιά είναι μη αντιστρεπτή. Υπάρχει όμως και η περίπτωση η ζημιά να είναι αντιστρεπτή και το φυτό να συνέλθει κάτω από την επίδραση των μηχανισμών της ομοιόστασης. Η ομοιόσταση είναι ένα σύνολο πολύπλοκων αντιδράσεων που συντελούν στην εξουδετέρωση δυσμενών

παραγόντων του εξωτερικού ή εσωτερικού περιβάλλοντος ενός οργανισμού οι οποίοι τείνουν να μεταβάλλουν τη δυναμική σταθερότητα και την ισορροπία του. (Κυριακάκης, 7^ο Φυτοπαθολογικό Συνέδριο, 1994).

Οι επιπτώσεις της δράσης του όζοντος, εκτός από εμφάνιση συμπτωμάτων στα φύλλα, αναφέρονται και σε μείωση της φωτοσυνθετικής ικανότητας του φυτού, μείωση της ξηράς ουσίας, μείωση του ρυθμού ανάπτυξής του, καθώς και αλλαγές στην κατανομή των προϊόντων μεταβολισμού.

Η επίδραση του όζοντος, δημιουργεί μία σειρά ορατών συμπτωμάτων. Το σημαντικότερο σύμπτωμα του όζοντος στα φυτά, είναι η νεκρωτική κηλίδωση της άνω κυρίως επιφάνειας των φύλλων. Εξίσου σημαντικά συμπτώματα όμως είναι και η χλώρωση, το πρόωρο γήρας και η νέκρωση μεγάλης επιφάνειας ή και ολόκληρου του φύλλου.

Η εμφάνιση των συμπτωμάτων νεκρωτικών κηλίδων στις επιφάνειες των φύλλων οφείλεται στα κατεστραμμένα κύτταρα. Όπως αναφέρθηκε, τα κύτταρα του δρυφρακτοειδούς παρεγχύματος είναι αυτά που παρουσιάζουν την μεγαλύτερη ευαισθησία στο όζον, με αποτέλεσμα να εμφανίζονται τα πρώτα συμπτώματα στην άνω επιφάνεια του φύλλου.

Η ζημιά εξαιτίας του όζοντος διακρίνεται σε οξεία και χρόνια. Έτσι, μπορεί να έχουμε οξεία ζημιά (αν πρόκειται για συμπτώματα που οφείλονται σε έκθεση του φυτού που οφείλονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις όζοντος για μικρά χρονικά διαστήματα) ή χρόνια ζημιά (αν πρόκειται και για συμπτώματα που οφείλονται σε έκθεση του φυτού σε μικρότερες συγκεντρώσεις όζοντος για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα).

4.2 Σχεδιασμός μέτρων για τη μείωση του όζοντος

Πηγή : Κώστας Δελημπασής 1/6/2001

Τα μέτρα που μπορούν να οδηγήσουν σε μείωση του όζοντος δεν μπορούν να σχεδιασθούν και να αξιολογηθούν μόνο με την εμπειρία και χωρίς την εφαρμογή κατάλληλης μεθοδολογίας. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι το όζον είναι δευτερογενής ρύπος και η συγκέντρωσή του σε μία περιοχή δεν είναι γραμμική συνάρτηση των εκπεμπόμενων ρύπων από κάποιες συγκεκριμένες πηγές.

Έτσι λοιπόν, όπως έχει δείξει και η διεθνής εμπειρία, είναι δυνατόν μέτρα που στοχεύουν στη μείωση κάποιων άλλων ρύπων (π.χ. τα οξειδία του αζώτου) να πετύχουν μεν το στόχο τους αλλά παράλληλα να οδηγήσουν σε αύξηση του όζοντος. Γενικά τα μέτρα για τη μείωση του όζοντος χαρακτηρίζονται από προσπάθειες μείωσης των εκπομπών οξειδίων του αζώτου και των αρωματικών υδρογονανθράκων. Το ποσοστό μείωσης όμως του κάθε ρύπου πρέπει να υπακούει σε συγκεκριμένες αναλογίες, που διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή.

Σε περίπτωση που δεν ακολουθούνται οι αναλογίες αυτές είναι δυνατό είτε η απόδοση των μέτρων να είναι μικρότερη ή ακόμα χειρότερα να οδηγηθούμε σε αύξηση του όζοντος. Για να βρεθούν οι αναλογίες αυτές πρέπει να εφαρμοστεί πολλές φορές (ελάχιστος αριθμός 35 εφαρμογές) φωτοχημικό μοντέλο διασποράς που τεκμηριωμένα αναπαριστά τη χωρική κατανομή και τη χρονική μεταβολή του όζοντος στην υπό μελέτη περιοχή.

Η κάθε εφαρμογή του μοντέλου γίνεται για συγκεκριμένη μεταβολή των εκπομπών των οξειδίων του αζώτου και των αρωματικών υδρογονανθράκων. Στα σχήματα 1 και 2 παρουσιάζονται διαγράμματα που επιτρέπουν την πρόγνωση της μεταβολής του όζοντος ανάλογα με την αναλογία της μείωσης των οξειδίων του αζώτου και των αρωματικών υδρογονανθράκων για δύο περιοχές της Αθήνας* (Λυκόβρυση και Νέα Σμύρνη αντίστοιχα).

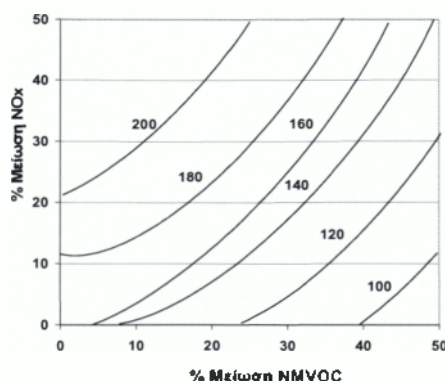
Όπως φαίνεται από τα σχήματα αυτά σε επιτυχή μείωση του όζοντος θα οδηγούσαν όποια μέτρα θα ακολουθούσαν αναλογίες μείωσης των πρόδρομων

ρύπων που θα βρίσκονταν δεξιά της καμπύλης συγκέντρωσης του όζοντος των $120 \mu\text{g} / \text{m}^3$.

ΕΤΟΣ	NMVOC		NOX	
	2005	2010	2005	2010
ΙΧ	21794	16527	12584	11000
TAXI	435	163	1519	1029
Ελαφρά Φορτηγά	8442	6019	5626	4375
Βαριά Φορτηγά	5160	3983	16586	12602
Τουριστικά Λεωφορεία	122	80	1034	686
Αστικά Λεωφορεία	783	488	4502	2768
Δίκυκλα	18470	14089	393	423
Σύνολο	55206	41348	42244	32883
Μεταβολή (2005-2010)		-25%		-22%

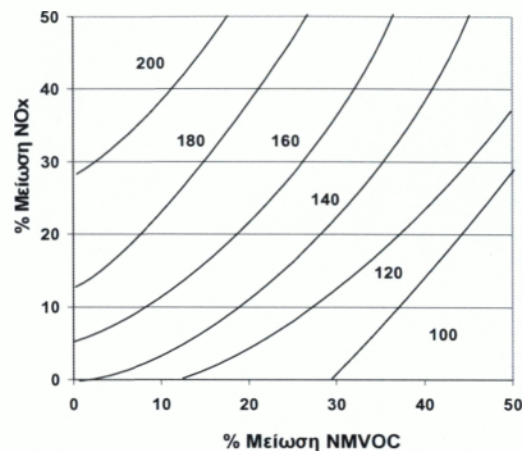
Πίνακας 1 : Εκπομπές αερίων ρύπων (tn / y) από τις διάφορες κατηγορίες οχημάτων, για τα έτη 2005 και 2010 εφόσον δεν ληφθούν μέτρα που θα επηρεάσουν την αγορά του αυτοκινήτου

Παρόμοια σχήματα βεβαίως με τα σχήματα αυτά, μπορούν να κατασκευαστούν για όλες τις περιοχές της Αθήνας και έτσι να καταστεί εφικτή η εκτίμηση της απόδοσης των διαφόρων μέτρων αντιρύπανσης μεμονωμένα ή οποιουδήποτε συνδυασμού μέτρων.



Σχήμα 1. Καμπύλες μεταβολής του όζοντος στην περιοχή της Λυκόβρυσης, για όλους τους δυνατούς συνδυασμούς μείωσης των οξειδίων του αζώτου και των αρωματικών υδρογονανθράκων στην Αθήνα.

* Τα διαγράμματα προέκυψαν από την εφαρμογή του φωτοχημικού μοντέλου διασποράς UAM V 35 φορές.



Σχήμα 2. Καμπύλες μεταβολής του όζοντος στην περιοχή της Νέας Σμύρνης, για όλους τους δυνατούς συνδυασμούς μείωσης των οξειδίων του αζώτου και των αρωματικών υδρογονανθράκων στην Αθήνα.

Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται οι συνολικές ετήσιες εκπομπές ρύπων στην Αθήνα, από τα πάσης φύσεως οχήματα, για τα έτη 2005 και 2010. Οι παρατηρούμενες μειώσεις των εκπομπών, θα μπορούσαν να οδηγήσουν στο εσφαλμένο συμπέρασμα ότι θα πρέπει να αναμένουμε σημαντική μείωση των επιπέδων του όζοντος.

Προσεκτική εξέταση όμως των αναμενόμενων μειώσεων με τη βοήθεια των διαγραμμάτων 1 και 2 δείχνει ξεκάθαρα ότι πράγματι θα υπάρξει μικρή μείωση, όμως τα επίπεδα του όζοντος θα είναι ακόμα υψηλότερα από την οριακή συγκέντρωση των $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και κατά συνέπεια θα πρέπει να σχεδιασθούν και να εφαρμοστούν επιπλέον μέτρα.

Έτσι μπορούμε να οδηγηθούμε στο συμπέρασμα ότι :

- α) Τα επίπεδα των συγκεντρώσεων υποβάθρου του όζοντος στα νοτιοανατολικά Βαλκάνια είναι υψηλά ($60-120 \mu\text{g} / \text{m}^3$) και συνεπώς η επίτευξη των ορίων ποιότητας της ατμόσφαιρας που έχει θεσπίσει η Ευρωπαϊκή Ένωση καθίσταται δύσκολη.
- β) Τα μέσα επίπεδα του όζοντος στην Αθήνα κατά την περασμένη δεκαετία έχουν σαφώς ανοδική τάση, ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια.

γ) Ο σχεδιασμός μέτρων μείωσης των επιπέδων του όζοντος πρέπει να λαμβάνει σαφώς υπόψη του τις απαιτούμενες αναλογίες μείωσης των οξειδίων του αζώτου και των αρωματικών υδρογονανθράκων. Οι αναλογίες αυτές δεν είναι ίδιες για κάθε περιοχή μιας πόλης σαν την Αθήνα και πρέπει να μελετώνται ξεχωριστά με τη χρήση φωτοχημικών μοντέλων διασποράς.

4.3 Ο χαρακτηρισμός της έκθεσης όζοντος

Το μεγαλύτερο μέρος του όζοντος στην ατμόσφαιρα βρίσκεται στη στρατόσφαιρα, όπου το υπεριώδες φως προκαλεί την παραγωγή του όζοντος από διαχωρισμός του οξυγόνου. Τα επίπεδα όζοντος στην τροπόσφαιρα είναι πολύ χαμηλότερα αλλά είναι ακόμα αρκετά υψηλά για να απειλήσουν τις γεωργικές συγκομιδές, τα δέντρα και τις εγγενείς εγκαταστάσεις.

Το επίπεδο όζοντος στην τροπόσφαιρα ελέγχεται από ένα σύνθετο σύνολο φωτοχημικών αντιδράσεων, οι οποίες παράγουν ή καταστρέφουν το όζον, και από την κάθετη και οριζόντια μεταφορά του αέρα. Εξ αιτίας της μεταβλητότητας των πηγών και των νεροχυτών, οι συγκεντρώσεις όζοντος επιπέδου εδάφους κυμαίνονται στο διάστημα και το χρόνο.

Το ημερήσιο σχέδιο ποικίλλει με το ύψος επί των χαμηλών τόπων ανύψωσης, το όζον μειώνεται κατά τη διάρκεια της νύχτας. Υπό τον όρο ότι η θερμική στρωματοποίηση της ατμόσφαιρας οδηγεί στα σταθερά νυκτερινά στρώματα με ουσιαστικά καμία ανταλλαγή όζοντος μεταξύ τους, οι συγκεντρώσεις όζοντος κοντά στο έδαφος μπορούν να μειωθούν σε μηδέν.

Στον αστικό αέρα, αυτή η πτώση μπορεί να αποδοθεί στην καταστροφή του όζοντος από την αντίδραση με το νιτρικό οξείδιο και η απουσία φωτόλυσης διοξειδίου αζώτου, ενώ επί των αγροτικών τόπων οι νιτρικές συγκεντρώσεις οξειδίων είναι μικρές και η ξηρά απόθεση εξουσιάζουν την αφαίρεση του όζοντος.

Κατά τη διάρκεια της ημέρας, ο αέρας επιφάνειας συνδέεται καλά με τον όγκο του στρώματος μίξης από την ταραχώδη μεταφορά, και οι συγκεντρώσεις όζοντος κοντά στο έδαφος αυξάνονται εξ αιτίας της προς τα κάτω μεταφοράς του όζοντος από τα πιο υψηλά επίπεδα. Ελλείψει των σταθερότητα-σχετικών με το διαδικασιών, οι ημερήσιες παραλλαγές του όζοντος είναι λιγότερο έντονες, δηλ. πέρα από τις τραχιές επιφάνειες όπως τα δάση, ή παρουσία των ισχυρών ανέμων ή των συννεφιάζω ουρανών.

Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις στρώματος ορίου εμφανίζονται κανονικά κατά τη διάρκεια του απογεύματος, όταν η φωτοχημική παραγωγή όζοντος είναι η πιο ενεργή. Στις υψηλότερες ανυψώσεις, η ημερήσια παραλλαγή υγραίνεται λόγω της απουσίας θερμικής στρωματοποίησης της ατμόσφαιρας, και τα επίπεδα όζοντος παραμένουν υψηλά κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Ως εκ τούτου, οι περιοχές με τα διαφορετικά τοπικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα που δοκιμάζουν την ίδια περιφερειακή διανομή όζοντος μπορούν να έχουν τα διαφορετικά επίπεδα έκθεσης, και έτσι τα διαφορετικά αποτελέσματα. Για να συσχετίζει την έκθεση όζοντος με τα αποτελέσματα, είναι απαραίτητο να συνοψιστούν οι συγκεντρώσεις που υπολογίζονται κατά μέσο όρο πέρα από τα μίας ώρας διαστήματα με έναν βιολογικά σημαντικό τρόπο, ο οποίος μπορεί να χρησιμεύσει ως μια αναπλήρωση για τη δόση.

Σε γενικές γραμμές, ο δείκτης έκθεσης πρέπει να βασιστεί στην έννοια της αποτελεσματικής δόσης, δηλ. πρέπει να συλλάβει τα χαρακτηριστικά της έκθεσης που ο αμεσότερα αφορούν το ποσό όζοντος που απορροφάται από τη βλάστηση.

Η λήψη του όζοντος θα μπορούσε να υπολογιστεί με τον πολλαπλασιασμό της συγκέντρωσης κοντά στην επιφάνεια φύλλων με την αγωγιμότητα φύλλων για το όζον, και η απορροφημένη δόση θα ήταν έπειτα το ολοκλήρωμα του ποσοστού λήψης (ροή) κατά τη διάρκεια του χρόνου.

Αυτή η έννοια θα μπορούσε να επεκταθεί για να λάβει υπόψη την αγωγιμότητα της ατμόσφαιρας. Στις καταστάσεις με τον ικανοποιητικό αέρα που αναμιγνύει (υψηλή αγωγιμότητα αέρα), το ημερήσιο σχέδιο της ροής

όζοντος καθορίζεται από την αγωγιμότητα φύλλων και τη συγκέντρωση όζοντος. Αυτό συμβαίνει στις open - top αίθουσες έκθεσης.

Εξ αιτίας της έλλειψης στοιχείων αγωγιμότητας φύλλων, η χρήση της ακτινοβολίας ως αναπλήρωση για την αγωγιμότητα φύλλων έχει προταθεί στις γεωργικές συγκομιδές, και η απλούστερη προσέγγιση είναι να χρησιμοποιηθούν οι συγκεντρώσεις όζοντος που μετριοούνται κατά τη διάρκεια των ωρών φωτός της ημέρας (π.χ. $> W / m^2$ σφαιρική ακτινοβολία 50) για να χαρακτηρίσουν την έκθεση. Για τα είδη με την ουσιαστική αγωγιμότητα φύλλων τη νύχτα, εντούτοις, καμία τέτοια διάκριση δεν πρέπει να γίνει.

Άλλοι παράγοντες, όπως π.χ. υγρασία αέρα, η διαθεσιμότητα εδαφολογικού ύδατος και η θερμοκρασία, είναι επίσης γνωστοί για να επηρεάζουν την αγωγιμότητα φύλλων, αλλά μέχρι σήμερα αυτοί οι παράγοντες δεν έχουν χρησιμοποιηθεί για να χαρακτηρίσουν τη λήψη ή τη δόση όζοντος στα μακροπρόθεσμα πειράματα. Η μακροπρόθεσμη έκθεση στο όζον μπορεί να οδηγήσει στη μείωση αύξησης και παραγωγής.

Ως εκ τούτου οι καταλληλότεροι δείκτες έκθεσης που αφορούν τα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα είναι συσσωρευτικοί, δηλ. ενσωματώνουν την έκθεση κατά τη διάρκεια του χρόνου. Οι προηγούμενες οδηγίες ατμοσφαιρικής ποιότητας για τα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα έχουν βασιστεί στις μέσες συγκεντρώσεις κατά τη διάρκεια μιας δεδομένης χρονικής περιόδου, π.χ. ο αριθμητικός μέσος όρος κατά τη διάρκεια της αυξανόμενης εποχής των καθημερινών μέσων συγκεντρώσεων κατά τη διάρκεια μιας συγκεκριμένης επτά ωρών περιόδου (συνήθως 09.00 - 16.00 ώρες).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΤΡΑΤΟΣΦΑΙΡΙΚΟ ΟΖΟΝ

Πηγή : www.in.gr.news

5.1 Εισαγωγή

Το στρατοσφαιρικό όζον μπορεί να μετρηθεί είτε με πειραματικά μπαλόνια (μικρά αερόστατα) τα οποία μεταφέρουν όργανα για επιτόπιες μετρήσεις στη στρατόσφαιρα είτε από το έδαφος με ειδικά όργανα. Έχουμε πει ότι το όζον απορροφά την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία. Έτσι μετρώντας την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στο έδαφος μπορούμε να υπολογίσουμε τη συγκέντρωση του όζοντος. Γι' αυτό το σκοπό χρησιμοποιούνται ειδικά όργανα που ονομάζονται φασματόμετρα.

Ένας πολύ σημαντικός παράγων της παγκόσμιας αλλαγής του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος είναι η μείωση της στιβάδας του στρατοσφαιρικού όζοντος λόγω της συσσώρευσης στην ατμόσφαιρα βιομηχανικών αερίων ανθρωπογενούς προέλευσης, που φωτολύονται στην στρατόσφαιρα και ελευθερώνουν ενεργό χλώριο, βρώμιο κλπ. μέση συνέπεια του παραπάνω φαινομένου είναι αναμενόμενη αύξηση των επιπέδων της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας στο έδαφος, με άμεσες επιπτώσεις στον άνθρωπο (καρκινογένεση, καταρράκτης), στην πανίδα και χλωρίδα (υγρότοποι, Εθν. Δρυμοί-Πάρκα, γεωργικές καλλιέργειες) και στο περιβάλλον γενικότερα.

Στα πλαίσια αντιμετώπισης του προβλήματος της μείωσης της στιβάδας του όζοντος, καθώς και της ανάγκης συνεχούς παρακολούθησης των μεταβολών της, η διεθνής επιστημονική κοινότητα έχει κινητοποιηθεί ιδιαίτερα την τελευταία δεκαετία, με σκοπό την κατανόηση των μηχανισμών καταστροφής του στρατοσφαιρικού όζοντος και τη χάραξη πολιτικής αντιμετώπισης του προβλήματος. Το 1991 ο Διεθνής Μετεωρολογικός Οργανισμός (WMO)

αποφάσισε, κατόπιν απαίτησης των ειδικών επιστημόνων, τη χαρτογράφηση της στοιβάδας του όζοντος στο βόρειο ημισφαίριο, σε καθημερινή βάση.

Το Εργαστήριο Φυσικής της Ατμόσφαιρας (ΕΦΑ) σε συνεργασία με την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, αποδέχθηκε να αναλάβει σε καθημερινή βάση τη συλλογή και την ανάλυση των δεδομένων του ολικού όζοντος από περίπου εκατό σταθμούς μέτρησης του Βορείου Ημισφαιρίου, με σκοπό την κατασκευή ημερησίων χαρτών ολικού όζοντος για όλη τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου με τη μορφή που φαίνεται στο συνημμένο χάρτη. Οι χάρτες αυτοί αποστέλλονταν σε καθημερινή βάση σε όλους τους σταθμούς αλλά και στους αρμόδιους εθνικούς και διεθνείς οργανισμούς.

Μετά από επιτυχή λειτουργία 3 ετών, τον Μάιο του 1994 και μετά από πρόταση πολλών Ευρωπαϊκών Μετεωρολογικών Οργανισμών, αποφασίσθηκε στην Ευρωπαϊκή Διάσκεψη του Oslo (WMO RA VI, 2-13 Μαΐου 1994) το Κέντρο Χαρτογράφησης Όζοντος του Βορείου Ημισφαιρίου του Διεθνούς Μετεωρολογικού Οργανισμού των Ηνωμένων Εθνών να λειτουργήσει μόνιμα πλέον στο ΕΦΑ. Στη συνέχεια και παρά την έλλειψη χρηματοδότησης, οι συνεργάτες και το προσωπικό του ΕΦΑ συνέχισαν την λειτουργία του Κέντρου με τις νέες αυξημένες ευθύνες.

Το κέντρο έχει ήδη συμμετάσχει στα εξής μεγάλα Ευρωπαϊκά Πειράματα: Το " Ευρωπαϊκό Αρκτικό Πείραμα για το Στρατοσφαιρικό Όζον " (EASOE 1991 / 92) το " Δεύτερο Ευρωπαϊκό Πείραμα για το Στρατοσφαιρικό Όζον στην Αρκτική και στα Μέσα Γεωγραφικά Πλάτη " (SESAME 1993/95) και το « Τρίτο Στρατοσφαιρικό Αρκτικό Πείραμα Όζοντος » (THESEO 1997-2000).

Η στρατόσφαιρα αρχίζει από ένα ορισμένο ύψος όπου η θερμοκρασία αντί να ελαττώνεται αρχίζει προοδευτικά να αυξάνει σε συνάρτηση με την αύξηση των συγκεντρώσεων του όζοντος που έχει την ιδιότητα να απορροφά μέρος από την υπεριώδη ακτινοβολία και να αποταμιεύει έτσι θερμότητα. Το μέσο ύψος της στρατόσφαιρας από το έδαφος είναι 10 ως 50 χλμ.

