

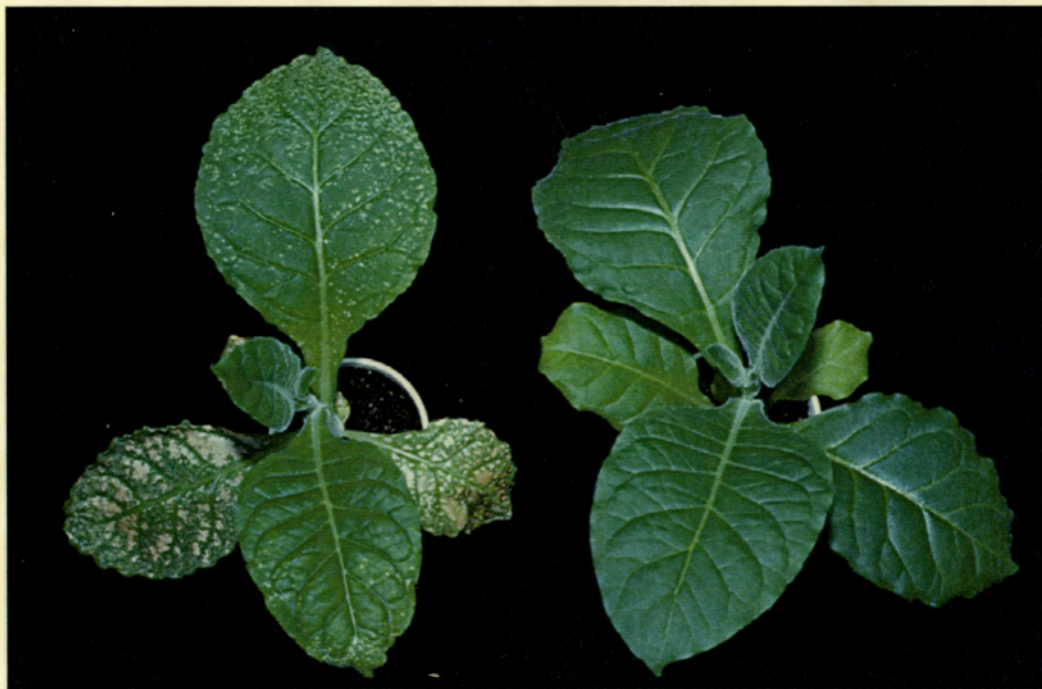


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

Πρώτες μετρήσεις και 'βιοκαταγραφή'  
φυτοτοξικών επιπέδων όζοντος στη Μεσσηνία  
Πτυχιακή εργασία

Κελαϊδή Γεωργία

Παναγέας Ηλίας



Υπεύθυνος καθηγητής: Βελισσαρίου Δημήτριος

Καλαμάτα Ιούνιος 2005

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

Πτυχιακή μελέτη:

**“Πρώτες μετρήσεις και βιοκαταγραφή φυτοτοξικών  
επιπέδων όζοντος στη Μεσσηνία”**

Σπουδαστές: **Κελαϊδή Γεωργία  
Παναγέας Ηλίας**

Υπεύθυνος καθηγητής: **Βελισσαρίου Δημήτριος**

ΚΑΛΑΜΑΤΑ ΙΟΥΝΙΟΣ 2005

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	1
Θεωρητικό μέρος .....	3
1. ΟΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ.....	4
1.1 Ιστορική αναδρομή.....	4
1.2 Πρωτογενείς – δευτερογενείς ρύποι .....	5
1.2.1 Πηγές προέλευσης.....	6
1.3 Οι φωτοχημικοί ρύποι .....	7
1.4 Το όζον ως χημικό στοιχείο .....	8
1.5 Το όζον στην ατμόσφαιρα .....	9
1.5.1 Το στρατοσφαιρικό όζον.....	10
1.5.2 Το τροποσφαιρικό όζον .....	11
1.5.3 Μηχανισμός σχηματισμού όζοντος .....	12
2. ΟΖΟΝ – ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΕ ΦΥΤΑ, ΑΝΘΡΩΠΟ, ΥΛΙΚΑ.....	14
2.1 Το όζον ως φυτοτοξικός ρύπος.....	14
2.2 Επίδραση όζοντος στη φυσιολογική λειτουργία του φυτού.....	15
2.3 Αντίδραση των φυτών στο όζον .....	17
2.3.1 Ταυτόχρονη παρουσία όζοντος και βιοτικών–αβιοτικών παράγοντων .....	19
2.4 Παθογνωμονικά συμπτώματα .....	22
2.4.1 Εμφάνιση συμπτωμάτων σε παγκόσμια κλίμακα (με έμφαση τη Μεσόγειο) .....	22
2.4.2 Διάγνωση συμπτωμάτων .....	23
2.5 Επιπτώσεις όζοντος στην υγεία του ανθρώπου .....	25
2.6. Επιπτώσεις όζοντος στα υλικά .....	26
3. ΤΟ ΟΖΟΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ .....	27
3.1. Μεταφορά αέριων ρύπων .....	27
3.2 Ανάγκες για διεθνή συνεργασία .....	28
3.3 Παράγοντες που επηρεάζουν τις συγκεντρώσεις όζοντος .....	29
4. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ .....	32
Πειραματικό μέρος.....	36
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	37

1.1 Το πρόγραμμα UNECE ICP Vegetation .....	37
1.2 Φυτά βιοδείκτες .....	41
1.3 Βιοκαταγραφή όζοντος .....	42
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ .....	45
2.1 ΠΕΙΡΑΜΑ I: .....	45
'Βιοκαταγραφή φυτοτοξικών επιπέδων όζοντος με τη χρήση τριφυλλιών NC-S και NC-R στην περιοχή της Καλαμάτας' .....	45
2.1.1 Πειραματικό σχέδιο .....	45
2.1.2 Έναρξη πειράματος - καλλιεργητικές φροντίδες .....	47
2.1.3 Τεχνική μετρήσεων .....	48
2.2 ΠΕΙΡΑΜΑ II: .....	51
'Βιοκαταγραφή φυτοτοξικών επιπέδων όζοντος με τη χρήση φυτών καπνού Bel-W3 στην ευρύτερη περιοχή της Μεσσηνίας' .....	51
2.2.1 Προετοιμασία πειράματος .....	51
2.2.2 Επιλογή περιοχών .....	53
2.2.3 Προετοιμασία των φυτών και έναρξη της πειραματικής διαδικασίας .....	54
2.2.4 Τεχνική μετρήσεων .....	56
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....	58
3.1. ΠΕΙΡΑΜΑ I .....	58
3.1.1 Πίνακες και Γραφήματα βαθμονόμησης τοξικότητας όζοντος στα φυτά τριφυλλιού (από 1-9).....	58
3.1.2 Πίνακες και γραφήματα μετρήσεων ξηρού βάρους στα φυτά τριφυλλιού και λόγος ευαίσθητου / ανθεκτικού βιοτύπου (δείκτης Ratio) .....	69
3.1.3 Φωτογραφικό υλικό με συμπτώματα όζοντος σε βιοδείκτες τριφυλλιού...75	
3.2. ΠΕΙΡΑΜΑ II .....	76
3.2.1 Πίνακες βαθμονόμησης τοξικότητας όζοντος σε φυτά καπνού (Bel-W3) και τοπογραφικά στοιχεία ανά περιοχή .....	