Το όζον χαρακτηρίζεται ως ρύπος μόνο όταν βρίσκεται στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, όταν δηλαδή είναι αναπνεύσιμο από τον άνθρωπο.

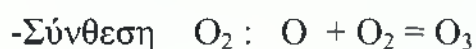
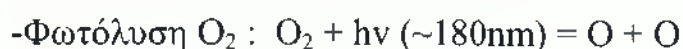
Αντίθετα το όζον που βρίσκεται στη στρατόσφαιρα όχι μόνο δεν είναι ρύπος, αλλά αποτελεί ζωτικής σημασίας στοιχείο.

Το όζον της στρατόσφαιρας προστατεύει τη ζωή στον πλανήτη από την υπεριώδη ακτινοβολία, καθώς την φιλτράρει βιολογικά και λαμβάνει μέρος σε σημαντικές χημικές αντιδράσεις της στρατόσφαιρας. Σχηματίζεται από μια σειρά φωτοχημικών αντιδράσεων στις οποίες ουσιαστικά συμμετέχουν, το μοριακό οξυγόνο (O_2) και η υπεριώδης ακτινοβολία (UV) του ηλιακού φωτός. Στο ύψος της στρατόσφαιρας η υπεριώδης ακτινοβολία είναι αρκετά ισχυρή ώστε να διασπά μόρια οξυγόνου σε άτομα (φωτόλυση οξυγόνου).

Τα άτομα οξυγόνου (O^{\cdot}) « οξειδώνουν » το μοριακό οξυγόνο σε τριατομικό όζον (O_3) το οποίο με τη σειρά του διασπάται ξανά από τη UV σε μόριο και άτομο οξυγόνου. Οι αντιδράσεις αυτές γίνονται ταυτόχρονα και υπάρχει μία διαρκής μετατροπή οξυγόνου σε όζον και αντίστροφα, έτσι ώστε οι αντιδράσεις αυτές να οδηγούν σε μια σταθερή συγκέντρωση όζοντος και παράλληλα σε «δαπάνη» της υπεριώδους ακτινοβολίας που βγαίνει από το στρώμα αυτό με δραστικά μειωμένη ένταση.

5.2 Αντιδράσεις

Οι αντιδράσεις δημιουργίας του φυσικού όζοντος στην ατμόσφαιρα είναι οι εξής:



Το όζον αυτού του στρώματος, δρα προστατευτικά για την ζωή στον πλανήτη, καθώς φιλτράρει την βιολογικά επιβλαβή υπεριώδη ακτινοβολία

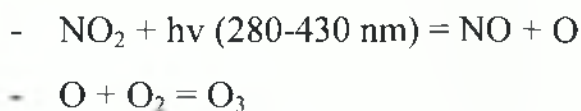
(UV radiation) και λαμβάνει μέρος σε σημαντικές χημικές αντιδράσεις της στρατόσφαιρας. Επομένως, η παρουσία του σ' αυτό το στρώμα είναι σημαντική.

Το όζον της τροπόσφαιρας, είναι ένας από τους αέριους φωτοχημικούς ρύπους που συνθέτουν το «νέφος» των μεγαλουπόλεων και έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια. Είναι δευτερογενής ρύπος και σχηματίζεται υπό την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας πάνω σε άλλους πρωτογενείς ρύπους που έχουν προέλευση κυρίως από ανθρωπογενείς διεργασίες.

Κυρίως υπεύθυνοι για την παραγωγή φωτοχημικών ρύπων ή των πρόδρομων ουσιών τους, είναι οι κινητήρες εσωτερικής καύσης οι οποίοι εκτός από διάφορους άλλους ρύπους που εκπέμπουν (άκαυστοι υδρογονάνθρακες, CO, κ.α.), παράγουν πρωτογενώς και NO_x ακόμη και όταν λειτουργούν σωστά, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στους θαλάμους καύσης καθώς πραγματοποιείται ο σχηματισμός NO_x από το άζωτο και το οξυγόνο της ατμόσφαιρας.

Έτσι, το μεγαλύτερο ποσοστό ευθύνης για τους φωτοχημικούς ρύπους φέρουν οι κινητήρες εσωτερικής καύσης (κυρίως οχήματα), ενώ σε πολύ μικρότερο ποσοστό ευθύνονται οι βιομηχανίες και οι καυστήρες κεντρικής θέρμανσης των πολυκατοικιών (που όμως παράγουν άλλου είδους ρύπους σε μεγάλες ποσότητες, όπως SO₂). Οι αλυσιδωτές αντιδράσεις περιλαμβάνουν μετατροπή του NO σε NO₂ υπό την προϋπόθεση ότι οι δύο αυτοί ρύποι βρίσκονται σε αρκετά υψηλά επίπεδα έτσι ώστε να διατηρείται ο λόγος NO / NO₂ σε τέτοιες τιμές, ικανές να στηρίξουν το απαιτούμενο για το σχηματισμό του όζοντος επίπεδο.

Οι αντιδράσεις της δημιουργίας του ρύπου του όζοντος στην ατμόσφαιρα είναι οι εξής :



Ενώ στη στρατόσφαιρα, το απαιτούμενο για το σχηματισμό του όζοντος, άτομο οξυγόνου παρέχεται από το μοριακό οξυγόνο, στην τροπόσφαιρα, αυτό παρέχεται από την αναγωγή ενός μορίου NO_2 σε NO . Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στην τροπόσφαιρα η UV δεν είναι ισχυρή για να φωτολύσει το οξυγόνο αλλά αρκετή για τη φωτόλυση του NO_2 που είναι ο κύριος πρωτογενής ρύπος του φωτοχημικού νέφους.

Οι αντιδράσεις του κύκλου του όζοντος στην τροπόσφαιρα είναι οι εξής :

- $\text{NO}_2 + h\nu (280 - 430 \text{ nm}) = \text{NO} + \text{O}$
- $\text{NO}_2 + \text{O}_2 = \text{O}_3$
- $\text{NO} + \text{O}_3 = \text{NO}_2 + \text{O}_2$
- $\text{RO}_2 + \text{NO} = \text{RO} + \text{NO}_2$

Έτσι, ενώ το στρατοσφαιρικό όζον προστατεύει τη ζωή στον πλανήτη από την υπεριώδη ακτινοβολία. Το τροποσφαιρικό όζον είναι ο πλέον διαδεδομένος και τοξικός ρύπος, πολύ δηλητηριώδης για τους ζωντανούς οργανισμούς (ζωικούς και φυτικούς). Οπότε ρύπανση όζοντος για τη στρατόσφαιρα είναι η καταστροφή όζοντος, ενώ για την τροπόσφαιρα είναι η διοχέτευση όζοντος.

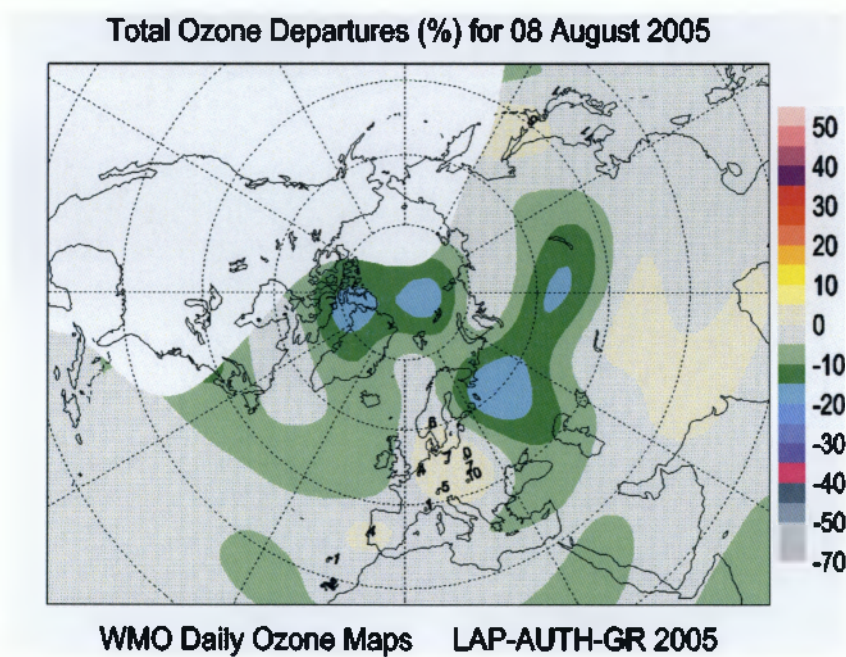
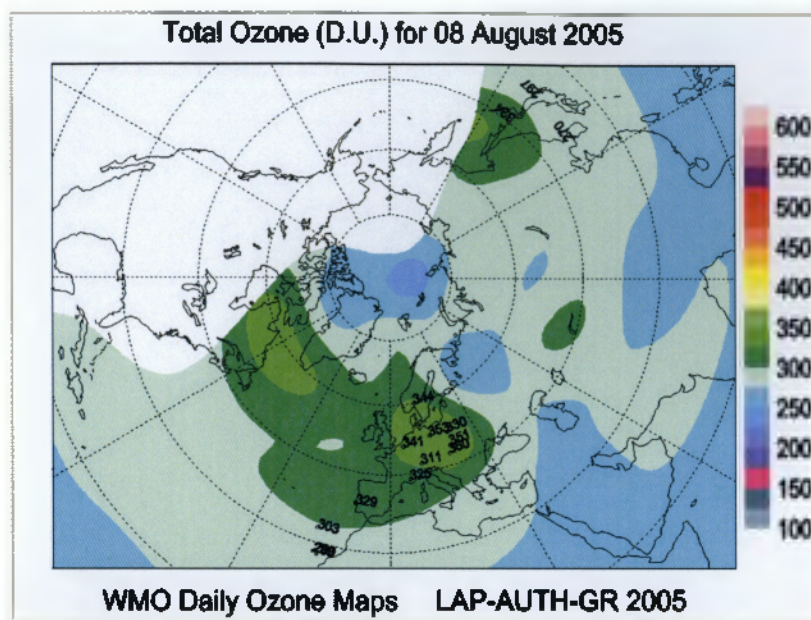
5.3 Επιπτώσεις στον ανθρώπινο οργανισμό

Η εισπνοή ακόμα και μικρών συγκεντρώσεων όζοντος από τον άνθρωπο μπορεί να προκαλέσει:

1. Οξύ αναπνευστικό πρόβλημα
2. Να επιτείνει το άσθμα
3. Να επιφέρει σημαντική προσωρινή μείωση της αναπνευστικής ικανότητας του πνεύμονα σε κάποιους ενήλικες, πάνω από 15-20%
4. Να προκαλέσει φλεγμονή ιστών του πνεύμονα

5. Να οδηγήσει σε εισαγωγή στο νοσοκομείο και στο τμήμα επειγόντων (10-20% του συνόλου των αναπνευστικών περιστατικών που επισκέπτονται νοσοκομεία σχετικά με αναπνευστικά προβλήματα στη βορειοανατολική Αμερική σχετίζονται με τη ρύπανση του όζοντος).
6. Εξασθενεί το ανοσοποιητικό σύστημα κάνοντας τους ανθρώπους περισσότερο ευαίσθητους σε αναπνευστικές ασθένειες συμπεριλαμβανομένης της βρογχίτιδας και της πνευμονίας.
(Environmental Protection Agency, EPA)

5.4 Συγκεντρωτικοί χάρτες όζοντος του νότιου ημισφαιρίου



<http://lap.physics.auth.gr/ozonemaps>

6. Τροποσφαιρικό όζον

Πηγή : «Αστικό ή Παγκόσμιο πρόβλημα ρύπανσης;»
Δρ. Πρόδρομος Ζάνης
Εργαστήριο Φυσικής Ατμόσφαιρας, ΑΠΘ

6.1 Εισαγωγή

Στο ευρύ κοινό είναι γενικά γνωστό ότι το όζον είναι ένα αέριο στοιχείο που παράγεται στην στρατόσφαιρα (15-50 km) όπου και βρίσκεται περίπου το 90% του ολικού όζοντος της ατμόσφαιρας της γης. Το στρατοσφαιρικό όζον είναι το λεγόμενο « καλό » όζον γιατί δρα ως φίλτρο που μας προστατεύει από τις επιβλαβείς υπεριώδεις ακτινοβολίες.

Η μείωση του όζοντος στην στρατόσφαιρα από την χρήση ανθρωπογενών χημικών στοιχείων όπως οι χλωροφθοράνθρακες τις τελευταίες δεκαετίες του 20^{ου} αιώνα είναι ένα πρόβλημα σε παγκόσμια κλίμακα και έχει απασχολήσει ιδιαίτερα αλλά και συνεχίζει να απασχολεί τόσο την επιστημονική κοινότητα όσο και την κοινή γνώμη και τις κυβερνήσεις των κρατών. Το υπόλοιπο 10% του όζοντος βρίσκεται στο χαμηλότερο στρώμα της ατμόσφαιρας, την τροπόσφαιρα (0-15 km).

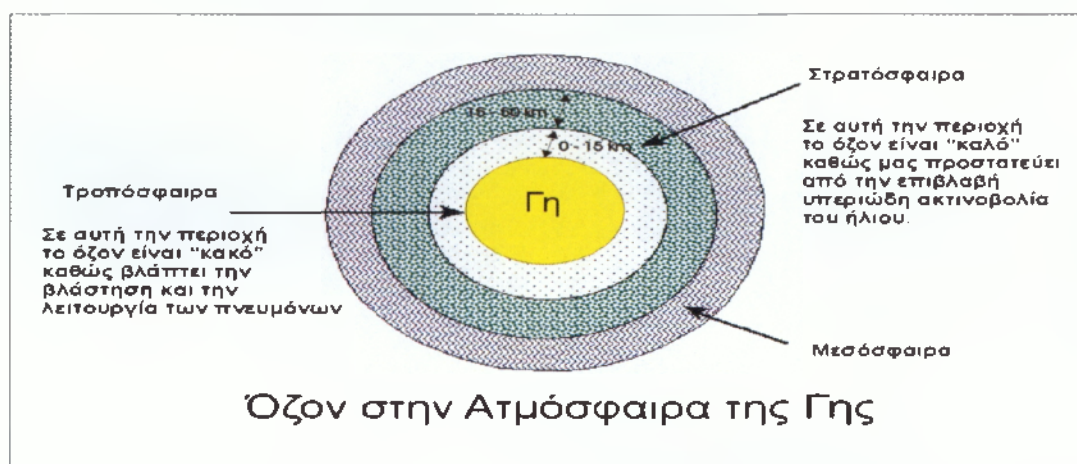
Το όζον χαμηλά στο έδαφος είναι ένας ρύπος που συνδέεται με επεισόδια φωτοχημικού νέφους σε αστικά κέντρα και γύρω από αυτά, όπου μπορεί να προκαλέσει ποικίλα προβλήματα στον άνθρωπο και την φύση όταν ξεπεραστούν κάποιες οριακές τιμές. Για αυτό τον λόγο έχει επικρατήσει να αποκαλούμε το τροποσφαιρικό όζον ως το « κακό » όζον.

Είναι χαρακτηριστική η φράση για το όζον « good up high, bad nearby » που σημαίνει καλό εκεί ψηλά, κακό εδώ γύρω. Το ερώτημα πού τίθεται είναι εάν η αύξηση του τροποσφαιρικού όζοντος είναι ένα πρόβλημα που αφορά μόνο το αστικό περιβάλλον ή είναι ένα πρόβλημα που εκτείνεται σε παγκόσμια κλίμακα.

6.2 Η προέλευση του όζοντος της τροπόσφαιρας και η σημασία του

Σήμερα γνωρίζουμε ότι η προέλευση του τροποσφαιρικού όζοντος (όπως φαίνεται στο Σχήμα 3) αφενός είναι η φωτοχημική παραγωγή υπό την παρουσία διάφορων πρωτογενών ρύπων (π.χ. οξειδία του αζώτου, υδρογονάνθρακες) και του φωτός, και αφετέρου η μεταφορά στρατοσφαιρικού όζοντος προς την τροπόσφαιρα.

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



Σχήμα 3 : Το όζον στην ατμόσφαιρα της Γης.

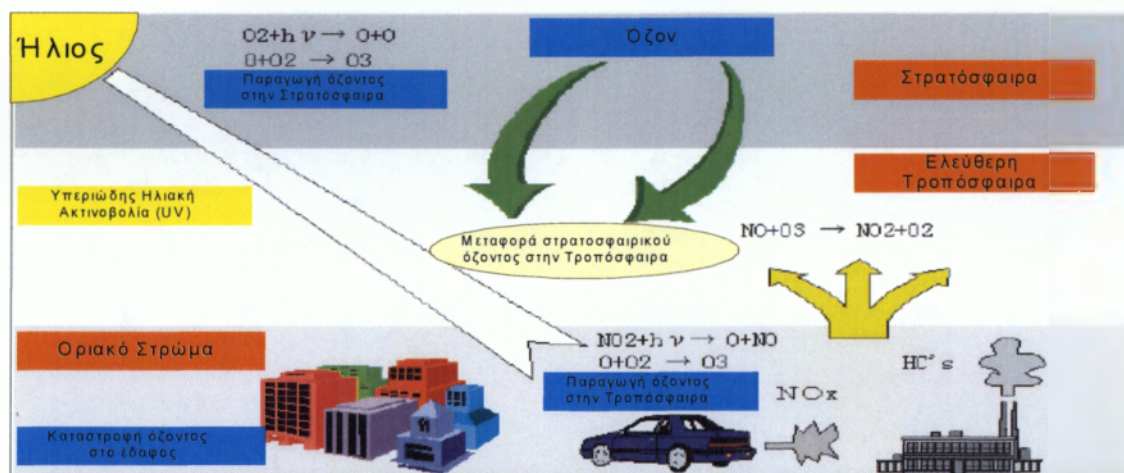
Ήταν στα τέλη της δεκαετίας του '70 και '80 που τέθηκαν οι βάσεις της θεωρίας της φωτοχημικής παραγωγής του τροποσφαιρικού όζοντος. Το έναυσμα δόθηκε από την προσπάθεια για την εξήγηση του φωτοχημικού νέφους του Λος Άντζελες στην δεκαετία του '60 από όπου διαπιστώθηκε ότι το φωτοχημικό νέφος (ή ρύπανση του όζοντος) δημιουργείται από μία πολύπλοκη σειρά χημικών αντιδράσεων που περιλαμβάνουν πτητικούς υδρογονάνθρακες

και οξειδία του αζώτου από βιομηχανικές πηγές και αυτοκίνητα υπό την δράση του ηλιακού φωτός.

Καθώς η θερμοκρασία αυξάνει κατά την διάρκεια της ημέρας, η ηλιακή ενέργεια επιταχύνει αυτές τις χημικές αντιδράσεις με αποτέλεσμα την αύξηση της ποσότητας όζοντος που παράγεται.

Αντίστροφα, όταν η θερμοκρασία μειώνεται οι χημικές αντιδράσεις επιβραδύνουν και το φωτοχημικό νέφος σπάνια δημιουργείται. Η παραγωγή του τροποσφαιρικού όζοντος είναι λοιπόν ένα φαινόμενο που ευνοείται κατά την διάρκεια της ημέρας και των θερμών μηνών του έτους (τέλη ανοίξεως και καλοκαίρι).

Το τροποσφαιρικό όζον έχει πολλαπλή σημασία για την ατμόσφαιρα της γης. Καταρχήν το τροποσφαιρικό όζον κατέχει κεντρικό ρόλο στην χημεία της τροπόσφαιρας καθώς αποτελεί την βασική πηγή του πιο σημαντικού οξειδωτικού μέσου στην τροπόσφαιρα, της ρίζας του υδροξυλίου (OH).



Σχήμα 4 : Σχηματική παράσταση που δείχνει την προέλευση του όζοντος της τροπόσφαιρας

Με πιο απλά λόγια το υδροξύλιο αποτελεί το ισχυρότερο « απορρυπαντικό » της ατμόσφαιρας που την καθαρίζει από μια σειρά οργανικών και ανόργανων ενώσεων που εκπέμπονται από φυσικές ή ανθρωπογενείς πηγές.

Φαντασθείτε πως υπό την έλλειψη της ρίζας του υδροξυλίου όλες αυτές οι ενώσεις θα είχαν πολύ μεγάλο χρόνο ζωής και θα συσσωρεύονταν στα ανώτερα στρώματα της τροπόσφαιρας δρώντας επικουρικά στο γνωστό φαινόμενο του θερμοκηπίου που προκαλείται από ενώσεις όπως το CO₂, το μεθάνιο και βέβαια οι υδρατμοί. Αυτό θα είχε σαν συνέπεια ότι μια σειρά από αέριες ενώσεις που δεν συνεισφέρουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου θα συνέβαλλαν σε ακόμα μεγαλύτερες θερμοκρασίες στο πλανήτη μας.

Κατά δεύτερο λόγο το τροποσφαιρικό όζον που βρίσκεται στα υψηλότερα στρώματα της τροπόσφαιρας είναι από μόνο του ένα θερμοκηπιακό αέριο που σημαίνει ότι δρα και αυτό επικουρικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Πρέπει να επισημανθεί ότι η αύξηση του τροποσφαιρικού όζοντος παγκοσμίως συνεισφέρει περίπου το 1 / 3 από την αύξηση του CO₂ στην ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου από το προβιομηχανικά χρόνια έως σήμερα. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι το CO₂ είναι το βασικότερο αέριο που συνεισφέρει στην ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου σε σχέση με τα προβιομηχανικά χρόνια.

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

Το όζον είναι από μόνο του ένα οξειδωτικό μέσο και είναι φυτο-τοξικό στοιχείο που σημαίνει ότι όταν βρίσκεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις γίνεται επικίνδυνο για τα φυτά και δάση καθώς επηρεάζει την ικανότητα τους να παράγουν και να αποθηκεύουν τροφή κάνοντας τα έτσι πιο ευάλωτα στις αρρώστιες, τα έντομα και τις άσχημες καιρικές συνθήκες. Σύμφωνα με την U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency-

<http://www.epa.gov/oar/oaqps/gooduphigh/>) η ρύπανση του όζοντος προκαλεί καταστροφές στη σοδειά που αντιστοιχεί σε μείωση της αγροτικής παραγωγής πάνω από 0.5 δισεκατομμύριο δολάρια κάθε έτος σε πανεθνικό επίπεδο.

Σαν όριο φυτοτοξικότητας η Ευρωπαϊκή Ένωση θέτει το όριο των 32 ppb (μέρη ανά δισεκατομμύριο). Η υπέρβαση αυτού του ορίου δεν σημαίνει απαραίτητα ότι θα υπάρξει καταστροφή στη βλάστηση αλλά ότι βρισκόμαστε σε επίπεδα επικινδυνότητας για την βλάστηση, δηλαδή ότι είναι υπαρκτό το ρίσκο της καταστροφής για ευαίσθητα είδη φυτών και ιδιαίτερες συνθήκες.

Το όζον ως οξειδωτικό μέσο επιδρά και σε διάφορα οργανικά υλικά, όπως οργανικά χρώματα που χρησιμοποιούνται στην ζωγραφική, στις εξωτερικές ζωγραφισμένες διακοσμήσεις κτιρίων, ή για βαφή υφασμάτων, το φυσικό καουτσούκ, τα συνθετικά ελαστικά υλικά από κυτταρίνη όπως το χαρτί, διάφορα εκθέματα των μουσείων φυσικής ιστορίας όπως φτερά, δέρμα ζώων, πάπυρο. Επομένως η ρύπανση του όζοντος συνδέεται άρρηκτα και με προβλήματα υποβιβασμού της πολιτισμικής μας κληρονομιάς.

6.3 Η αύξηση του τροποσφαιρικού όζοντος

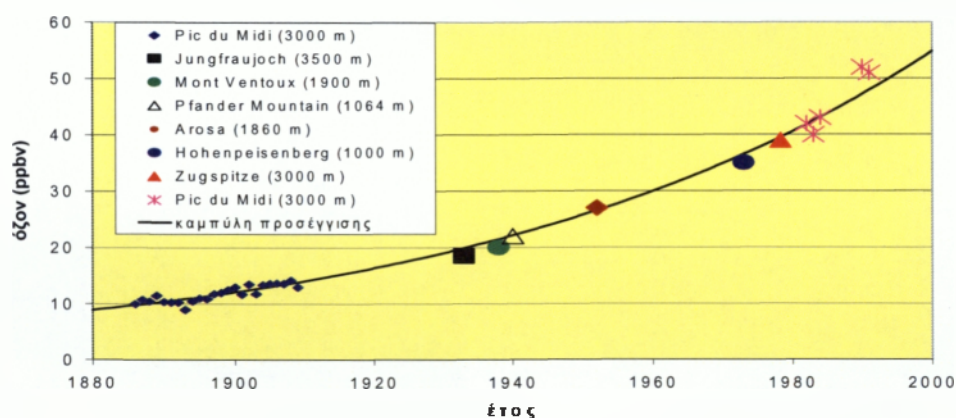
Από την στιγμή που τέθηκαν οι βάσεις της θεωρίας της φωτοχημικής παραγωγής του όζοντος και έγινε αξιολόγηση των μετρήσεων του τροποσφαιρικού όζοντος κατά την διάρκεια του 20^{ου} αιώνα, έγινε αντιληπτό ότι η αύξηση του τροποσφαιρικού όζοντος δεν είναι ένα πρόβλημα που αφορά μόνο τα αστικά κέντρα και τις γύρω περιοχές αλλά ένα πρόβλημα που αφορά ευρύτερες περιοχές.

Ιδιαίτερο επιστημονικό ενδιαφέρον έχει δοθεί την τελευταία δεκαετία όχι μόνο στο όζον των αστικών περιοχών αλλά και στο υπόβαθρο όζον δηλαδή στο όζον που δεν επηρεάζεται από κοντινές ανθρωπογενείς εκπομπές ρύπων.

Υπάρχει σημαντική πειραματική ένδειξη από την σύγκριση ιστορικών τιμών όζοντος στα τέλη του 19^{ου} και αρχές του 20^{ου} αιώνα με σύγχρονες τιμές όζοντος υποβάθρου ότι το υπόβαθρο όζον της τροπόσφαιρας σχεδόν

υπερδιπλασιάστηκε στο μεγαλύτερο μέρος του Βορείου Ημισφαιρίου με το μεγαλύτερο ποσοστό της αύξησης να έχει συμβεί μετά το 1950.

Το Σχήμα 5 που περιλαμβάνει τιμές από μετρήσεις υποβάθρου όζοντος σε διάφορες τοποθεσίες της Δυτικής Ευρώπης απομακρυσμένες από κοντινές πηγές ρύπανσης επιδεικνύει χαρακτηριστικά τον υπερδιπλασιασμό των συγκεντρώσεων όζοντος κατά την διάρκεια του 20^{ου} αιώνα.



Σχήμα 5 : Χρονική εξέλιξη των συγκεντρώσεων όζοντος κατά την διάρκεια του 20^{ου} αιώνα σε διάφορες τοποθεσίες της Δυτικής Ευρώπης απομακρυσμένες από κοντινές πηγές ρύπανσης (πηγή: Marengo et al., 1994)

Ιδιαίτερη συμβολή στην διαπίστωση της αύξησης του υποβάθρου όζοντος της τροπόσφαιρας έδωσε και η αξιολόγηση των μετρήσεων όζοντος στο Παρίσι (Montsouris) στα τέλη του περασμένου αιώνα.

Η πιθανότερη αιτία για την αύξηση του υποβάθρου όζοντος της τροπόσφαιρας θεωρείται η φωτοχημική παραγωγή όζοντος λόγω της σταδιακής αύξησης των ανθρωπογενών εκπομπών πρωτογενών ρύπων (οξειδία του αζώτου, CO, υδρογονάνθρακες) και η σταθερή ανάμειξη των πρόδρομων αυτών ενώσεων σε ευρύτερες περιοχές. Πολλές άλλες ερευνητικές εργασίες σε διάφορες τοποθεσίες στην Ευρώπη και Βόρεια Αμερική έδειξαν ότι υπάρχει αύξηση του όζοντος της τροπόσφαιρας κατά την διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών της τάξης του 1% ανά έτος.

Όλες αυτές οι διαπιστώσεις της αύξησης του τροποσφαιρικού όζοντος τόσο κοντά στο έδαφος όσο και στην ελεύθερη τροπόσφαιρα (πάνω από το

οριακό στρώμα της ατμόσφαιρας όπου ζούμε και αναπνέουμε) δείχνουν ότι είναι ένα πρόβλημα που δεν περιορίζεται μόνο σε τοπική κλίμακα αλλά επεκτείνεται σε διακρατική και ημισφαιρική κλίμακα. Αυτό σημαίνει ότι η λύση ενός τέτοιου προβλήματος μπορεί να δοθεί μόνο κάτω από την συντονισμένη προσπάθεια όλων των κρατών.

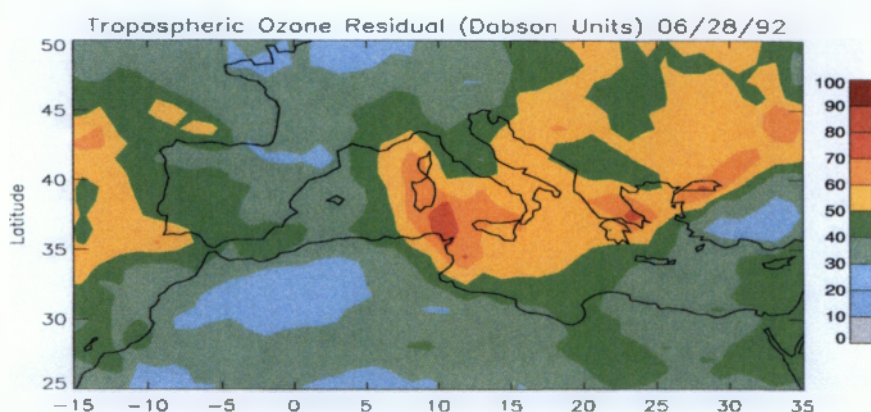
6.4 Το τροποσφαιρικό όζον στην Ελλάδα

Το πρόβλημα της ρύπανσης του όζοντος αφορά ιδιαίτερα την Ελλάδα και την Μεσόγειο που είναι μια περιοχή πλούσια σε φως του ήλιου. Ένα από τα σημαντικά ευρήματα του Ευρωπαϊκού προγράμματος PAUR που συντονίστηκε από το Εργαστήριο Φυσικής της Ατμόσφαιρας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης (Διευθυντής, καθ. Χρήστος Ζερεφός) 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.

Βέβαια θα πρέπει να τονιστεί το γεγονός ότι δεν παρουσιάζονται έντονα φαινόμενα βλαβών στη βλάστηση που θα αναμένονταν με βάση τις μετρηθείσες 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 στο Σχήμα 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.

Η ανάλυση των πειραμάτων PAUR έδειξε επίσης, ότι κατά τους θερμούς μήνες, τα επίπεδα όζοντος υπερβαίνουν και το Όριο Ενημέρωσης Πληθυσμού που έχει θεσπίσει η Ευρωπαϊκή Ένωση (53 ppb). 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.



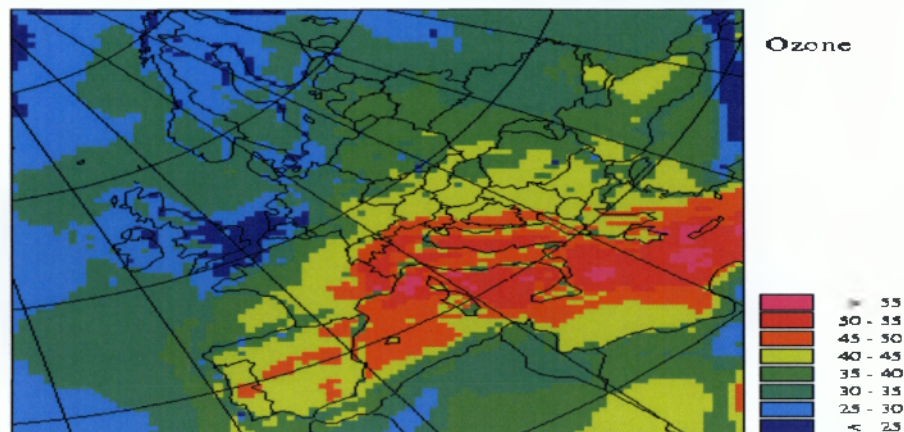
Σχήμα 6 : Κατανομή της ολικής στήλης του τροποσφαιρικού όζοντος στις 28/6/1992 από μετρήσεις δορυφόρου πάνω από την Μεσόγειο (πηγή: J. Fishman, NASA Langley Research Center, Hampton, Virginia, USA). Η ολική στήλη όζοντος μετριέται σε Dobson Units (DU) όπου 1 DU αντιστοιχεί σε μήκος 0.001 cm υπό κανονικές 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.

Εκτεταμένες προσομοιώσεις με τρισδιάστατο μαθηματικό μοντέλο (Σχήμα 7) 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.

Στο ΕΦΑ πραγματοποιούνται επίγειες μετρήσεις της κατακόρυφης κατανομής συγκέντρωσης του όζοντος. Η τεχνική έμμεσης μέτρησης από το έδαφος της συγκέντρωσης του όζοντος σε συνάρτηση με το ύψος, ονομάζεται μέθοδος Umkehr και χρησιμοποιεί ένα φασματοφωτόμετρο για τον καθορισμό της μέσης συγκέντρωσης του όζοντος σε εννέα ατμοσφαιρικά στρώματα που αρχίζουν από το έδαφος και φθάνουν μέχρι περίπου τα 48 km.



Σχήμα 7 : 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 κατακόρυφη κατανομή του όζοντος μετράται επίσης και με τη διαδικασία της οζοντοβόλισης, η οποία περιλαμβάνει την καθ ύψος αποστολή μιας οζοντοβολίδας με την βοήθεια ειδικής κατασκευής μπαλονιού γεμισμένου με υδρογόνο, στο οποίο και είναι προσδεμένη. Κατά την διάρκεια "πτήσης" της οζοντοβολίδας λαμβάνεται (με τη βοήθεια και συμπληρωματικού εξοπλισμού) μια σειρά μετρήσεων όπως συγκέντρωση όζοντος, θερμοκρασία, σχετική υγρασία, πληροφορίες που αποστέλλονται κωδικοποιημένες σε ηλεκτρομαγνητική κύμανση σε επίγειο δέκτη.

Αποτελέσματα εκτίμησης της κατακόρυφης κατανομής της συγκέντρωσης του όζοντος στο ΕΦΑ, παρουσιάζονται στα συνημμένα διαγράμματα. Εκτός από την φωτοχημική πηγή του τροποσφαιρικού όζοντος,

μια επιπλέον πηγή αποτελεί η μεταφορά όζοντος από την στρατόσφαιρα Το ΕΦΑ συμμετέχει στο πρόγραμμα της Ευρωπαϊκής Κοινότητας STACCATO (Influence of Stratosphere-Troposphere Exchange in a Changing Climate on Atmospheric Transport and Oxidation Capacity, EVK2-1999-00316, 2000-20001) που έχει ως αντικειμενικό σκοπό τον ποσοτικό υπολογισμό της μεταφοράς όζοντος από την στρατόσφαιρα στην τροπόσφαιρα (STE).

ΜΕΡΟΣ 2^ο
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ

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 (διασυνοριακή 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 στοχοι 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 τριφυλλίου.
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., 2003).

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 H.J και συν., 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 *Trepens* 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).

2. Βιοκαταγραφή των φυτοτοξικών επιπέδων όζοντος με τη χρήση τριφυλλιών NC-S και NC-R στον Αντικάλαμο Μεσσηνίας (περιοχή Τ.Ε.Ι)

2.1 Πειραματικό σχέδιο

Το πειραματικό σχέδιο προβλέπει την εγκατάσταση 40 δοχείων με τριφύλλια από δύο διαφορετικές ποικιλίες (NC-S & NC-R) στον πειραματικό χώρο, προς έκθεσή τους στην ατμόσφαιρα της περιοχής ώστε να διαπιστωθεί παρουσία του τροποσφαιρικού όζοντος. Οι 20 εκ των 40 βιότυπων τριφυλλιού έχουν χαρακτηριστική ευαισθησία στις αυξημένες συγκεντρώσεις ατμοσφαιρικού όζοντος (sensitive biotypes), ενώ τα υπόλοιπα 20 φυτά παρουσιάζουν ανθεκτικότητα έναντι του συγκεκριμένου ρύπου (resistant biotypes).

Το φυτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν μοσχεύματα τριφυλλιού των δύο βιότυπων, που προέρχονταν από το πείραμα που πραγματοποιήθηκε τη χρονική περίοδο του εαρινού εξαμήνου του 2004.

Η αρχική προέλευση των βιότυπων αυτών είναι οι Η.Π.Α. Περίπου 50 μοσχεύματα από κάθε βιότυπο (100 συνολικά) συλλέχθηκαν στις 22/3/05 από τα αντίστοιχα δοχεία που περιείχαν τα μητρικά φυτά. Η επιλογή των μοσχευμάτων έγινε έτσι ώστε να είναι υγιή, απαλλαγμένα από παρασιτικές ασθένειες καθώς και με επαρκές ριζικό σύστημα για να επιτευχθεί μία γρήγορη και αξιόλογη ριζοβολία.

Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν δοχεία μεγέθους N^ο12, δύο χρωμάτων, 35 κόκκινα και 35 μαύρα, έτσι ώστε να είναι διακριτοί οι βιότυποι. Τα δοχεία απολυμάνθηκαν, γεμίστηκαν με τύρφη κατά το ήμισυ ($\frac{1}{2}$ κάτω) και περλίτη κατά το άλλο μισό ($\frac{1}{2}$ πάνω) και τοποθετήθηκαν στο θερμοκήπιο και συγκεκριμένα στον πάγκο με υδρονέφωση με σκοπό να αποφευχθεί η

υπερβολική άρδευση, δεδομένου ότι μπορεί να αυξηθεί η ευαισθησία των βιότυπων σε μύκητες, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια των πρώτων 7-10 ημερών.

Ανά τακτά χρονικά διαστήματα γινόταν έλεγχος για τη σωστή λειτουργία της υδρονέφωσης ώστε να εξασφαλιστεί συνεχής και επαρκής υγρασία ωσότου επιτευχθεί ικανοποιητική ριζοβολία και βλάστηση. Στις 18/4/05 (26 ημέρες μετά τη φύτευση) εφαρμόστηκε λίπανση με GL 60 υδατοδιαλυτό.

Για την εγκατάσταση του πειράματος επιλέχθηκε υπαίθριος χώρος στο Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας στον Αντικάλανο Μεσσηνίας. Η χωροθέτηση έγινε σύμφωνα με το πρωτόκολλο μέσα στα πλαίσια για τα πειράματα του ICP Vegetation, σε απόσταση μεγαλύτερη από 200 m από κεντρικούς δρόμους και 50 m από κτίρια.

Ο χώρος ισοπεδώθηκε με την βοήθεια εκσκαφέα και καθαρίστηκε από ζιζάνια. Τοποθετήθηκαν πλάκες (καθαρισμένες από εδαφικά υπολείμματα) ανά 0,5m, ως υπόβαθρο των φυτοδοχείων (που θα φέρουν τα τριφύλλια) έτσι ώστε να αποτραπεί η απευθείας επαφή τους με το έδαφος, να μη χαθεί η υγρασία τους και να μην μεταδίδονται ασθένειες και μολύσματα. Το αρδευτικό σύστημα που εγκαταστάθηκε ήταν ένα δίκτυο αυτόματου ποτίσματος (με μπεκ), το οποίο αργότερα στηρίχθηκε πάνω στα φυτοδοχεία.

Σύμφωνα με το πειραματικό σχέδιο χρησιμοποιήθηκαν 40 δοχεία λευκού χρώματος, περιεκτικότητας 15 lt με διάμετρο επιφάνειας 30 cm κατά προσέγγιση. Αυτό το μέγεθος των δοχείων χρειάζεται επειδή το τριφύλλι αναπτύσσει στόλωνες, οι οποίοι χρειάζονται μεγάλη επιφάνεια εδάφους.

Επίσης, το συγκεκριμένο είδος δοχείων των 15 λίτρων επιτρέπει 3-5 μήνες ανάπτυξης δίχως υποστύλωση ενώ το λευκό χρώμα μειώνει την υπερθέρμανση τους. Τα δοχεία απολυμάνθηκαν και ως υπόστρωμα χρησιμοποιήθηκε μίγμα κομπόστα-περλίτη σε αναλογία 1:1.

S5	R10	S15	R20
R5	S10	R15	S20
S4	R9	S14	R19
R4	S9	R14	S19
S3	R8	S13	R18
R3	S8	R13	S18
S2	R7	S12	R17
R2	S7	R12	S17
S1	R6	S11	R16
R1	S6	R11	S16

Πίνακας 2.1 : Χωροταξικό σχέδιο πειράματος

Η εγκατάσταση των δοχείων στον πειραματικό χώρο έγινε διαδοχικά σε 4 σειρές των 10 δοχείων, τοποθετημένων εναλλάξ (1 resistant–1 sensitive).



Εικόνα 2.1 : Χωροταξικό σχέδιο πειράματος

Για τη μεταφύτευση έγινε επιλογή των 40 πιο εύρωστων μοσχευμάτων (20 από κάθε βióτυπο) και τα υπόλοιπα διατηρήθηκαν στο θερμοκήπιο, καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος, ως εφεδρικά. Η μεταφύτευση έγινε στις 22/4/05 (30 ημέρες μετά τη φύτευσή τους) και στα φυτοδοχεία τοποθετήθηκαν ταμπέλες που ανέγραφαν το βióτυπο και τη θέση των τριφυλλιών στον πειραματικό χώρο.

2.2 Καλλιεργητικές φροντίδες

Η συχνότητα και η διάρκεια των ποτισμάτων ρυθμιζόταν ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες, οι οποίες καθόριζαν και τις απαιτήσεις των φυτών μας σε νερό προς αποφυγή παρουσίας στρες στα φυτά λόγω έλλειψης εδαφικής υγρασίας.

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ
22/4/2005	Ανά 8 ώρες	10 λεπτά
15/6/2005	Ανά 8 ώρες	15 λεπτά
12/7/2005	Ανά 4 ώρες	10 λεπτά

Πίνακας 2.2 : Ρυθμίσεις άρδευσης

Καθ' όλη τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας (με τη χρήση γεωργικών εργαλείων και ηλεκτρικού μηχανήματος) η βλάστηση περιμετρικά των δοχείων αλλά και σ' όλη την έκταση 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.



Εικόνα 2.2: Δοχείο τριφυλλιού



Εικόνα 2.3 & 2.4 : Πρωτα συμπτώματα οξυγοντος

Τακτικά πραγματοποιούνταν έλεγχος για την ορθή λειτουργία του αρδευτικού συστήματος και παρατήρηση των φυτών για πιθανές προσβολές (ανάπτυξη ζιζανίων, κτλ) καθώς και για τη φυσιολογική ανάπτυξή τους.

Παράλληλα γινόταν αφαίρεση των ζιζανίων εντός των δοχείων και χρήση μεταλδεύδης για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που δημιουργήθηκαν απ' την εμφάνιση σαλιγκαριών.

Επίσης κρίθηκε απαραίτητη η κατασκευή εγχειοβελτιωτικών έργων σε ορισμένα σημεία του πειραματικού χώρου για την απομάκρυνση του λιμνάζοντος νερού.

2.3 Τεχνική μετρήσεων

Οι μετρήσεις έγιναν με δύο τρόπους, με την καταγραφή των παθογνωμικών συμπτωμάτων στη φυλλική επιφάνεια και με τη μέτρηση του ξηρού βάρους του υπέργειου τμήματος.

Η καταγραφή των παθογνωμικών συμπτωμάτων της τοξικότητας στη φυλλική επιφάνεια των φυτών έγινε με βάση τον πίνακα αξιολόγησης με κλίμακα έξι επιπέδων (πίνακας 2.3.1), σύμφωνα πάντα με το πρωτόκολλο. Στο χρονικό διάστημα της πειραματικής μας διαδικασίας πραγματοποιήθηκαν πέντε αξιολογήσεις.

0	Καμιά ζημιά
1	Πολύ μικρή ζημιά, εμφάνιση πρώτων συμπτωμάτων
2	Μικρή ζημιά, 1-5% των φύλλων με ελαφρύ τραυματισμό
3	Μέτρια ζημιά, 5-25% των φύλλων είναι τραυματισμένα
4	Βαριά ζημιά, 25-50% των φύλλων είναι τραυματισμένα
5	Πολύ βαριά ζημιά, 50-90% των φύλλων είναι τραυματισμένα
6	Συνολικός τραυματισμός, 90-100% των φύλλων είναι τραυματισμένα

Πίνακας 2.3.1 : Αξιολόγηση συμπτωμάτων όζοντος

Παράλληλα με την αξιολόγηση του μεγέθους των συμπτωμάτων από όζον στη φυλλική επιφάνεια, καταγράψαμε και συμπτώματα που παρουσίαζαν τα φυτά μας από άλλους παράγοντες όπως φαίνεται στον πίνακα 2.3.4.

O	Ζημιά όζοντος
S	Μειωμένη ανάπτυξη
D	Ασθένεια
I	Εντομολογική ασθένεια
SL	Ζημιά από σαλιγκάρια
A	Ζημιά από ζώα (κουνέλια, ελάφια, πουλιά κ.α.)
V	Ιός

Πίνακας 2.3.2 : Συμπτώματα φυτών

Η διαδικασία που ακολουθήσαμε για τη συγκομιδή και την καταμέτρηση του ξηρού βάρους είναι η εξής :

Με τη χρήση ψαλιδιού ή μαχαιριού, κόβαμε τα τριφύλλια μας σε ύψος 5 - 7 εκατοστά από τη βάση. Το συγκομιζόμενο μέρος (βιομάζα) τοποθετούνταν σε χάρτινες σακούλες, που η κάθε μία από αυτές ανέγραφε τον αριθμό του εκάστοτε δοχείου (γλάστρα).

Έπειτα τοποθετούσαμε τις σακούλες μας στο ξηραντήρα για 48 ώρες στους 80 °C. Σκοπός αυτής μας της ενέργειας ήταν να πάρουμε το ξηρό βάρος των τριφυλλιών. Μετά τις 48 ώρες και με τη χρήση μιας ψηφιακής ζυγαριάς μετρούσαμε το ξηρό βάρος των φυτικών αυτών οργανισμών. Με την ολοκλήρωση και αυτής της διαδικασίας, ολοκληρώνονταν και η διαδικασία για τον προσδιορισμό των επιπέδων όζοντος, τα οποία είναι φυτοτοξικά.

Οι μετρήσεις ξηρού βάρους και η καταγραφή των συμπτωμάτων έγιναν σε πέντε επαναλήψεις, περίπου κάθε είκοσι οχτώ ημέρες, όπως φαίνεται στον πίνακα 2.3.3.

ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΤΡΙΦΥΛΛΙΟΥ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ
Φύτευση μοσχευμάτων	22/3/2005
Εγκατάσταση πειράματος	22/4/2005
Εμφάνιση πρώτων συμπτωμάτων	15/4/2005
1η Αξιολόγηση	24/5/2005
1η Συγκομιδή	24/5/2005
2η Αξιολόγηση	21/6/2005
2η Συγκομιδή	22/6/2005
3η Αξιολόγηση	18/7/2005
3η Συγκομιδή	19/7/2005
4η Αξιολόγηση	23/8/2005
4η Συγκομιδή	24/8/2005
5η Αξιολόγηση	26/9/2005
5η Συγκομιδή	27/9/2005

Πίνακας 2.3.3 : Χρονοδιάγραμμα πειράματος τριφυλλιών

Μετά τις μετρήσεις που έγιναν και την καταγραφή του ξηρού βάρους της υπέργειας βιομάζας των ευαίσθητων και ανθεκτικών βιότυπων των τριφυλλιών, υπολογιζόταν για κάθε περίοδο ο πολύ σημαντικός δείκτης ξηρό βάρος ευαίσθητων / ξηρό βάρος ανθεκτικών (NCS / NCR Ratio). Ο λόγος αυτός μας δίνει με έναν αριθμό την αντίδραση των βιοδεικτών στη καταπόνηση του όζοντος : όσο μικρότερος είναι αυτός ο δείκτης, τόσο σημαντικότερη είναι η καταπόνηση.

2.4 Υλικά και μέσα

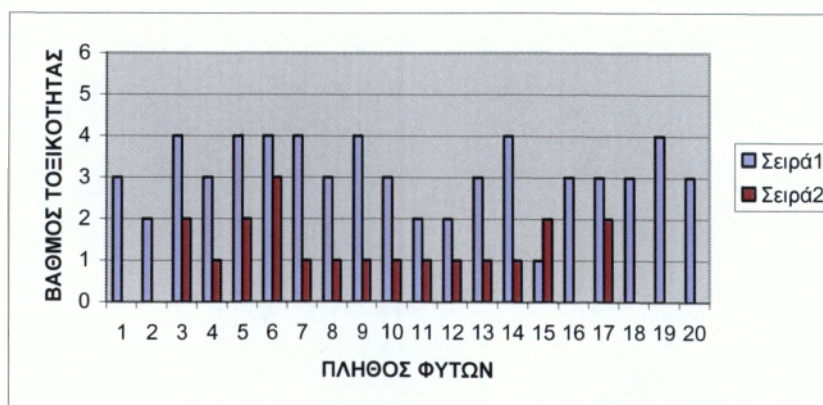
Για την πραγματοποίηση της συγκεκριμένης αυτής πειραματικής διαδικασίας χρησιμοποιήθηκαν τα εξής υλικά και μέσα :

1. Μοσχεύματα τριφυλλιού δύο ποικιλιών NC-S και NC-R
2. Περλίτης - τύρφη - φυτόχωμα
3. 70 δοχεία μεγέθους N°12
4. 40 δοχεία με διάμετρο 30εκ.
5. 40 πλάκες
6. Σύστημα υδρονέφωσης
7. Αυτόματο πότισμα
8. 40 ταμπελάκια
9. 200 χάρτινες σακούλες
10. Ξηραντήρας
11. Ψηφιακή ζυγαριά ακριβείας

2.5 Πίνακες και γραφήματα αξιολόγησης φυτοτοξικών επιπέδων όζοντος στα φύλλα τριφυλλιού από 22/4/05 έως 27/9/05

Πίνακας 2.5.1: 1^η Αξιολόγηση 24/5/05

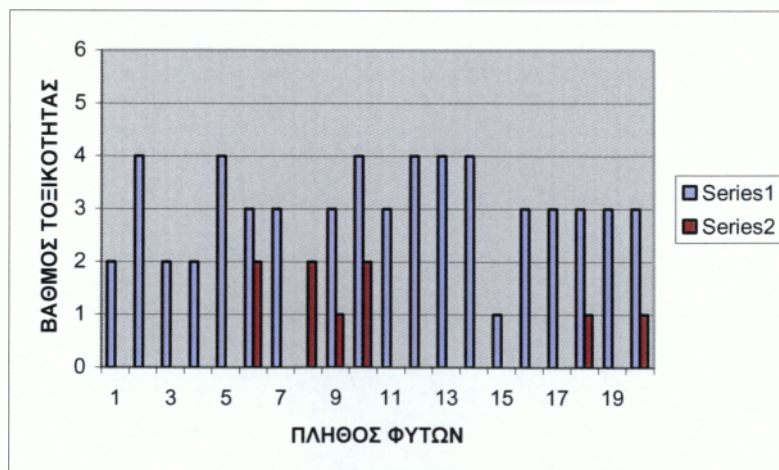
	Όζον			Όζον	
	Βαθμός	Συμπτώματα		Βαθμός	Συμπτώματα
S1	3	O	R1	0	O
S2	2	I	R2	0	SL1
S3	4	SL1	R3	2	SL1
S4	3	SL1	R4	1	SL1
S5	4	SL1	R5	2	SL1
S6	4	SL1	R6	3	SL1
S7	4	S1/SL1	R7	1	SL1
S8	3	SL1	R8	1	SL1
S9	4	S1/SL1	R9	1	S2/SL1
S10	3	S3/SL1	R10	1	SL1
S11	2	SL1	R11	1	SL1
S12	2	S3/SL3	R12	1	SL1
S13	3	SL1	R13	1	SL1
S14	4	S2/SL1	R14	1	SL1
S15	1	SL1	R15	2	S1/SL1
S16	3	S1/SL1	R16	0	SL1
S17	3	SL1	R17	2	SL1
S18	3	SL1	R18	0	SL3
S19	4	SL1	R19	0	SL1
S20	3	SL1	R20	0	SL1



Γράφημα 2.5.1 : 1η αξιολόγηση 25/5/05

Πίνακας 2.5.2 : 2^η Αξιολόγηση 21/6/05

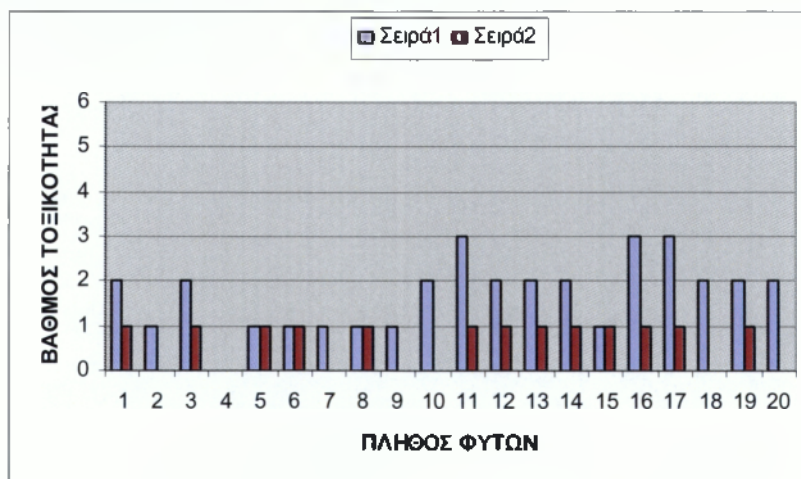
	Όζον			Όζον	
	Βαθμός	Συμπτώματα		Βαθμός	Συμπτώματα
S1	2	0	R1	0	0
S2	4	0	R2	ξηρό	
S3	2	0	R3	0	S1
S4	2	SL1	R4	ξηρό	
S5	4	0	R5	0	0
S6	3	0	R6	2	0
S7	3	0	R7	0	0
S8	ξηρό		R8	2	0
S9	3	S1	R9	1	S2
S10	4	S3	R10	2	0
S11	3	0	R11	0	0
S12	4	S4	R12	0	0
S13	4	0	R13	0	0
S14	4	S2	R14	0	0
S15	1	0	R15	0	0
S16	3	0	R16	0	0
S17	3	0	R17	ξηρό	
S18	3	0	R18	1	S1
S19	3	S1	R19	0	0
S20	3	0	R20	1	0



Γράφημα 2.5.2 : 2η αξιολόγηση 21/6/05

Πίνακας 2.5.3 : 3^η Αξιολόγηση 19/7/05

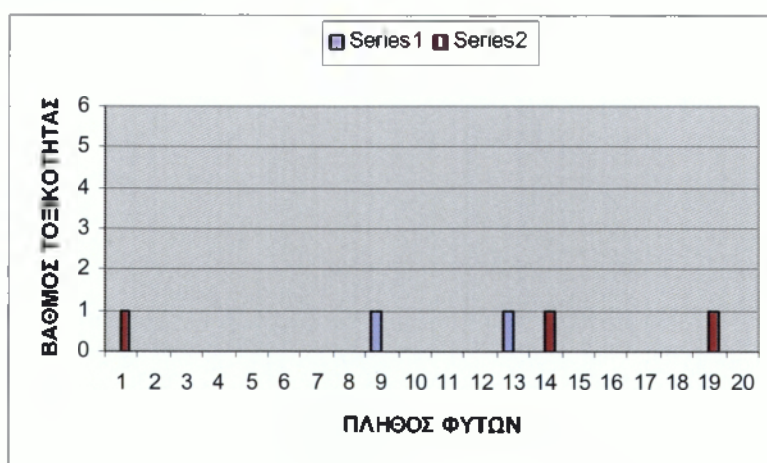
	Όζον		Όζον	
	Βαθμός	Συμπτώματα	Βαθμός	Συμπτώματα
S1	2		R1	1 D
S2	1		R2	0
S3	2		R3	1 D
S4	0		R4	0
S5	1		R5	1
S6	1	D	R6	1 I
S7	1		R7	0 I
S8	1		R8	1
S9	1		R9	ξηρό
S10	2		R10	ξηρό
S11	3		R11	1
S12	2		R12	1
S13	2		R13	1
S14	2		R14	1
S15	1		R15	1
S16	3		R16	1
S17	3		R17	1
S18	2		R18	0
S19	2		R19	1 I
S20	2		R20	0



Γράφημα 2.5.3 : 3^η αξιολόγηση 19/7/05

Πίνακας 2.5.4 : 4^η Αξιολόγηση 23/8/05

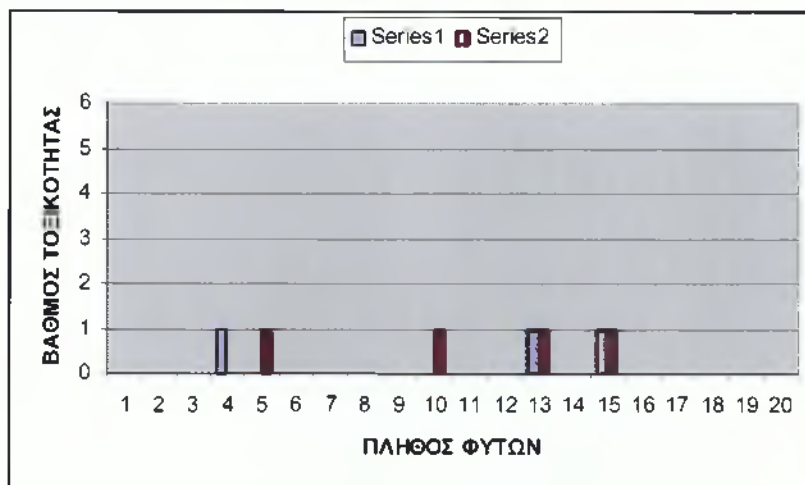
	Όζον			Όζον	
	Βαθμός	Συμπτώματα		Βαθμός	Συμπτώματα
S1	0		R1	1	
S2	0		R2	0	
S3	0		R3		ξηρό
S4	0		R4	0	
S5		ξηρό	R5		ξηρό
S6	0		R6	0	
S7	0		R7	0	
S8	0		R8	0	
S9	1		R9	0	
S10	0		R10	0	
S11	0		R11	0	S4
S12	0		R12	0	S5
S13	1		R13		ξηρό
S14	0		R14	1	
S15	0		R15	0	
S16	0		R16	0	
S17	0		R17	0	
S18		ξηρό	R18	0	S3
S19	0	S4	R19	1	
S20		ξηρό	R20		ξηρό



Γράφημα 2.5.4 : 4^η αξιολόγηση 23/8/05

Πίνακας 2.5.5 : 5^η Αξιολόγηση 27/9/05

	Όζον			Όζον	
	Βαθμός	Συμπτώματα		Βαθμός	Συμπτώματα
S1	0	S1/SL1	R1	0	SL1
S2	0	S2/SL2	R2	0	SL1
S3	0	S4/SL1	R3		
S4	1		R4	0	SL1
S5	0		R5	1	
S6	0		R6	0	
S7	0		R7	0	
S8	0		R8	0	
S9	0	S4/SL5	R9	0	
S10	0	S2/SL3	R10	1	SL1
S11	0		R11	0	
S12	0		R12		
S13	1		R13	1	S2
S14	0		R14	0	
S15	1	SL3	R15	1	SL1
S16	0	SL3	R16	0	
S17	0	SL1	R17	0	SL2
S18			R18	0	SL2
S19	0	S3	R19	0	SL1
S20			R20		



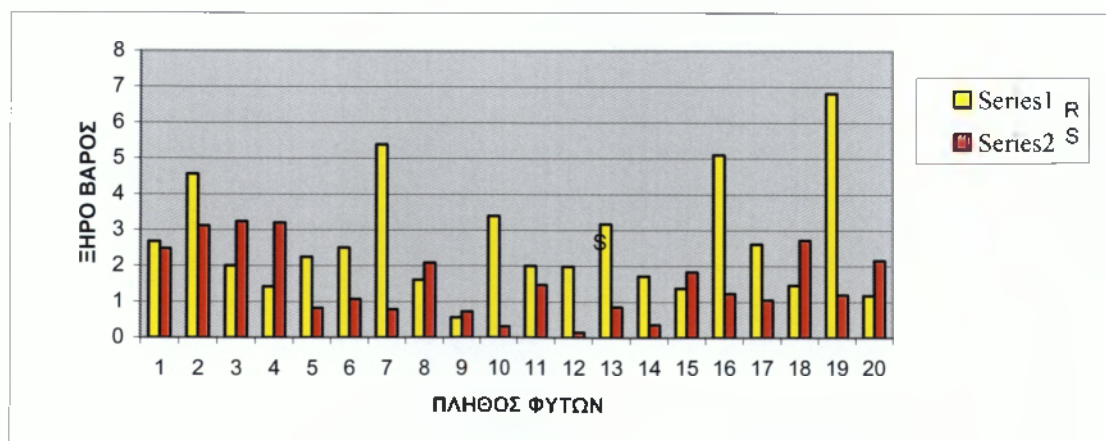
Γράφημα 2.5.5 : 5^η αξιολόγηση 27/9/05

2.6 Πίνακες και γραφήματα μετρήσεων ξηρού βάρους στα φύλλα των φυτών τριφυλλιού

Πίνακας 2.6.1 : ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ 1^η 24/5/05

ΒΙΟΤΥΠΟΙ			
R		S	
R1	2,673	S1	2,477
R2	4,557	S2	3,118
R3	2,001	S3	3,235
R4	1,417	S4	3,195
R5	2,247	S5	0,818
R6	2,503	S6	1,064
R7	5,383	S7	0,785
R8	1,609	S8	2,081
R9	0,561	S9	0,716
R10	3,397	S10	0,305
R11	2,004	S11	1,475
R12	1,981	S12	0,141
R13	3,168	S13	0,849
R14	1,713	S14	0,358
R15	1,378	S15	1,836
R16	5,096	S16	1,231
R17	2,615	S17	1,052
R18	1,462	S18	2,719
R19	6,816	S19	1,191
R20	1,173	S20	2,152
M.O.	2,6877	M.O.	1,5399

Λόγος S/R=0.57

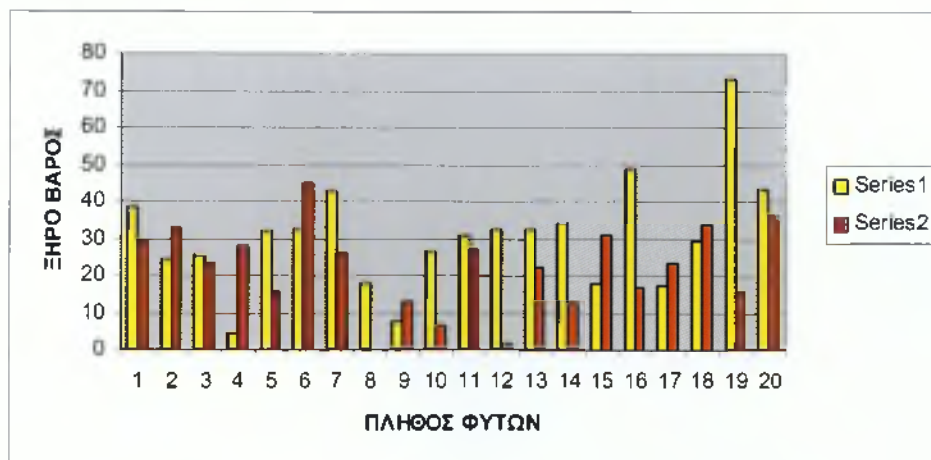


Γράφημα 2.6.1 : Μέτρηση ξηρού βάρους 26/5/05

Πίνακας 2.6.2 : ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ 2^η 22/6/05

ΒΙΟΤΥΠΟΙ			
R		S	
R1	38,15	S1	29,11
R2	24,12	S2	32,71
R3	25,47	S3	23,37
R4	4,13	S4	28,31
R5	32,06	S5	15,74
R6	32,35	S6	44,92
R7	42,48	S7	26,14
R8	18,09	S8	
R9	7,55	S9	13,15
R10	26,58	S10	6,68
R11	31,03	S11	27,25
R12	32,43	S12	1,57
R13	32,54	S13	21,98
R14	34,11	S14	12,25
R15	17,78	S15	30,69
R16	48,62	S16	16,67
R17	17,18	S17	23,29
R18	29,29	S18	33,32
R19	73,04	S19	15,61
R20	43,43	S20	36,16
M.O.	30,5215	M.O.	23,1011

Λόγος S/R=0,76

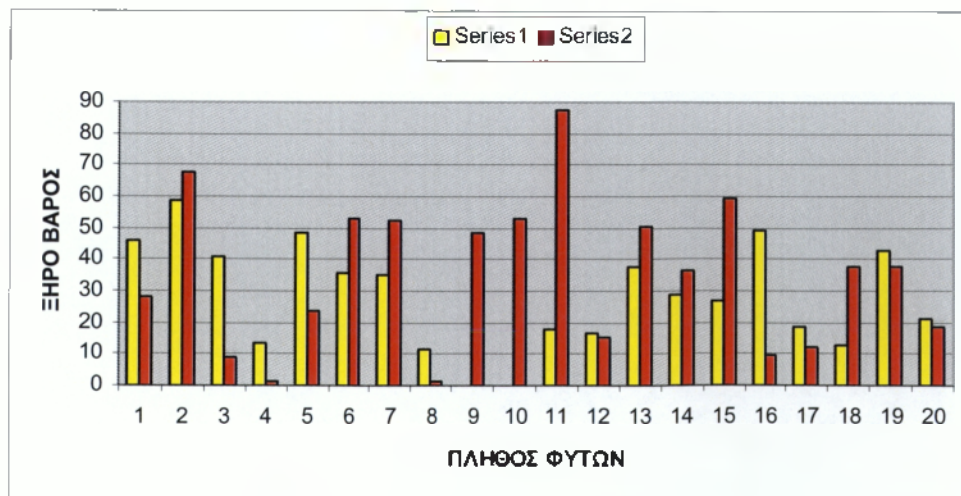


Γράφημα 2.6.2 : Μέτρηση ξηρού βάρους 24/6/05

Πίνακας 2.6.3 : ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ 3^η 19/7/05

ΒΙΟΤΥΠΟΙ			
R		S	
R1	46,03	S1	28,39
R2	59,02	S2	67,95
R3	40,96	S3	8,96
R4	13,56	S4	0,99
R5	48,34	S5	23,48
R6	35,96	S6	53,27
R7	35,24	S7	52,19
R8	11,68	S8	1,31
R9		S9	48,54
R10		S10	53,01
R11	17,74	S11	87,54
R12	16,33	S12	15,09
R13	37,39	S13	50,45
R14	28,84	S14	36,09
R15	26,78	S15	59,16
R16	49,14	S16	9,61
R17	18,34	S17	11,84
R18	12,82	S18	37,65
R19	42,51	S19	37,43
R20	20,91	S20	18,82
M.O.	31,1994	M.O.	35,0885

Λόγος S/R=1,12

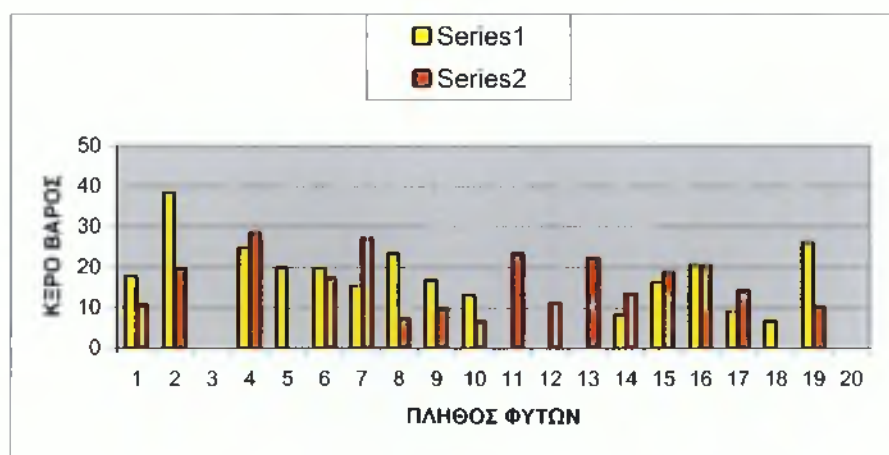


Γράφημα 2.6.3 : Μέτρηση ξηρού βάρους 21/7/05

Πίνακας 2.6.4 : ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ 4^η 24/8/05

ΒΙΟΤΥΠΟΙ			
R		S	
R1	17,79	S1	10,76
R2	38,42	S2	19,77
R3		S3	
R4	24,78	S4	28,52
R5	19,97	S5	
R6	19,78	S6	17,27
R7	15,31	S7	27,27
R8	23,47	S8	7,39
R9	16,86	S9	9,88
R10	13,24	S10	6,69
R11		S11	23,42
R12		S12	11,37
R13		S13	22,33
R14	8,21	S14	13,61
R15	16,43	S15	18,73
R16	20,64	S16	20,44
R17	9,13	S17	14,33
R18	6,7	S18	
R19	26,1	S19	10,46
R20		S20	
M.O.	18,4553	M.O.	16,39

Λόγος S/R=0,89

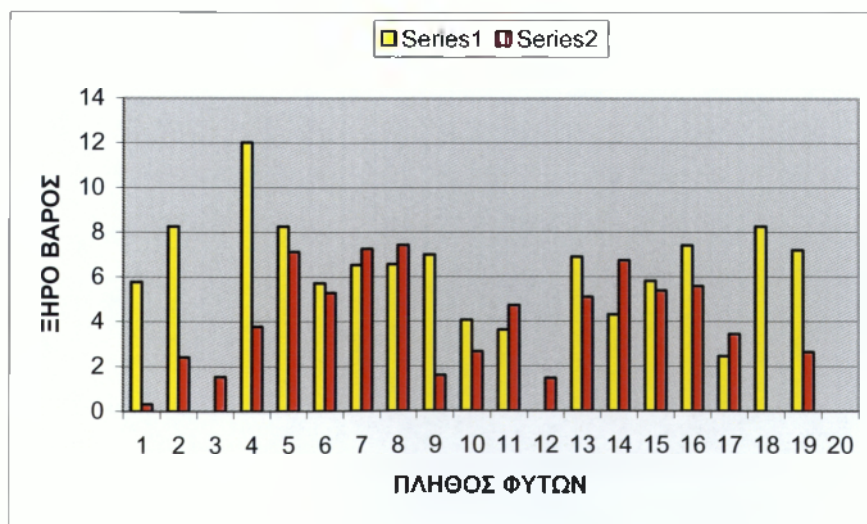


Γράφημα 2.6.4 : Μέτρηση ξηρού βάρους 26/8/05

Πίνακας 2.6.5 : ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ 5^η 27/9/05

ΒΙΟΤΥΠΟΙ			
R		S	
R1	5,77	S1	0,31
R2	8,26	S2	2,41
R3		S3	1,53
R4	12,02	S4	3,77
R5	8,25	S5	7,12
R6	5,71	S6	5,29
R7	6,53	S7	7,25
R8	6,56	S8	7,43
R9	6,99	S9	1,6
R10	4,06	S10	2,65
R11	3,64	S11	4,73
R12		S12	1,46
R13	6,89	S13	5,1
R14	4,31	S14	6,73
R15	5,81	S15	5,39
R16	7,41	S16	5,59
R17	2,46	S17	3,44
R18	8,26	S18	
R19	7,2	S19	2,64
R20		S20	
M.O.	6,47824	M.O.	4,13556

Λόγος S/R=0,64



Γράφημα 2.6.5 : Μέτρηση ξηρού βάρους 29/9/05

3. Καταγραφή όζοντος

Η καταγραφή της συγκέντρωσης όζοντος στο χώρο του Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας, εκτός από το πείραμα με τα φυτά του τριφυλλιού, έγινε και με τη χρήση μετρητή όζοντος (DASIBI 1003-RS).

Ο συγκεκριμένος μετρητής είναι εγκατεστημένος στο χώρο του Τ.Ε.Ι. και συγκεκριμένα στο εργαστήριο φυσιολογίας φυτών και λειτουργεί ως εξής :

Ο ατμοσφαιρικός αέρας εισάγεται στο μετρητή μέσω ενός σωλήνα. Ο μετρητής καταγράφει με τη βοήθεια ειδικών φίλτρων τη συγκέντρωση όζοντος της ατμόσφαιρας. Για τις ανάγκες του πειράματος, είναι προγραμματισμένος να καταγράφει τη μέση ωριαία συγκέντρωση όζοντος της ατμόσφαιρας.

Τα δεδομένα του μετρητή, με τη μορφή αρχείου, αποθηκεύονταν σε μηνιαία βάση σε έναν υπολογιστή, ο οποίος ήταν συνδεδεμένος με το μετρητή.

Οι μετρήσεις για τις συγκεντρώσεις του όζοντος είναι εκφρασμένες σε ppb ανά ώρα (parts per billion / hour) όπως φαίνεται στους πίνακες που ακολουθούν :

Περίοδος Μέτρησης	Αθροιστική συγκέντρωση όζοντος (AOT40 ppb.hours)
14-30 Απριλίου	2.707
Μάιος	4.015
Ιούνιος	5.091
Ιούλιος	5.892
1-10 Αυγούστου	1.374
ΣΥΝΟΛΟ	19.080

Πίνακας 3.1 : Συγκέντρωση όζοντος σε όλη την περίοδο της μέτρησης

Η συνολική συγκέντρωση όζοντος που μετρήθηκε για τους αντίστοιχους μήνες στο χώρο του Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας είναι 14.998 ppb.hours (πίνακας 3.2).

Περίοδος Μέτρησης	Αθροιστική συγκέντρωση όζοντος (ΑΟΤ40 ppb.hours)
Μάιος	4.015
Ιούνιος	5.091
Ιούλιος	5.892
ΣΥΝΟΛΟ	14.998

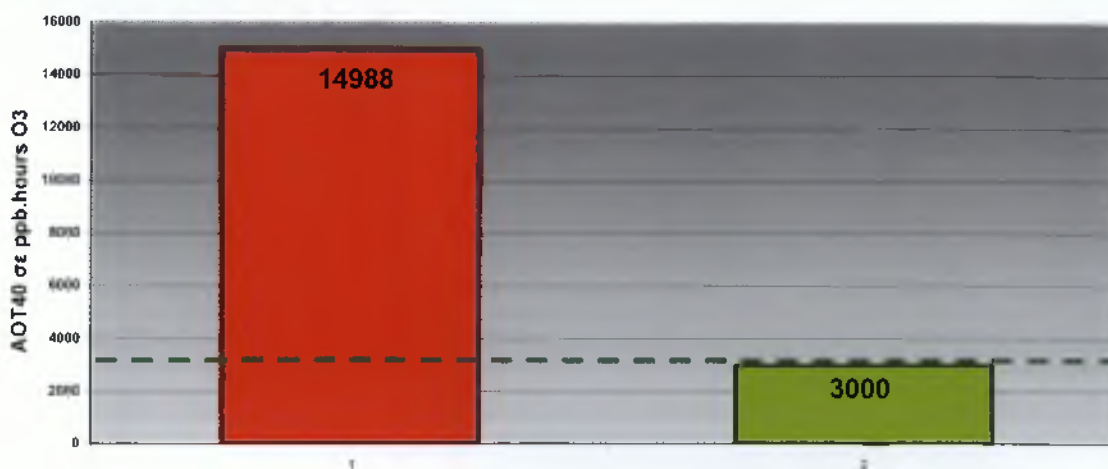
Πίνακας 3.2 Συγκέντρωση όζοντος στην κρίσιμη περίοδο

Τα κρίσιμα επίπεδα όζοντος για την Ευρώπη για τους μήνες Μάιο - Ιούλιο είναι 3.000 ppb.hours (πίνακας 3.3).

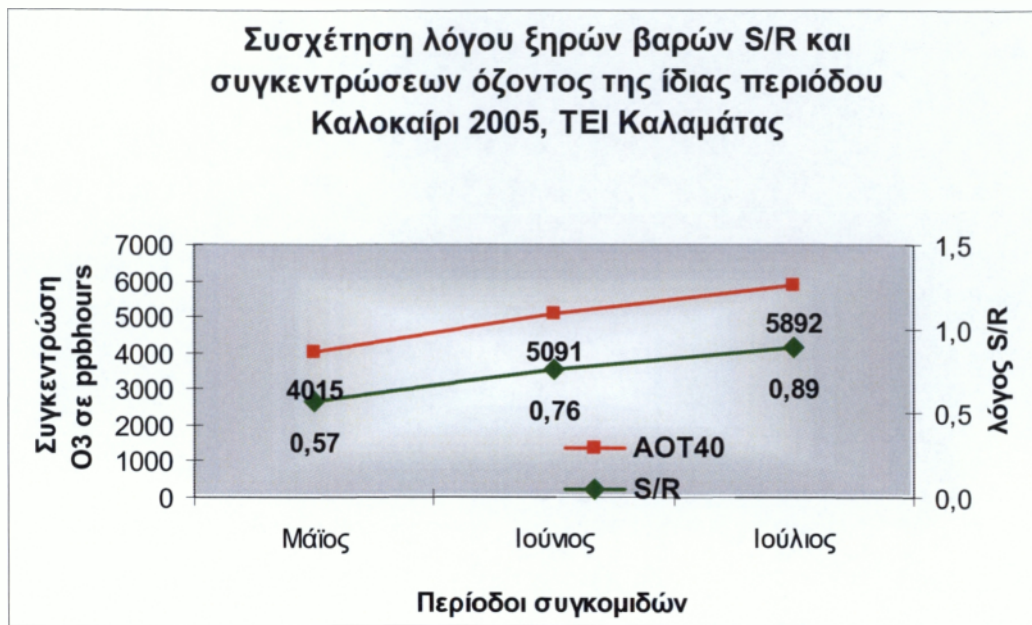
Κρίσιμα Επίπεδα Όζοντος για την Ευρώπη	ΑΟΤ40 = 3.000 ppb.hours (για τους μήνες Μάιο-Ιούλιο)
---	--

Πίνακας 3.3 : Κρίσιμα επίπεδα όζοντος για την Ευρώπη

Αθροιστική συγκέντρωση όζοντος στην περιοχή του πειράματος (Αντικάλαμος Μεσσηνίας - ΤΕΙ Καλαμάτας) κατά την "κρίσιμη" περίοδο Μαΐου, Ιουνίου, Ιουλίου του 2005 σε σύγκριση με με το κρίσιμο επίπεδο των 3.000 ppb.hours



Γράφημα 3.1 : Αθροιστική συγκέντρωση όζοντος στον Αντικάλαμο Μεσσηνίας (περιοχή ΤΕΙ)



Γράφημα 3.2 : Συσχέτιση λόγου ξηρού βάρους S / R και συγκεντρώσεων όζοντος της ίδιας περιόδου (καλοκαίρι 2005), ΤΕΙ Καλαμάτας

4. Βιοκαταγραφή των φυτοτοξικών επιπέδων όζοντος με τη χρήση φυτών καπνού Bel-W3 στη ζώνη Ελάτης του Ταϋγέτου

4.1 Προετοιμασία πειράματος

Ως φυτικό υλικό χρησιμοποιήθηκαν σπόροι καπνού της ποικιλίας Bel-W3, οι οποίοι είχαν συλλεχθεί από φυτά καπνού τον 11^ο και 12^ο μήνα του 2003 τα οποία είχαν προέλθει από πιστοποιημένους σπόρους, που διατηρούνται και αναπαράγονται στο Εργαστήριο Φυσιολογίας του ΤΕΙ Καλαμάτας. Στους σπόρους αυτούς πραγματοποιήθηκε τεστ βλαστικότητας και τελικώς επιλέχθηκε η παρτίδα που απέδωσε τη μεγαλύτερη βλαστική ικανότητα.

Στις 8 Απριλίου του 2005, οι σπόροι καπνού φυτεύτηκαν σε δύο παλέτες με την εξής διαδικασία: Οι παλέτες απολυμάνθηκαν και ως υπόστρωμα χρησιμοποιήθηκε φυτόχωμα. Οι σπόροι σπάρθηκαν επιφανειακά και έπειτα προστέθηκε άλλο ένα μέρος του ίδιου χώματος για την κάλυψη σπόρων.

Τέλος, εφαρμόστηκε πότισμα υπό τη μορφή ραντίσματος. Η διαδικασία αυτή ακολουθήθηκε διότι, λόγω του μικρού μεγέθους των σπόρων, υπήρχε κίνδυνος να παρεμποδιστεί η εκβλάστηση και οι σπόροι να βγουν στην επιφάνεια του εδαφικού στρώματος.

Οι παλέτες τοποθετήθηκαν σε θάλαμο ανάπτυξης σε θερμοκρασία $T = 20^{\circ}\text{C}$ και ποτίζονταν σε τακτικά διαστήματα. Μετά από μια εβδομάδα παρατηρήθηκε η εκβλάστηση των πρώτων σπόρων. Όταν τα φυτάρια έφτασαν στο επιθυμητό στάδιο ανάπτυξης μεταφυτεύτηκαν σε ατομικά γλαστράκια μεγέθους N^ο12, τα οποία είχαν προηγουμένως απολυμανθεί. Το μέγεθος αυτό των δοχείων ήταν κατάλληλο όσον αφορά στην ανάπτυξη των νεαρών φυταρίων και στην κάλυψη των αναγκών τους έως το τέλος της πειραματικής διαδικασίας.

Τα φυτά διατηρήθηκαν έως την έναρξη της πειραματικής διαδικασίας σε θαλάμους ελεγχόμενων συνθηκών, στους οποίους ο εισερχόμενος αέρας φιλτραριζόταν, αποκλείοντας έτσι την επαφή των φυτών με μολυσματικά ή άλλα μέσα, τα οποία θα μπορούσαν να λειτουργήσουν ως ανασταλτικοί

παράγοντες στο πείραμα ή ενδεχομένως να προκαλέσουν παρεμφερή- του όζοντος - συμπτώματα στα φυτά.

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΘΑΛΑΜΩΝ ΕΚΒΛΑΣΤΗΣΕΩΣ			
ΩΡΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	ΥΓΡΑΣΙΑ	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
0:00	18 °C	80%	(-)
8:00	20 °C	80%	8
10:00	25 °C	80%	8
20:00	20 °C	80%	(-)

Πίνακας 4.1.1 : Συνθήκες θαλάμων εκβλαστήσεως



Εικόνα 4.1.1 : Εκβλάστηση σπόρων καπνού Bel-W3.



Εικόνα 4.2.2 : Νεαρά φυτά καπνού μετά τη μεταφύτευσή τους στα τελικά δοχεία (No12).

Τα νεαρά φυτά βρίσκονταν υπό παρακολούθηση σε καθημερινή βάση ως προς την ανάπτυξη τους, ποτίζονταν ανάλογα με τις απαιτήσεις τους και λιπαίνονταν με υδατοδιαλυτό λίπασμα gl-60. Μόλις είχαν συμπληρωθεί τα 3-4 πρώτα αληθινά φύλλα ήταν έτοιμα προς έκθεση.

4.2 Επιλογή περιοχών

Επιλέχθηκαν δύο περιοχές στον ορεινό Όγκο του Ταϋγέτου, και συγκεκριμένα στη ζώνη Ελάτης, με βασικό κριτήριο την υψομετρική απόσταση από την επιφάνεια της θάλασσας και την απόσταση τους από τη πηγή ρύπανσης, που εικάζουμε ότι μπορεί να είναι το εργοστάσιο της ΔΕΗ στη Μεγαλόπολη.

Οι δύο αυτές περιοχές εντοπίζονται στο βόρειο και στο νότιο τμήμα του ορεινού όγκου του Ταϋγέτου. Σε κάθε μια από τις δύο αυτές περιοχές επιλεχθήκαν τρεις πειραματικές επιφάνειες (θέσεις). Συγκεκριμένα στο βόρειο τμήμα περιλαμβάνονται τρεις επιφάνειες στις περιοχές Δυρράχιο και Νεοχώρι και στο νότιο τμήμα στις περιοχές Ζέκια, Κοτσιφάλωνα και Μαύρος Λόγγος.



Εικόνα 4.2.1 : Χάρτης επιλεγμένων περιοχών για την τοποθέτηση των φυτών καπνού

Με τη βοήθεια του οργάνου GPS μετρήσαμε το υψόμετρο και τις συντεταγμένες της κάθε επιλεγμένης περιοχής όπως φαίνεται στον πίνακα 4.2.1.

Περιοχές	Συντεταγμένες		Υψόμετρο
	Βόρειο γεωγραφικό πλάτος	Ανατολικό γεωγραφικό μήκος	
Δυρράχι 1	37° 10' 49''	22° 12' 49''	860 m
Δυρράχι 2	37° 10' 48''	22° 13' 22''	1064 m
Δυρράχι 3	37° 10' 06''	22° 14' 25''	1330 m
Ζέκια	37° 0' 31''	22° 14' 12''	1138 m
Κοτσιφάλωνα	36° 57' 49''	22° 13' 30''	1110 m
Μαύρος Λόγγος	36° 58' 50''	22° 15' 09''	1075 m

Πίνακας 4.2.1 : Συντεταγμένες επιλεγμένων περιοχών

4.3 Προετοιμασία των φυτών και έναρξη της πειραματικής διαδικασίας

Το πείραμα ξεκίνησε στις 13/04/05 και ολοκληρώθηκε στις 29/09/05. Σε κάθε περιοχή τοποθετούνταν δύο φυτά και παρέμεναν εκεί για δύο ή περισσότερες εβδομάδες. Κατά τη διάρκεια της παραμονής τους τα φυτά ποτίζονταν καθημερινά, ενώ όταν ήταν απαραίτητο (λόγω μεγάλης ανάπτυξης) υποστυλώθηκαν.

Για το πότισμα στο χώρο έκθεσης των φυτών μας (Ταϋγετος) χρησιμοποιήθηκαν πλαστικά δοχεία (παγούρια) χωρητικότητας 4 λίτρων, στη βάση των οποίων τοποθετήθηκε διακόπτης ροής νερού στον οποίο προσαρμόστηκε φυτίλι με πλαστική κάλυψη του οποίου η άλλη άκρη τοποθετήθηκε στη βάση της γλάστρας του φυτού. Το πότισμα βασίστηκε στο φαινόμενο της ώσμωσης και λειτούργησε ικανοποιητικά καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος (Εικόνες 4.3.1 & 4.3.2).

Την προηγούμενη μέρα της διανομής επιλέχθηκαν τα πιο εύρωστα φυτά στο στάδιο των 4-5 πλήρως ανεπτυγμένων φύλλων και τοποθετήθηκαν σε συνθήκες δωματίου, για 24 ώρες περίπου, ώστε να σκληραγωγηθούν. Πριν τη διανομή ποτίστηκαν επαρκώς.



Εικόνες 4.3.1 & 4.3.2 : Μέθοδος ποτίσματος καπνών

Μετά το τέλος κάθε περιόδου έκθεσης τοποθετούνταν νέα φυτά ενώ στα ήδη εκτεθειμένα γίνονταν ποσοτική εκτίμηση της οξείας τοξικότητας του όζοντος. Ο συνολικός αριθμός των επαναλήψεων είναι έξι (πίνακας 4.3.1).

ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΚΘΕΣΗΣ		
ΕΒΔΟΜΑΔΕΣ	ΑΠΟ	ΜΕΧΡΙ
2	9/6/2005	23/6/2005
3	23/6/2005	14/7/2005
3	14/7/2005	4/8/2005
3	4/8/2005	25/8/2005
3	25/8/2005	16/9/2005
2	16/9/2005	29/9/2005

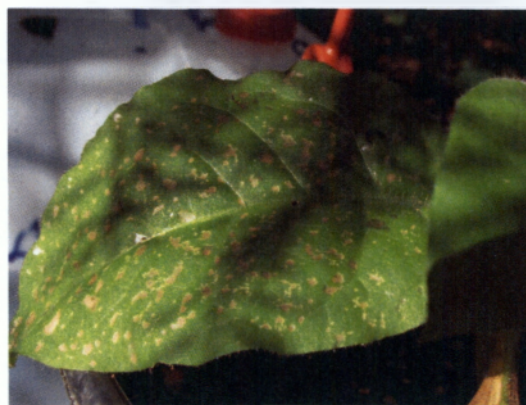
Πίνακας 4.3.1 : Περίοδοι έκθεσης φυτών καπνού

Πρέπει να σημειωθεί ότι το φυτό καπνού Bel-W3, όταν εκτίθεται στην επίδραση του τροποσφαιρικού όζοντος εμφανίζει παθογνωμονικά συμπτώματα, τα οποία εκφράζονται με μικρές διάσπαρτες κηλίδες (0,5 mm) στην άνω επιφάνεια σε συνδυασμό με μεγαλύτερες (5-6 mm) κυκλικές ή ελαφρώς γωνιώδεις αμφίπλευρες κηλίδες.

Οι κηλίδες αυτές είναι αρχικά υδαρείς, σταδιακά μεταβάλλονται σε καφέ δερματώδεις και τελικώς εξελίσσονται σε νεκρώσεις (εικόνες 4.3.3 και 4.3.4).

Τα συμπτώματα αυτά εμφανίζονται ακόμα και αν το φυτό εκτεθεί και σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις του ρύπου.

Συνεπώς, μπορούμε να πούμε ότι η ποικιλία αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καταγραφείας της παρουσίας όζοντος (εικόνες 4.3.3, 4.3.4)



Εικόνα 4.3.3 & 4.3.4 : Συμπτώματα προσβολής σε φύλλα καπνού

4.4 Τεχνική μετρήσεων

Στα χρονικά διαστήματα που φαίνονται στον πίνακα 2 γίνονταν ποσοτική εκτίμηση της οξείας τοξικότητας του όζοντος στα εκτεθειμένα φυτά με τον εξής τρόπο που εφαρμόζεται διεθνώς : σε καθένα από το 3^ο, 4^ο, 5^ο, 6^ο και 7^ο από την κορυφή φύλλο γίνονταν υπολογισμός του ποσοστού (%) της νεκρωμένης επιφάνειας και ο μέσος όρος (Μ.Ο.) των πέντε φύλλων καταγράφονταν ως ζημιά του κάθε φυτού ενώ ο Μ.Ο. των δύο φυτών της τοποθεσίας καταγράφονταν ως το ποσοστό ζημίας της τοποθεσίας.

Με τον τρόπο αυτό είχαμε τη δυνατότητα να ανιχνεύσουμε την παρουσία του όζοντος στην κάθε περιοχή για την περίοδο έκθεσης και να συγκρίνουμε τις περιοχές μεταξύ τους ως προς την ένταση της παρουσίας του ρύπου.

Παράλληλα, γινόταν λήψη φωτογραφιών σε κάθε φυτό πριν και μετά την έκθεσή του και ειδικότερα μερικά φύλλα σηματοδούνταν πριν την έκθεσή τους, ώστε να έχουμε συγκριτικές φωτογραφίες και σε συγκεκριμένα φύλλα εκτός από αυτές της γενικής εικόνας του φυτού.

Δεδομένου ότι οι εκθέσεις των φυτών θα γίνονταν διαδοχικά σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, όποτε κρινόταν απαραίτητο, γίνονταν σπορές νέων παρτίδων καπνού Bel-W3 ώστε κατά την εγκατάστασή τους να βρίσκονται - κατά προσέγγιση - στο ίδιο στάδιο ανάπτυξης και να εξασφαλίσουμε πιο αντικειμενικά αποτελέσματα και να έχουμε έναν επαρκή αριθμό φυτών για τις επόμενες διανομές μας.

Στις καινούργιες παρτίδες εφαρμόστηκαν οι ίδιες φροντίδες (διατήρηση σε θαλάμους ανάπτυξης, συχνότητα ποτίσματος και λιπάνσεως, τρόπος σποράς και μεταφυτεύσεως) καθώς και κάποιες πρόσθετες λιπάνσεις με υδατοδιαλυτό λίπασμα gl-60 ώστε να επιταχύνουμε την ανάπτυξή τους.

4.5 Υλικά και μέσα

1. Σπόροι φυτών καπνού Bel-W3
2. Φυτόχωμα
3. Παλέτες
4. Φυτοδοχεία θέσεων σε σειρές
5. Γλάστρες Νο12
6. Θάλαμος ανάπτυξης
7. Πλαστικά στηρίγματα
8. Πλαστικά δοχεία 4 λίτρων
9. Διακόπτες ροής νερού
10. Φυτίλια

4.6 Φωτογραφικό υλικό με χαρακτηριστικά συμπτώματα τοξικότητας σε φυτά καπνού Bel-W3 στον Ταΰγετο

ΦΥΤΑ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΕΚΘΕΣΗ

ΦΥΤΑ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΚΘΕΣΗ

ΔΥΡΡΑΧΙ ΘΕΣΗ 1



Εικόνα 4.6.1



Εικόνα 4.6.2

ΔΥΡΡΑΧΙ ΘΕΣΗ 2



Εικόνα 4.6.3



Εικόνα 4.6.4

ΔΥΡΡΑΧΙ ΘΕΣΗ 3



Εικόνα 4.6.5



Εικόνα 4.6.6

ΦΥΤΑ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΕΚΘΕΣΗ

ΦΥΤΑ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΚΘΕΣΗ

ΖΕΚΙΑ



Εικόνα 4.6.7



Εικόνα 4.6.8

ΚΤΣΙΦΑΛΩΝΑ



Εικόνα 4.6.9



Εικόνα 4.6.10

ΜΑΥΡΟΣ ΛΟΓΓΟΣ



Εικόνα 4.6.11



Εικόνα 4.6.12

4.7 Πίνακες καταγραφής των συμπτωμάτων της τοξικότητας του όζοντος στα φύλλα καπνού Bel-W3 σε επιλεγμένες περιοχές του Ταυγέτου

Περίοδος έκθεσης : 9/6/05 - 23/6/05

ΔΥΡΡΑΧΙ ΘΕΣΗ 1			ΔΥΡΡΑΧΙ ΘΕΣΗ 2			ΔΥΡΡΑΧΙ ΘΕΣΗ 3		
Αριθμός φύλλου	BELW1	BELW2	Αριθμός φύλλου	BELW 1	BELW 2	Αριθμός φύλλου	BELW 1	BELW 2
Σημεία	0	Fusarium	Σημεία	0	0	Σημεία	0	0
1	5	Fusarium	1	0	1	1	0	0
2	10		2	1	15	2	5	0
3	25		3	25	15	3	20	5
4	75		4	20	40	4	30	15
5	50		5	45	45	5	x	80
6	75		6	x	45	6	20	70
7	x		7	50		7	x	60
8			8	25		8	x	x
AVG 3-7	56,25		AVG 3-7	35	36,25	AVG 3-7	23,33	46

ΖΕΚΙΑ			ΚΟΤΣΙΦΑΛΩΝΑ			ΜΑΥΡΟΣ ΛΟΓΤΟΣ		
Αριθμός φύλλου	BELW 1	BELW 2	Αριθμός φύλλου	BELW 1	BELW 2	Αριθμός φύλλου	BELW 1	BELW 2
Σημεία	0	0	Σημεία	0	0	Σημεία	0	
1	0	0	1	0	0	1	0	
2	1	0	2	5	1	2	0	
3	15	1	3	15	5	3	5	
4	15	10	4	25	25	4	15	
5	30	25	5	25	40	5	30	
6	35	10	6	55	45	6	40	
7	10	45	7	45	x	7	x	
8	x	25	8	x	x	8	35	
AVG 3-7	21	18,2	AVG 3-7	33	28,75	AVG 3-7	22,5	φαγωμένο από σαλιγκάρι με έντονα συμπτώματα

Περίοδος έκθεσης : 23/6/05 - 14/7/05

ΔΥΡΡΑΧΙ 1			ΔΥΡΡΑΧΙ 2			ΔΥΡΡΑΧΙ 3		
Αριθμός φύλλου	BELW1	BELW2	Αριθμός φύλλου	BELW1	BELW2	Αριθμός φύλλου	BELW 1	BELW2
Σημεία	0	0	Σημεία	0	0	Σημεία	Κατεστραμμένο	0
1	0	0	1	0	0	1		0
2	5	κάμπια	2	3	0	2		0
3	4	4	3	5	1	3		5
4	20	10	4	5	1	4		15
5	25	15	5	15	5	5		40
6	35	30	6	20	1	6		60
7	50	30	7	60	20	7		70
8	x	60	8	70	25	8		80
AVG 3-7	33,5	22,25	AVG 3-7	26,25	7	AVG 3-7		42,5

ΖΕΚΚΙΑ			ΚΟΤΣΙΦΑΛΩΝΑ			ΜΑΥΡΟΣ ΛΟΓΓΟΣ		
Αριθμός φύλλου	BELW1	BELW2	Αριθμός φύλλου	BELW1	BELW2	Αριθμός φύλλου	BELW 1	BELW2
Σημεία	0	0	Σημεία	0	0	Σημεία	Δεν υπήρχαν φυτά	
1	0	0	1	1	0	1		
2	1	0	2	5	0	2		
3	0	1	3	10	0	3		
4	*	0	4	30	0	4		
5	*	λείπει	5	70	15	5		
6	1	10	6	80	20	6		
7	3	25	7	x	40	7		
8	10	30	8	x	30	8		
AVG 3-7	2	9	AVG 3-7	47,5	18,75	AVG 3-7		

Περίοδος έκθεσης : 14/7/05 – 4/8/05

ΔΥΡΡΑΧΙ 1			ΔΥΡΡΑΧΙ 2			ΔΥΡΡΑΧΙ 3		
Αριθμός φύλλου	BELW 1	BELW 2	Αριθμός φύλλου	BELW 1	BELW 2	Αριθμός φύλλου	BELW 1	BELW 2
Σημαία	0	0	Σημαία	10	φαγωμένο	Σημαία	5	0
1	0	0	1	10	φαγωμένο	1	50	10
2	5	0	2	20	φαγωμένο	2		20
3	30	5	3	15	φαγωμένο	3		40
4	70	10	4	15	20	4		
5	80	20	5	50	70	5		
6	80	60	6	80	60	6		
7	x	80	7	90	x	7		
8	x		8		x	8		
AVG 3-7	65	43,75	AVG 3-7	62,5	37,5	AVG 3-7		

ΖΕΚΙΑ			ΚΟΤΣΙΦΑΛΩΝΑ			ΜΑΥΡΟΣ ΛΟΓΓΟΣ		
Αριθμός φύλλου	BELW 1	BELW 2	Αριθμός φύλλου	BELW 1	BELW 2	Αριθμός φύλλου	BELW 1	BELW 2
Σημαία	0	0	Σημαία		0	Σημαία	0	
1	0	10	1		0	1	0	
2	5	10	2		0	2	φαγωμένο	
3	5	25	3		0	3		
4	60	40	4		10	4		
5		70	5	κατεστραμμένο	30	5		
6			6		25	6		κατεστραμμένο
7			7		70	7		
8			8			8		
AVG 3-7	16,25	33,75	AVG 3-7		33,75	AVG 3-7		

Περίοδος έκθεσης : 4/8/05 – 25/8/05

Δεν υπήρχαν φυτά

ΔΥΡΡΑΧΙ 1			ΔΥΡΡΑΧΙ 2			ΔΥΡΡΑΧΙ 3		
Αριθμός φύλλου	BELW 1	BELW 2	Αριθμός φύλλου	BELW1	BELW2	Αριθμός φύλλου	BELW1	BELW2
Σημεία			Σημεία			Σημεία		
1			1			1		
2			2			2		
3			3			3		
4			4			4		
5			5			5		
6			6			6		
7			7			7		
8			8			8		
AVG3-7			AVG3-7			AVG3-7		

ΖΕΚΙΑ			ΚΟΤΣΙΦΑΛΩΝΑ			ΜΑΥΡΟΣ ΛΟΓΓΟΣ		
Αριθμός φύλλου	BELW 1	BELW2	Αριθμός φύλλου	BELW 1	BELW 2	Αριθμός φύλλου	BELW 1	BELW 2
Σημεία			Σημεία			Σημεία		
1			1			1		
2			2			2		
3			3			3		
4			4			4		
5			5			5		
6			6			6		
7			7			7		
8			8			8		
AVG3-7			AVG 3-7			AVG3-7		

Περίοδος έκθεσης : 25/8/05 – 16/9/05

ΔΥΡΡΑΧΙ 1			ΔΥΡΡΑΧΙ 2			ΔΥΡΡΑΧΙ 3		
Αριθμός φύλλου	BELW 1	BELW 2	Αριθμός φύλλου	BELW 1	BELW 2	Αριθμός φύλλου	BELW 1	BELW 2
Σημεία	0	0	Σημεία	0	0	Σημεία	0	0
1	0	0	1	5	0	1	0	0
2	0	0	2	5	0	2	20	30
3	5	20	3	30	0	3	50	80
4	30	40	4	20	5	4	70	
5	60	70	5	20	30	5		
6		90	6		30	6		
7		90	7			7		
8			8			8		
AVG3-7	23,75	77,5	AVG3-7	17,5	16,25	AVG3-7	30	20

ΖΕΚΙΑ			ΚΟΤΣΙΦΑΛΩΝΑ			ΜΑΥΡΟΣ ΛΟΓΓΟΣ		
Αριθμός φύλλου	BELW 1	BELW 2	Αριθμός φύλλου	BELW 1	BELW 2	Αριθμός φύλλου	BELW 1	BELW 2
Σημεία	0	0	Σημεία	0	0	Σημεία	0	0
1	0	1	1	0	0	1	1	1
2	5	1	2	5	0	2	5	10
3	15	5	3	10	0	3	20	5
4	70	70	4	10	30	4	10	30
5	80	30	5	10	60	5		60
6	κάτεστρ.		6		φαγωμ.	6		80
7			7			7		60
8			8			8		
AVG 3-7	41,25	26,25	AVG 3-7	7,5	22,50	AVG 3-7	7,5	58,75

Περίοδος έκθεσης : 16/9/05 – 29/9/05

ΔΥΡΡΑΧΙ 1			ΔΥΡΡΑΧΙ 2			ΔΥΡΡΑΧΙ 3		
Αριθμός φύλλου	BELW 1	BELW 2	Αριθμός φύλλου	BELW 1	BELW2	Αριθμός φύλλου	BELW 1	BELW 2
Σημεία	σαλιγκ.	0	Σημεία	0	0	Σημεία	0	0
1	10	4	1	0	10	1	5	5
2	80	20	2	5	80	2	15	80
3	90	σαλιγκ.	3	60		3	80	
4			4	20		4		
5			5			5		
6			6			6		
7			7			7		
8			8			8		
AVG3-7	22,5		AVG3-7	20		AVG3-7	20	

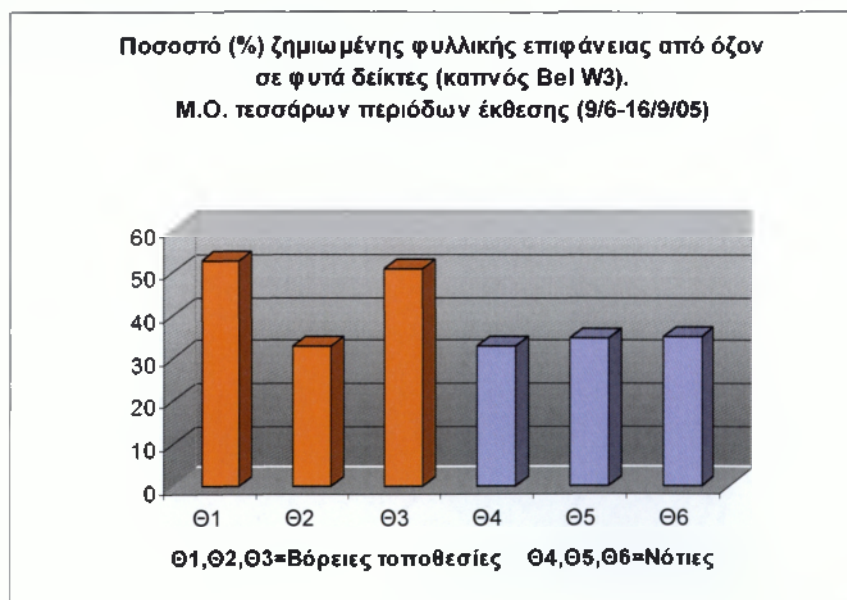
ΖΕΚΙΑ			ΚΟΤΣΙΦΑΛΩΝΑ			ΜΑΥΡΟΣ ΛΟΓΓΟΣ		
Αριθμός φύλλου	BELW 1	BELW 2	Αριθμός φύλλου	BELW 1	BELW 2	Αριθμός φύλλου	BELW 1	BELW 2
Σημεία	0	0	Σημεία	χαμένο	0	Σημεία	0	0
1	0	0	1		10	1	0	0
2	5	10	2		90	2	10	5
3	80	80	3			3	90	80
4			4			4		90
5			5			5		
6			6			6		
7			7			7		
8			8			8		
AVG3-7	20		AVG37			AVG3-7	22,5	

ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΚΘΕΣΗΣ ΦΥΤΩΝ ΚΑΠΝΟΥ Bel W3				Μ.Ο ΘΕΣΕΩΝ	Μ.Ο ΒΟΡΡΑ- ΝΟΤΟΥ
	9/6/05	23/6/05	14/7/05	25/8/05		
	23/6/05	14/7/05	4/8/05	16/9/05		
Θ1 (B)	56	27	65	62	53	
Θ2 (B)	36	21	50	23	33	
Θ3 (B)	45	38	40	80	51	45
Θ4 (N)	21	9	45	55	33	
Θ5 (N)	33	48	27	30	35	
Θ6 (N)	23	X	X	47	35	34

Πίνακας 4.7.1 : Οι αριθμοί αντιπροσωπεύουν ποσοστό % ζημιωμένης από O₃ φυλλικής επιφάνειας

ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ	Μ.Ο
	ΘΕΣΕΩΝ
Θ1	53
Θ2	33
Θ3	51
Θ4	33
Θ5	35
Θ6	35

Πίνακας 4.7.2 : Μέσος όρος τοξικότητας O₃



Γράφημα 4.7.1 : Μέσος όρος ποσοστού ζημιωμένης επιφάνειας από όζον τεσσάρων περιόδων έκθεσης

5. Καταγραφή των επιπέδων του ατμοσφαιρικού όζοντος με τη μέθοδο παθητικής απορρόφησης « Radiello »

5.1 Περιγραφή συσκευής Radiello

Η δειγματοληπτική συσκευή Radiello αποτελείται από τα ακόλουθα μέρη :

α) Ενισχυτική βάση σκληρού πλαστικού, που συνδέει τα μέρη της δειγματοληπτικής συσκευής και κρέμεται με ένα ελαστικό κλίπ στον κλωβό (προστατευτικός ρόλος), με σκοπό την άμεση έκθεση στο βιομηχανικό, υπαίθριο ή εσωτερικό περιβάλλον.

β) Θήκη δειγματολήπτη, με μια κυλινδρική επιφάνεια προσρόφησης. Ο τύπος της θήκης ποικίλλει ανάλογα από τα αέρια που απορροφά και προσαρμόζεται (βιδώνεται) στην ενισχυτική βάση σκληρού πλαστικού. Η αλλαγή θηκών γίνεται εύκολα από τους χρήστες χωρίς να αγγίζουν το δειγματολήπτη.



γ) Δειγματολήπτης, ο οποίος βρίσκεται σε πλαστικό σωλήνα σφραγισμένο αεροστεγώς, συντηρείται σε θερμοκρασία ψυγείου (4 °C) και τοποθετείται στη θήκη του εύκολα χωρίς να έρχεται σε επαφή με τα χέρια. Το σώμα του δειγματολήπτη αποτελείται από μικροπόρους, οι οποίοι επιτρέπουν την επιλεκτική είσοδο και συγκράτηση των προς ανίχνευση αερίων. Ο τύπος

του δειγματολήπτη είναι διαφορετικός ανάλογα με τα αέρια που θέλουμε να ανιχνεύσουμε.

δ) Ο προσαρμοστής (προαιρετικός) που συνδέεται με την ενισχυτική βάση, και αλλάζει τον προσανατολισμό της δειγματοληπτικής συσκευής από οριζόντιο σε κατακόρυφο.

ε) Κλωβός (υπαίθριο καταφύγιο), ο οποίος συγκρατείται με πλαστικές λωρίδες, για την προστασία της δειγματοληπτικής συσκευής όταν εγκαθίσταται υπαίθρια. Στον κλωβό μπορούμε να τοποθετήσουμε από 1 μέχρι και 4 δειγματοληπτικές συσκευές.

στ) Ετικέτα, στην οποία γράφουμε την ημερομηνία και ώρα έκθεσης και συλλογής του δειγματολήπτη.



5.2 Αρχή της λειτουργίας

Στηριζόμενη στην παθητική απορρόφηση αέρα, η συσκευή Radiello δεν στηρίζεται επάνω σε οποιαδήποτε κινούμενα μέρη για να συλλέξει ένα δείγμα από τον εσωτερικό ή υπαίθριο περιβαλλοντικό αέρα. Ο ατμοσφαιρικός αέρας, διαπερνά το αποτελούμενο από μικροπόρους σώμα του δειγματολήπτη και αντιδρά με το χημικό υλικό που βρίσκεται μέσα σε αυτόν.

Μετά τη συλλογή των δειγματοληπτών, ακολουθεί η ανάλυση τους στο χώρο του εργαστηρίου με χημικές μεθόδους, ανάλογα με το αέριο που επιθυμούμε να προσδιορίσουμε, όπως φαίνεται στην επόμενη παράγραφο.

5.3 Μέθοδοι ανάλυσης δειγματοληπτών

5.3.1 Όζον (O₃)

Για τον προσδιορισμό του όζοντος (O₃) ακολουθήσαμε την εξής διαδικασία :

Αρχικά, παρασκευάσαμε διάλυμα MBTH (3 - methyl - 2 - benzothiazolinone hydrazone hydrochloride) διαλύοντας 5 gr (3 - methyl - 2 - benzothiazolinone hydrazone hydrochloride) σε ένα λίτρο νερό και προσθέσαμε 5 ml πυκνό θειικό οξύ (H₂SO₄) σε μία κωνική φιάλη των 1000 ml.

Στη συνέχεια αδειάσαμε το περιεχόμενο του κάθε δειγματολήπτη στον πλαστικό σωλήνα του εκάστοτε δειγματολήπτη. Σε κάθε πλαστικό σωλήνα, προσθέσαμε 5 ml διαλύματος MBTH. Ανακινούσαμε τα δείγματά μας με τη χρήση της συσκευής vortex περιοδικά κάθε ένα τέταρτο περίπου. Η διαδικασία ολοκληρώθηκε μετά από το χρονικό διάστημα της μίας ώρας. Έπειτα, μεταφέραμε το δείγμα μας σε γυάλινο δοκιμαστικό σωλήνα φιλτράροντας το με μία μεμβράνη μικροπόρων 0,45 μm, με τη χρήση σύριγγας.

Για την παρασκευή τεσσάρων πρότυπων διαλυμάτων για τον προσδιορισμό του όζοντος και τον καθορισμό των διαβαθμίσεων (calibration) του φασματοφωτόμετρου, ακολουθήσαμε την εξής διαδικασία :

Παρασκευάσαμε διάλυμα πυριδαλδεύδης (4 - pyridylaldehyde), διαλύοντας 100 μl = 0,1 ml (112,2 mg στους 20⁰ C) 4 - pyridylaldehyde σε ένα λίτρο νερό (διάλυμα S_A). Στη συνέχεια, από το αρχικό μας διάλυμα δημιουργήσαμε διαλύματα 1:2, 1:5, 1:10 ως εξής.

Για το δεύτερο διάλυμα (S_{1:2}), πήραμε 50 ml από το αρχικό μας διάλυμα και προσθέσαμε 50 ml απιονισμένο H₂O σε ποτήρι ζέσεως των 250 ml.

Για το τρίτο διάλυμα (S_{1:5}), πήραμε 20 ml από το αρχικό μας διάλυμα και προσθέσαμε 80 ml απιονισμένο H₂O σε ποτήρι ζέσεως των 250 ml.

Για το τέταρτο διάλυμα (S_{1:10}) πήραμε 10 ml αρχικού διαλύματος και προσθέσαμε 90 ml απιονισμένο H₂O σε ποτήρι ζέσεως των 250 ml.

Με ένα σιφόνι πληρώσεως μεταφέραμε 0,5 ml από κάθε δοκιμαστικό σωλήνα και προσθέσαμε 4,5 ml MBTH. Ανακινούσαμε τα δείγματά μας με τη χρήση της συσκευής vortex περιοδικά κάθε ένα τέταρτο περίπου. Η διαδικασία ολοκληρώθηκε μετά από το χρονικό διάστημα της μίας ώρας.

Έπειτα, μετρούσαμε στο φασματοφωτόμετρο σε μήκος κύματος 430 nm όλα μας τα διαλύματα με τη χρήση κιβέτας. Για το μηδενισμό του φασματοφωτόμετρου χρησιμοποιήσαμε απιονισμένο νερό.

Τέλος, μετά τη διαδικασία των αναγνώσεων, δημιουργήσαμε γραφικές παραστάσεις, πίνακες και ραβδογράμματα λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι 1 µg 4 – pyridylaldehyde αντιστοιχεί σε 0,224 µg όζοντος. Με αυτόν τον τρόπο υπολογίσαμε τη συγκέντρωση του όζοντος, βασιζόμενοι στον παρακάτω τύπο :

$$C (\mu\text{g} * \text{m}^{-3}) = m (\mu\text{g}) / 24,6 * t (\text{min}) * 1000000$$

όπου : m = η μάζα του όζοντος σε µg

t = ο χρόνος έκθεσης σε λεπτά

5.3.2. Διοξείδιο του αζώτου (NO₂)

Για τον προσδιορισμό του διοξειδίου του αζώτου (NO₂) ακολουθήσαμε την εξής διαδικασία :

Σε κωνική φιάλη του ενός λίτρου, διαλύσαμε 10 gr σουλφανιλαμίδης (sulphanilamide), με 100 ml πυκνού υδροχλωρίου (HCl) και συμπληρώσαμε με απιονισμένο νερό.

Σε άλλη κωνική φιάλη των 500 ml, βάλαμε 250 mg N - (1 - naphthyl) ethylenediamine dihydrochloride και συμπληρώσαμε 250 ml απιονισμένου νερού με σκοπό τη διάλυση του συστατικού mg N - (1 - naphthyl) ethylenediamine dihydrochloride.

Έτσι δημιουργήσαμε το διάλυμα NEDA. Με την προσθήκη 5 ml απιονισμένου νερού σε κάθε δειγματοληπτικό σωλήνα και την ανακίνηση του για 2 λεπτά, ολοκληρώνεται η προετοιμασία για τον προσδιορισμού και την ανάλυση του διοξειδίου του αζώτου.

Για να προσδιορίσουμε τα διοξειδία, δημιουργήσαμε πέντε πρότυπα διαλύματα, εργαζόμενοι ως εξής :

Στη ζυγαριά ακριβείας μετρήσαμε 22,5 mg NaNO_2 και το μεταφέραμε σε μία κωνική φιάλη περιεκτικότητας ενός λίτρου. Προσθέσαμε απιονισμένο νερό και δημιουργήσαμε διάλυμα $S_A = 15 \text{ mg / lt}$.

Από το διάλυμα που μόλις δημιουργήσαμε, πήραμε 66,67 ml και προσθέσαμε 33,33 ml απιονισμένου νερού σε ποτήρι ζέσεως περιεκτικότητας 250 ml. Έτσι φτιάξαμε διάλυμα $S_B = 10 \text{ mg / lt}$.

Για το τρίτο μας διάλυμα πήραμε 33,33 ml από το S_A και προσθέσαμε 66,67 ml απιονισμένου νερού σε ποτήρι ζέσεως περιεκτικότητας 250 ml. Έτσι φτιάξαμε διάλυμα $S_\Gamma = 5 \text{ mg / lt}$.

Για το τέταρτο διάλυμα, πήραμε 6,67 ml από το S_A και προσθέσαμε 93,33 ml απιονισμένου νερού σε ποτήρι ζέσεως περιεκτικότητας 250 ml. Έτσι φτιάξαμε διάλυμα $S_\Delta = 1 \text{ mg / lt}$.

Για το πέμπτο διάλυμα, πήραμε 5 ml από το S_Δ και προσθέσαμε 95 ml απιονισμένου νερού σε ποτήρι ζέσεως περιεκτικότητας 250 ml. Έτσι φτιάξαμε διάλυμα $S_\Delta = 0,1 \text{ mg / lt}$.

Στη συνέχεια, μεταφέραμε 0,5 ml από κάθε πλαστικό δειγματοληπτικό σωλήνα σε γυάλινο δοκιμαστικό σωλήνα μαζί με 5 ml sulphanilamide (αναμονή για 5 λεπτά) και 1 ml NEDA (αναμονή για 10 λεπτά).

Μετά τη διαδικασία αυτή, μετρήσαμε στο φασματοφωτόμετρο σε μήκος κύματος 537 nm. Ο προσδιορισμός αυτού του στοιχείου ολοκληρώθηκε κάνοντας πίνακες και γραφικές παραστάσεις, με βάση τον τύπο που φαίνεται παρακάτω :

$$C_{\text{NO}_2} = m_{\text{NO}_2} / Q_{\kappa} * t$$

όπου : m = η μάζα του διοξειδίου του αζώτου σε μg

t = ο χρόνος έκθεσης σε min

$$Q_{\kappa} = Q_{298} * (K / 298)^{7,0}$$

$$Q_{298} = 298 \text{ K } (25 \text{ }^\circ\text{C})$$

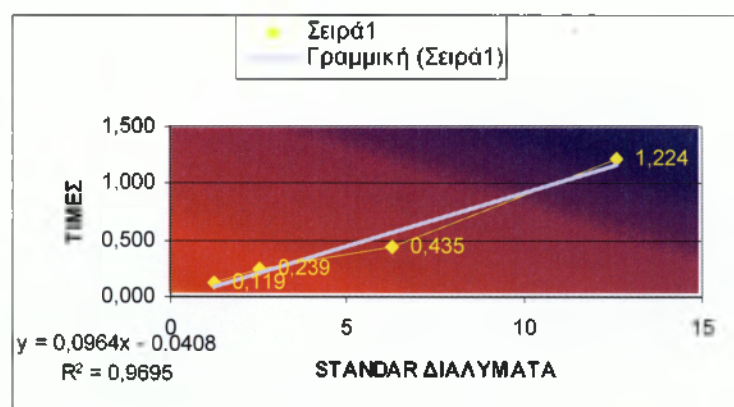
5.4 Υλικά, αντιδραστήρια και μέσα

1. Δειγματολήπτες συσκευής Radiello
2. Πρότυπα διαλύματα
3. Δοκιμαστικοί σωλήνες με τις βάσεις και τα καπάκια τους
4. Κωνικές φιάλες
5. Ποτήρια ζέσεως
6. Σιφόνια πλήρωσεως
7. Πουάρ
8. Παραφίλμ
9. Σύριγγες με φίλτρα
10. Σύστημα ανακινήσεως Vortex
11. Κιβέτες
12. Φασματοφωτόμετρο

5.5 Πίνακες, σχεδιαγράμματα και ραβδογράμματα για τον προσδιορισμό των αναλύσεων των φυτοτοξικών επιπέδων όζοντος και διοξειδίου του αζώτου με τη μέθοδο παθητικής απορρόφησης «RADIELLO»

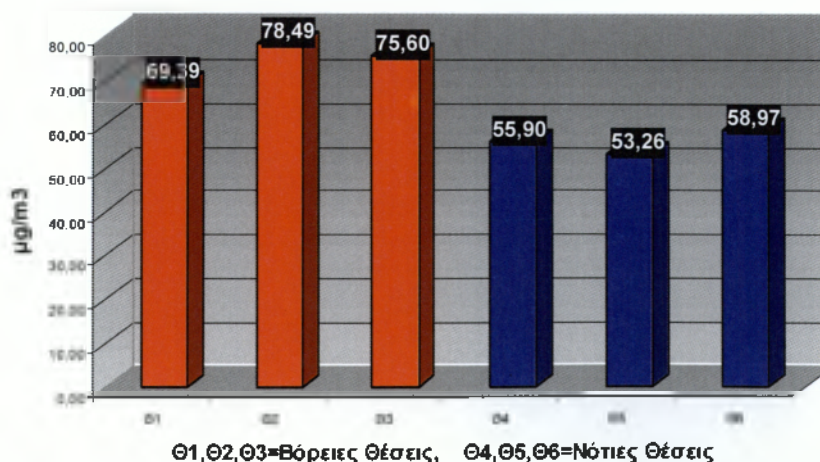
	40650,4065					
	23,12990861				readings	
1	$\mu\text{gO}_3/\text{m}^3$	χ^3	$\mu\text{g O}_3$		at 430nm	
Θ1	69,39	34,41	11,47		1,065	αραιώση 3 φορές
Θ2	78,49	38,93	12,98		1,210	
Θ3	75,60	37,49	12,50		1,164	
Θ4	55,90	27,72	9,24		0,850	
Θ5	53,26	26,41	8,80		0,808	
Θ6	58,97	29,25	9,75		0,899	
			12,5664	1	1,224	1,289
	10		6,2832	0,5	0,435	0,698
			2,51328	0,2	0,239	0,29
			1,25664	0,1	0,119	0,135

Πίνακας 5.5.1 : Αναλύσεις θέσεων 1ης περιόδου έκθεσης για το όζον



Καμπύλη παλινδρόμησης πίνακα 5.5.1

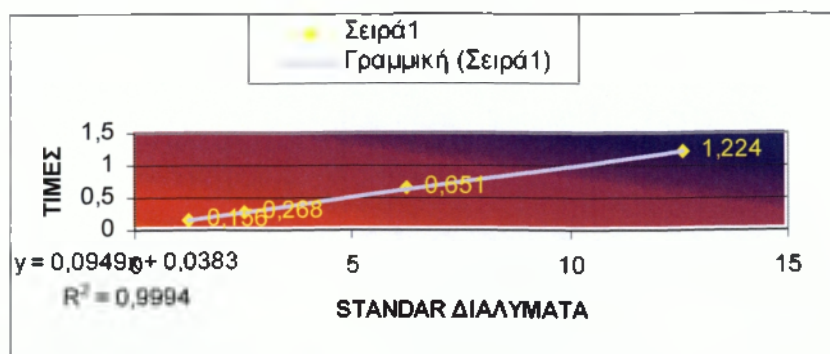
Αθροιστική συγκέντρωση Οζόντος σε έξι περιοχές του Ταύγετου
Μετρήσεις από 9/6/05 έως 23/6/05 (2εβδομάδες)



Γράφημα 5.5.1 : Αθροιστική συγκέντρωση όζοντος 1^{ης} περιόδου έκθεσης

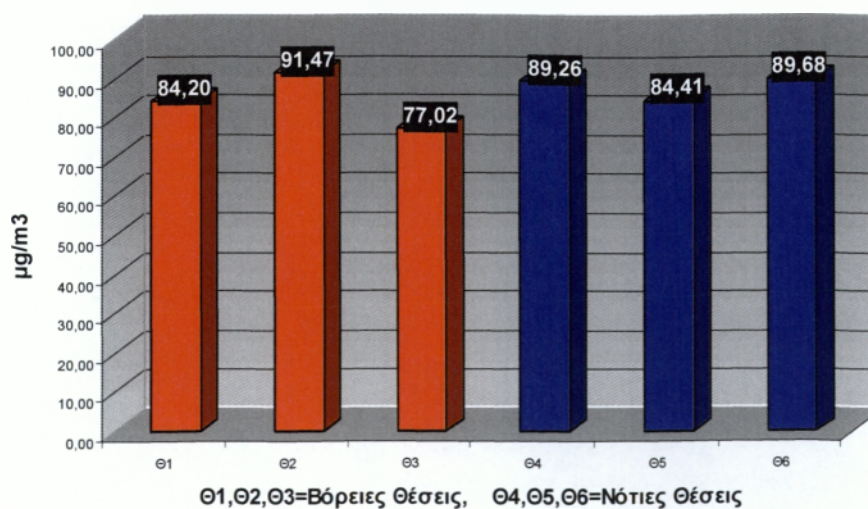
		αραίωση 6 φορές			20160
2		x6	μg O3		
Θ1	84,20	62,64	10,44		1,029
Θ2	91,47	68,04	11,34		1,1145
Θ3	77,02	57,29	9,55		0,9445
Θ4	89,26	66,40	11,07		1,0885
Θ5	84,41	62,79	10,47		1,0315
Θ6	89,68	66,71	11,12		1,0935
			12,5664	1	1,224
	30		6,2832	0,5	0,651
			2,51328	0,2	0,268
			1,25664	0,1	0,156

Πίνακας 5.5.2 : Αναλύσεις θέσεων 2ης περιόδου έκθεσης για το όζον



Καμπύλη παλινδρόμησης πίνακα 5.5.2

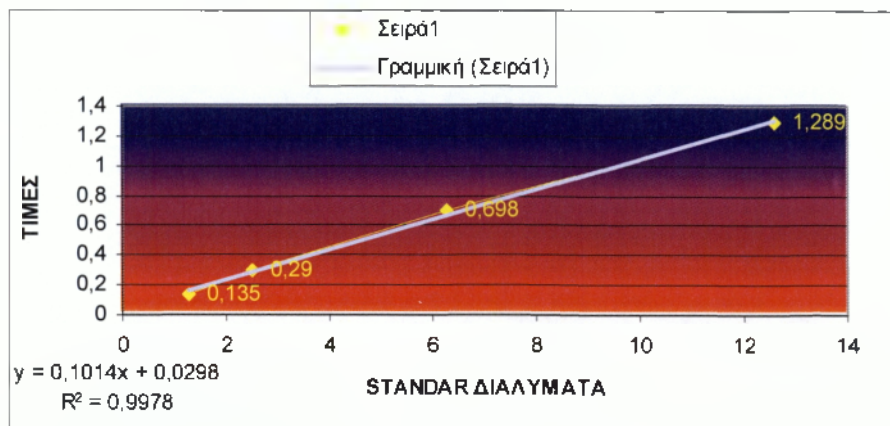
Αθροιστική συγκέντρωση Οζοντος σε έξι περιοχές του Ταυγέτου
Μετρήσεις από 23/6/05 έως 14/7/05 (3εβδομάδες)



Γράφημα 5.5.2 : Αθροιστική συγκέντρωση όζοντος 2^{ης} περιόδου έκθεσης

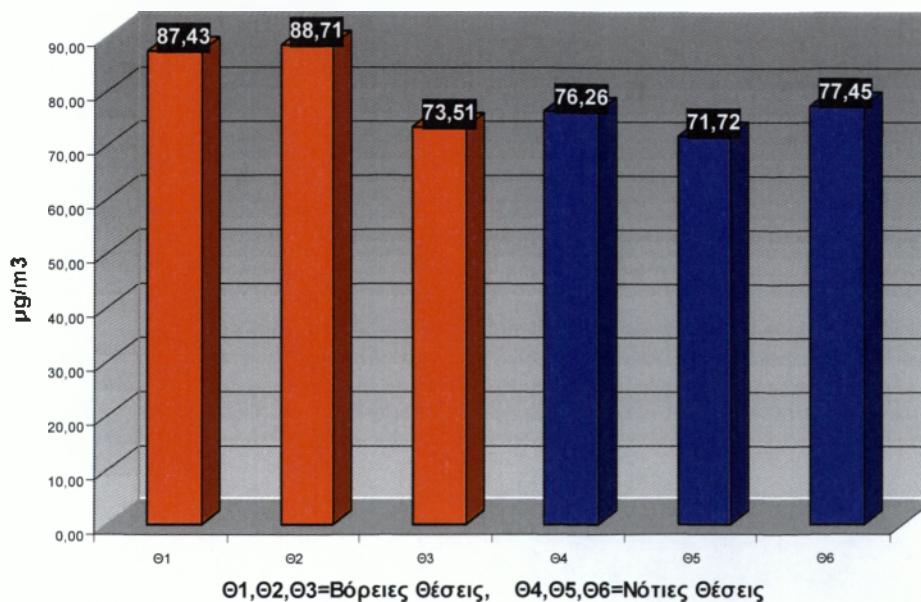
3					
Θ1	87,43	65,04	10,84		1,129
Θ2	88,71	65,99	11,00		1,145
Θ3	73,51	54,69	9,11		0,954
Θ4	76,26	56,73	9,45		0,9885
Θ5	71,72	53,36	8,89		0,9315
Θ6	77,45	57,62	9,60		1,0035
			12,5664	1	1,289
			6,2832	0,5	0,698
			2,51328	0,2	0,29
			1,25664	0,1	0,135

Πίνακας 5.5.3 : Αναλύσεις θέσεων 3ης περιόδου έκθεσης για το όζον



Καμπύλη παλινδρόμησης πίνακα 5.5.3

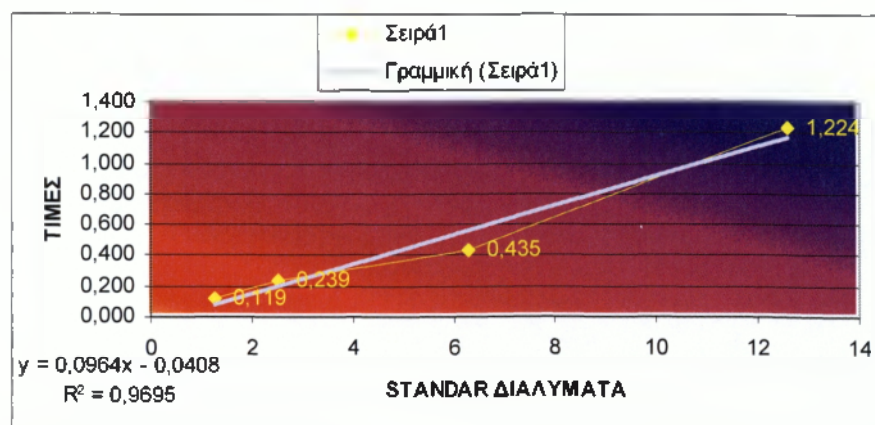
Αθροιστική συγκέντρωση Οζοντος σε έξι περιοχές του Ταύγετου
Μετρήσεις από 14/7/05 έως 4/8/05 (3εβδομάδες)



Γράφημα 5.5.3 : Αθροιστική συγκέντρωση όζοντος 3^{ης} περιόδου έκθεσης

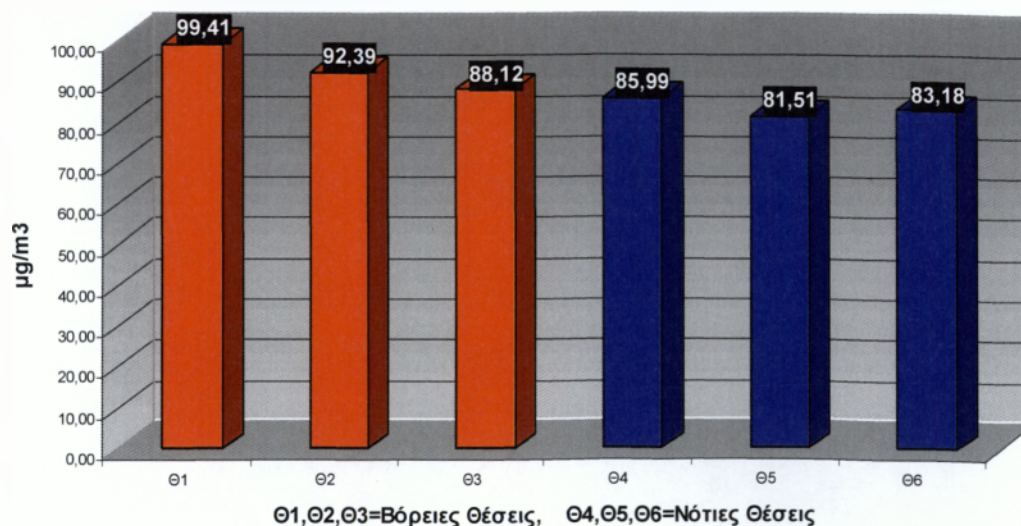
4					
Θ1	99,41	73,95	12,33		1,229
Θ2	92,39	68,73	11,45		1,145
Θ3	88,12	65,55	10,93		1,094
Θ4	85,99	63,96	10,66		1,0685
Θ5	81,51	60,63	10,11		1,015
Θ6	83,18	61,88	10,31		1,035
			12,5664	1	1,224
			6,2832	0,5	0,435
			2,51328	0,2	0,239
			1,25664	0,1	0,119

Πίνακας 5.5.4 : Αναλύσεις θέσεων 4ης περιόδου έκθεσης για το όζον



Καμπύλη παλινδρόμησης πίνακα 5.5.4

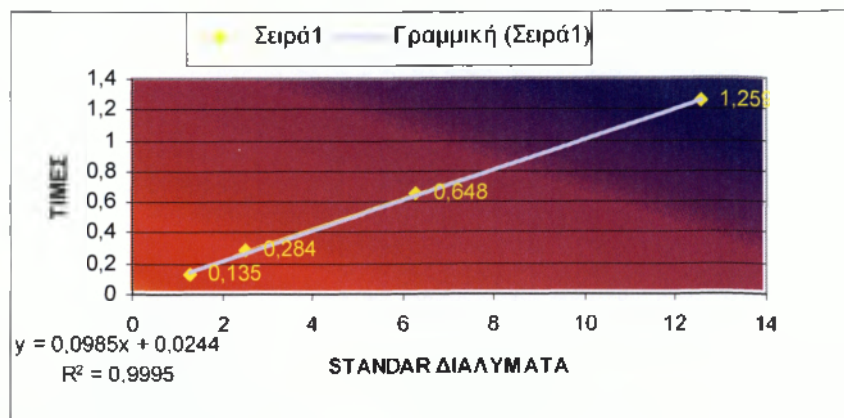
Αθροιστική συγκέντρωση Οζοντος σε έξι περιοχές του Ταυγέτου
Μετρήσεις από 4/8/05 έως 25/8/05 (3εβδομάδες)



Γράφημα 5.5.4 : Αθροιστική συγκέντρωση όζοντος 4^{ης} περιόδου έκθεσης

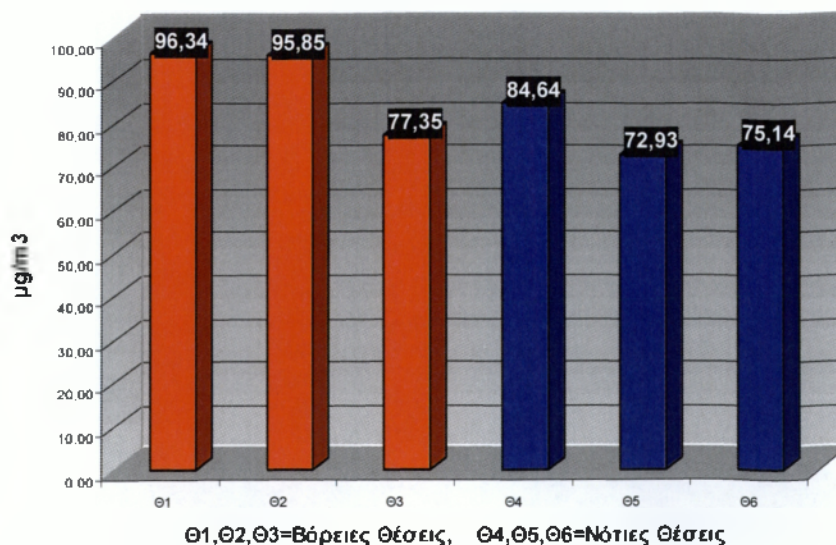
5					
Θ1	96,34	71,67	11,95		1,201
Θ2	95,85	71,31	11,88		1,195
Θ3	77,35	57,54	9,59		0,969
Θ4	84,64	62,96	10,49		1,058
Θ5	72,93	54,25	9,04		0,915
Θ6	75,14	55,89	9,32		0,942
			12,5664	1	1,259
			6,2832	0,5	0,648
			2,51328	0,2	0,284
			1,25664	0,1	0,135

Πίνακας 5.5.5 : Αναλύσεις θέσεων 5ης περιόδου έκθεσης για το όζον



Καμπύλη παλινδρόμησης πίνακα 5.5.5

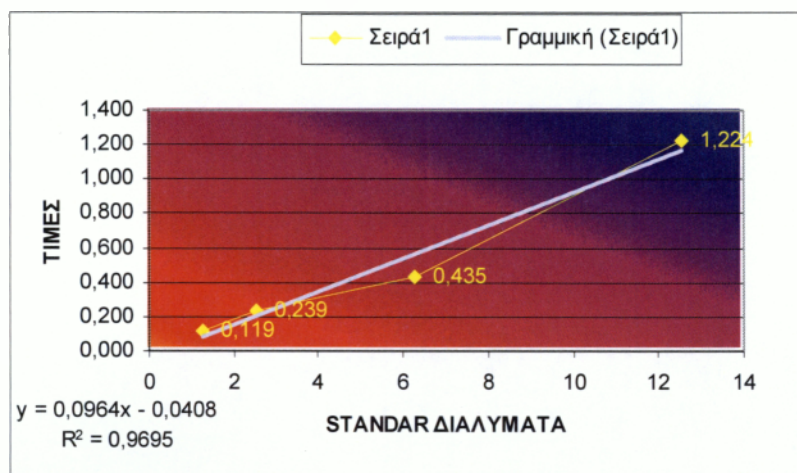
Αθροιστική συγκέντρωση Οζοντος σε έξι περιοχές του Τσιγέτου
Μετρήσεις από 25/8/05 έως 16/9/05 (3εβδομάδες)



Γράφημα 5.5.5 : Αθροιστική συγκέντρωση όζοντος 5^{ης} περιόδου έκθεσης

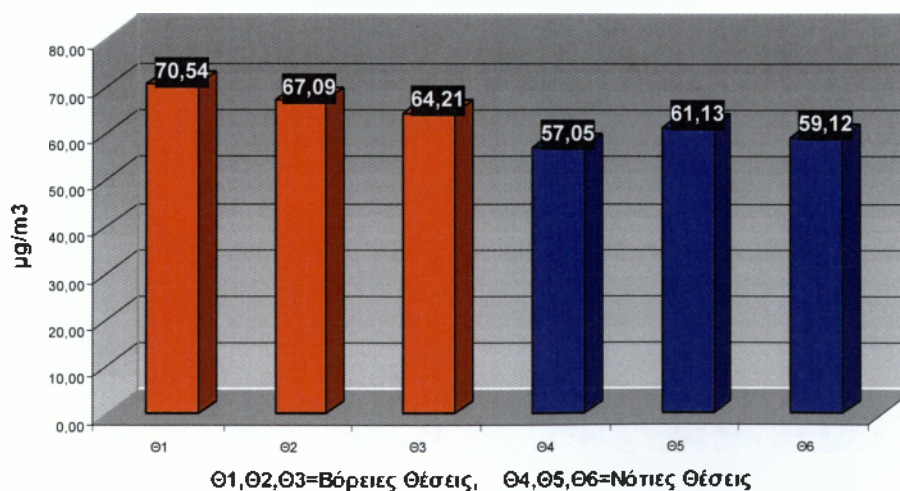
6					
Θ1	70,54	34,99	11,66		1,165
Θ2	67,09	33,27	11,09		1,110
Θ3	64,21	31,84	10,61		1,064
Θ4	57,05	28,29	9,43		0,950
Θ5	61,13	30,32	10,11		1,015
Θ6	59,12	29,32	9,77		0,983
			12,5664	1	1,224
			6,2832	0,5	0,435
			2,51328	0,2	0,239
			1,25664	0,1	0,119

Πίνακας 5.5.6 : Αναλύσεις θέσεων 6ης περιόδου έκθεσης για το όζον



Καμπύλη παλινδρόμησης πίνακα 5.5.6

**Αθροιστική συγκέντρωση Οζοντος σε έξι περιοχές του Ταϊγέτου
Μετρήσεις από 16/9/05 έως 29/9/05 (2εβδομάδες)**

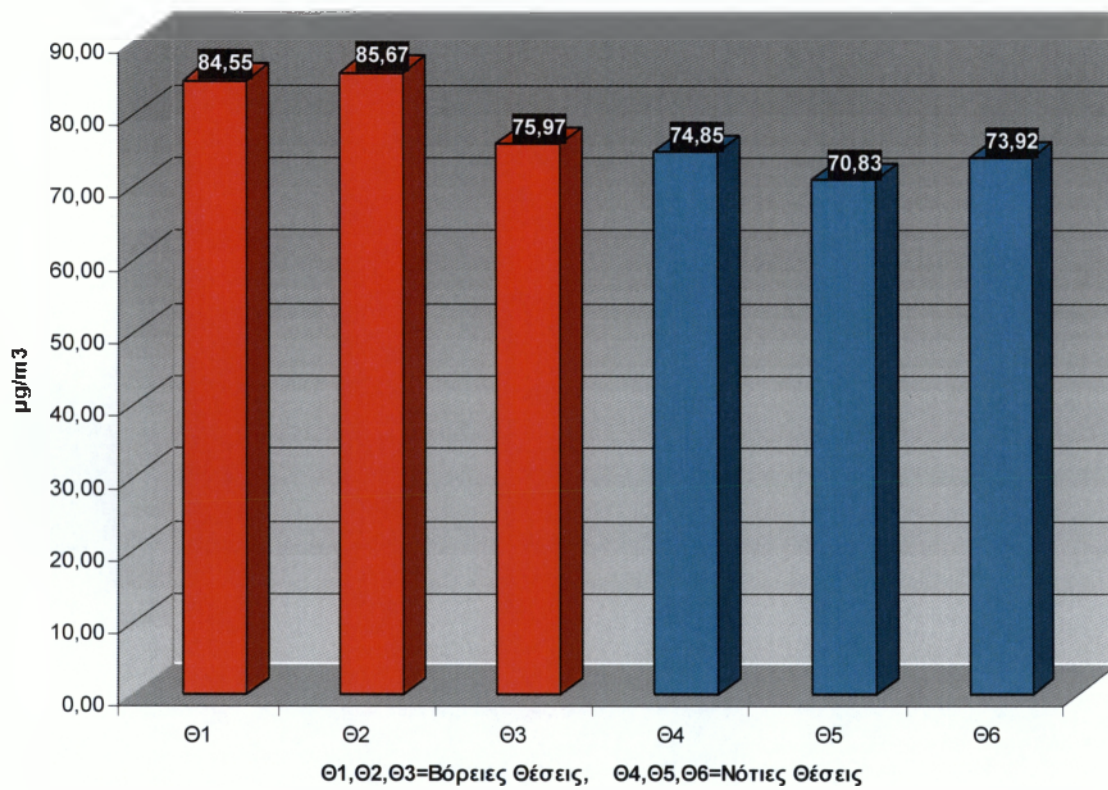


Γράφημα 5.5.6 : Αθροιστική συγκέντρωση όζοντος 6^{ης} περιόδου έκθεσης

	ΜΕΣΟΙ ΟΡΟΙ
Θ1	84,55
Θ2	85,67
Θ3	75,97
Θ4	74,85
Θ5	70,83
Θ6	73,92

Πίνακας 5.5.7 : Μέσος όρος συγκέντρωσης όζοντος ανά θέση

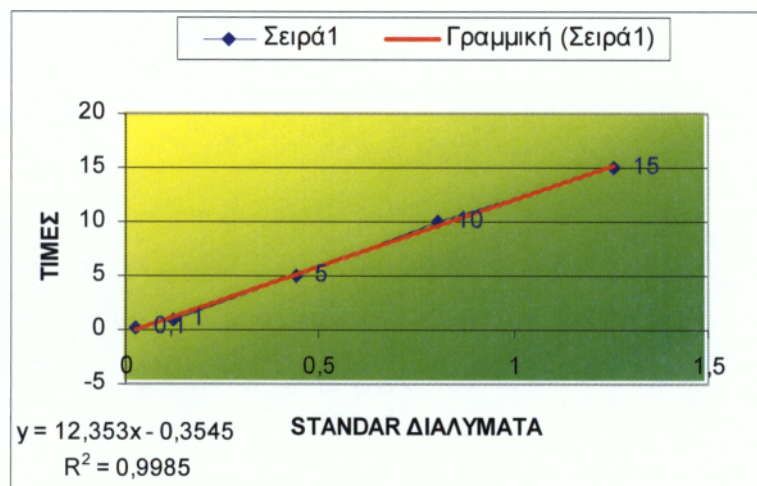
Μέσοι Οροι αθροιστικής συγκέντρωσης Οζοντος έξι περιοχών του Ταυγέτου
Μετρήσεις από 9/6/05 έως 29/9/05 (13εβδομάδες)



Γράφημα 5.5.7 : Μέσοι όροι αθροιστικής συγκέντρωσης όζοντος έξι περιοχών του Ταυγέτου από 9/6/05-29/9/05

1			
Θ1	0,411	0,062	
Θ2	0,152	0,041	
Θ3	-0,132	0,018	
Θ4	-0,268	0,007	
Θ5	-0,194	0,013	
Θ6	-0,330	0,002	
	15	1,258	15
	10	0,807	10
	5	0,444	5
	1	0,124	1
	0,1	0,028	0,1

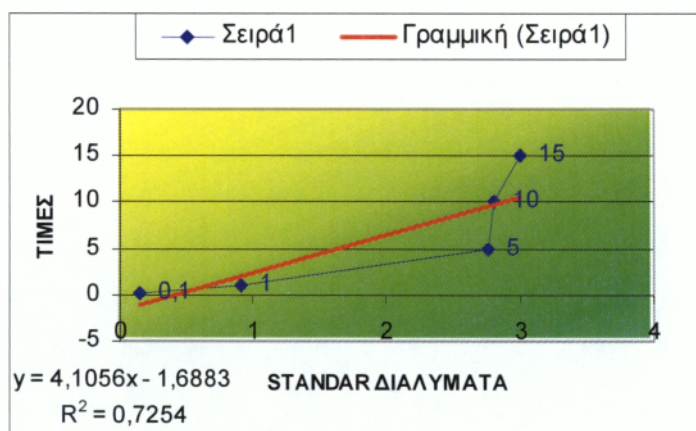
Πίνακας 5.5.8 : Αναλύσεις θέσεων 1ης περιόδου έκθεσης για το διοξείδιο του αζώτου



Καμπύλη παλινδρόμησης πίνακα 5.5.8

2			
Θ1	-1,421	0,065	
Θ2	-1,417	0,066	
Θ3	-1,561	0,031	
Θ4	-1,274	0,101	
Θ5	-1,044	0,157	
Θ6	0,800	0,606	
	15	2,996	15
	10	2,808	10
	5	2,759	5
	1	0,914	1
	0,1	0,154	0,1

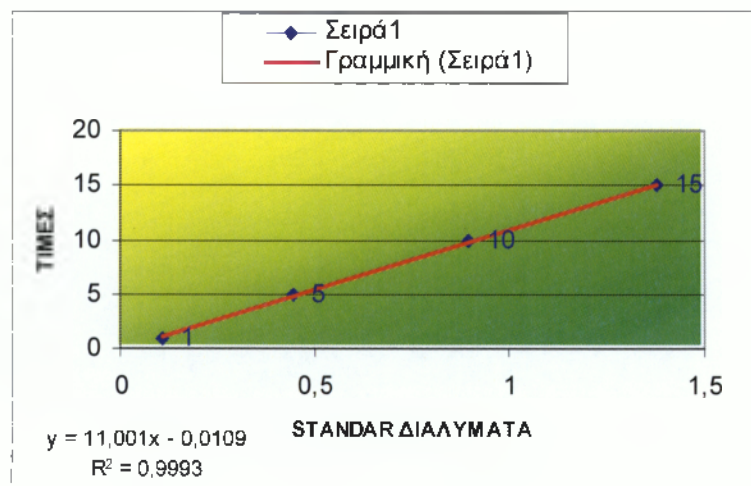
Πίνακας 5.5.9 : Αναλύσεις θέσεων 2ης περιόδου έκθεσης για το διοξείδιο του αζώτου



Καμπύλη παλινδρόμησης πίνακα 5.5.9

3			
Θ1	0,737168	0,068	
Θ2	0,847178	0,078	
Θ3	0,187118	0,018	
Θ4	0,286127	0,027	
Θ5	0,242123	0,023	
Θ6	0,572153	0,053	
	15	1,376	15
	10	0,897	10
	5	0,443	5
	1	0,106	1
	0,1	0,007	0,1

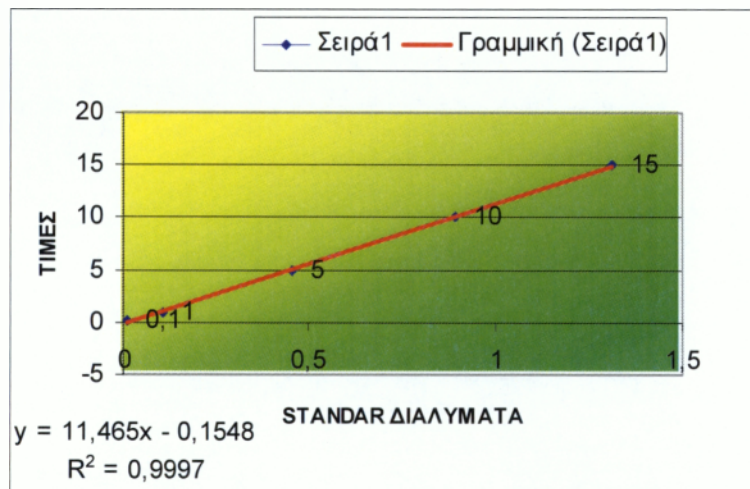
**Πίνακας 5.5.10 : Αναλύσεις θέσεων 3ης περιόδου έκθεσης
για το διοξείδιο του αζώτου**



Καμπύλη παλινδρόμησης πίνακα 5.5.10

4			
Θ1	-0,13187	0,002	
Θ2	-0,06308	0,008	
Θ3	-0,10894	0,004	
Θ4	0,017175	0,015	
Θ5	0,177685	0,029	
Θ6	0,28087	0,038	
	15	1,314	15
	10	0,894	10
	5	0,454	5
	1	0,109	1
	0,1	0,009	0,1

**Πίνακας 5.5.11 : Αναλύσεις θέσεων 4ης περιόδου έκθεσης
για το διοξείδιο του αζώτου**



Καμπύλη παλινδρόμησης πίνακα 5.5.11

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

6.1 Βιοκαταγραφή των φυτοτοξικών επιπέδων όζοντος με τη χρήση τριφυλλιών NC - S και NC - R στον Αντικάλαμο Μεσσηνίας (περιοχή Τ.Ε.Ι)

Το πείραμα που έγινε με τη χρήση των βιοδεικτών τριφυλλιού (*Trifolium repens*), κατά την περίοδο Μαΐου - Σεπτεμβρίου 2004, ήταν μέρος μιας επαναλαμβανόμενης διαδικασίας που γίνεται κάθε χρόνο μέσα στα πλαίσια του διεθνούς διακρατικού προγράμματος ICP Vegetation, UN - ECE, Convention on Long - range Transboundary Air Pollution, καταγραφής και εκτίμησης των επιπτώσεων του όζοντος στα φυτά, σε 25 χώρες της Ευρώπης. Έτσι, υπάρχει και η δυνατότητα σύγκρισης των αποτελεσμάτων από χρονιά σε χρονιά.

Όπως θα δούμε παρακάτω, τα επίπεδα όζοντος που καταγράφηκαν από τον μετρητή στην περιοχή έδειξαν υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος στην περιοχή του πειράματος. Εντούτοις, οι επιπτώσεις στον ευαίσθητο βιότυπο τριφυλλιού έναντι του ανθεκτικού στην παραγωγή βιομάζας (ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος), ήταν μεν διαφοροποιημένες εις βάρος του ευαίσθητου αλλά όχι τόσο έντονα όσο άλλες χρονιές (Πίνακες 2.5.1 – 2.5.5 & 2.6.1 – 2.6.5). Αυτό μπορεί να εξηγηθεί εάν δεν υπήρξαν ιδανικές πειραματικές συνθήκες (ποτίσματα, κατάσταση φυτών, νεροκρατήματα, λιπάνσεις, κλπ.) δεδομένου ότι τα πειραματόφυτα πρέπει να βρίσκονται συνεχώς σε άριστη κατάσταση και κυρίως σε κατάσταση σπαργής.

Δεδομένου όμως ότι οι συνθήκες αυτές λίγο-πολύ ελέγχονταν, θα πρέπει να διερευνηθεί η ιδιαίτερη καταπόνηση που φαίνεται από τους πίνακες των μετρήσεων ότι υπέστη ο ανθεκτικός βιότυπος του τριφυλλιού κυρίως κατά τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο. Πάντως, ειδικά τον Ιούλιο οι συγκεντρώσεις του όζοντος που κατέγραψε ο μετρητής ήταν ιδιαίτερα υψηλές.

Όσον αφορά στην εκδήλωση συμπτωμάτων τοξικότητας όζοντος η βαθμονόμηση έδειξε σαφείς διαφορές εις βάρος του ευαίσθητου βιότυπου και

στις τρεις βαθμονομήσεις που έγιναν κατά τη διάρκεια του πειράματος (Πίνακες 3.1 & 3.2).

6.1.1 Καταγραφή όζοντος με μετρητή

Η καταγραφή του όζοντος με τον μετρητή έδειξε υψηλά φυτοτοξικά επίπεδα του ρύπου στην περιοχή του πειράματος σε όλη τη διάρκεια του πειράματος από τα μέσα Απριλίου έως τα μέσα Αυγούστου (Πίνακας 3.1).

Τα επίπεδα όζοντος κατά την “κρίσιμη” περίοδο (Μάιος – Ιούλιος) ήταν πενταπλάσια από το όριο που έχει θεσπιστεί για την Ευρώπη, όπως φαίνεται στο πίνακα 3.3 και στο γράφημα. Αυτό επιβεβαιώνει με σαφήνεια ότι στην ευρύτερη περιοχή του πειραματικού οι συγκεντρώσεις όζοντος είναι φυτοτοξικές. Σημειώνεται ότι και το 2003 για την ίδια « κρίσιμη » περίοδο είχαν καταγραφεί στο ίδιο σημείο υπερ-πενταπλάσια επίπεδα όζοντος (AOT 40 = 16.108 pp.hours).

Η συσχέτιση των μηνιαίων αθροιστικών συγκεντρώσεων όζοντος με τον δείκτη καταπόνησης των ευαίσθητων βιοτύπων τριφυλλιού έναντι των ανθεκτικών (S / R), έδειξε τα αντίθετα των αναμενόμενων αποτελεσμάτων ως συνέπεια του γεγονότος που ήδη σχολιάστηκε παραπάνω (Γράφημα 3.1).

6.2 Βιοκαταγραφή φυτοτοξικών επιπέδων όζοντος με τη χρήση φυτών καπνού Bel-W3 στη ζώνη Ελάτης του Ταϋγέτου

Τα αποτελέσματα της βιοκαταγραφής με τα φυτά δείκτες (καπνός Bel W3), έδειξε με σαφήνεια ότι επίπεδα του όζοντος στη ζώνη Ελάτης του Ταϋγέτου είναι σαφώς φυτοτοξικά τουλάχιστον για τα φυτά δείκτες, με ιδιαίτερα επιβαρημένη περίοδο τα τέλη Αυγούστου μέσα Σεπτεμβρίου.

Σημαντικότερη ένδειξη από τη βιοκαταγραφή ήταν το γεγονός ότι στις τρεις βόρειες τοποθεσίες οι βιοδείκτες έδειξαν σε γενικές γραμμές μεγαλύτερη ζημιά από ότι στις νότιες τοποθεσίες.

6.3 Χημική καταγραφή επιπέδων όζοντος με τη χρήση δειγματοληπτών παθητικής απορρόφησης στη ζώνη Ελάτης του Ταύγετου

Τα αποτελέσματα της χημικής μεθόδου καταγραφής συγκεντρώσεων όζοντος στη ζώνη Ελάτης του Ταύγετου (Γραφήματα 5.5.1 – 5.5.6), έδειξαν μέσες ημερήσιες συγκεντρώσεις όζοντος που ήταν σε πολλές περιπτώσεις πάνω από το « κατώφλι » επικινδυνότητας για τα φυτά (40 ppb ή $80 \mu\text{g} / \text{m}^3$).

Αντίθετα, με την ολική συγκέντρωση του όζοντος στα σημεία καταγραφής, η ανάλυση για τη συγκέντρωση του διοξειδίου του αζώτου ήταν αμελητέα.

Δυστυχώς η μέθοδος αυτή «καταγράφει» πόσο όζον απορροφήθηκε από τον παθητικό δειγματολήπτη σε όλη την περίοδο της έκθεσης (2 ή 3 εβδομάδες). Έτσι μας δίνει μόνο ενδεικτικές πληροφορίες, δεδομένου ότι δεν μπορούμε να υπολογίσουμε μέση ωριαία τιμή όζοντος, ημερήσια διακύμανση μέσης ωριαίας και κατά συνέπεια ούτε αθροιστική δόση όζοντος. Οι μετρήσεις της μεθόδου είναι απλώς ενδεικτικές για τα επίπεδα όζοντος σε μία περιοχή.

Όμως η μέθοδος « δούλεψε » πολύ καλά για τον κύριο λόγο που την εφαρμόσαμε δηλαδή τη σύγκριση του Βόρειου τμήματος του ελατοδάσους του Ταύγετου με το Νότιο τμήμα.

Οι μετρήσεις έδειξαν υψηλότερες συγκεντρώσεις όζοντος στο Βόρειο τμήμα έναντι του Νότιου, πράγμα που συμπίπτει με τα αποτελέσματα της βιοκαταγραφής με τους βιοδείκτες που ήταν εκτεθειμένοι δίπλα - δίπλα με τους παθητικούς δειγματολήπτες σε κάθε τοποθεσία και για την ίδια περίοδο.

Αυτή η ταύτιση ενδείξεων των δύο μεθόδων μπορεί να συσχετιστεί με παλαιότερες παρατηρήσεις της Διεύθυνσης Δασών Μεσσηνίας (προσωπική

επικοινωνία με Δρ Π. Μπαζίγο), σχετικές με την χειρότερη κατάσταση υγείας του ελατοδάσους στο Βόρειο τμήμα του Ταύγετου έναντι του Νότιου και να εξαχθούν συμπεράσματα που θα πρέπει να επιβεβαιωθούν με τουλάχιστον μία ακόμη περίοδο μετρήσεων.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξένη βιβλιογραφία

Experiment Protocol, 2004. International Cooperative Programme on Effects of Air Pollution on Natural Vegetation and Crops

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

Velissariou D., Skretis L., 2001. Phytotoxic ozone concentrations in the fir forest of the Parnis National Park. (Abstract) *Phytopathol. Mediterr.* 2001

Ελληνική βιβλιογραφία

Βελισσαρίου Δ., 1992. Αέριοι φωτοχημικοί ρύποι – όζον : Φυτοτοξικοί ρύποι της πόλης που απειλούν καλλιέργειες και φυσικοί βλάστηση. Εισήγηση στο : 6^ο Πανελλήνιο Φυτοπαθολογικό Συνέδριο, Περιλήψεις Ανακοινώσεων, 6/10/92, Πάτρα και Γεωργία και Ανάπτυξη, Νοέμ. – Δεκ., 1992

Λέκκας Δ., 2004. Επιδράσεις φυτοπροστατευτικών προϊόντων στη φυτοτοξική δράση όζοντος. Μεταπτυχιακή μελέτη. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Διαδίκτυο

1. www.fiaozone.net/basics.htm
2. www.icpvegetation.ceh.ac.uk
3. www.ces.ncsu.edu/depts/pp/notes/Ozone/ozone.html
4. www.in.gr/innews/2000/epist/e.htm
5. www.aquaplus.gr/aposteirosi-nero-aera-ozon.htm
6. www.lap.phys.auth.gr/groups
7. www.europaeu.in/hellas/5news/56pes.htm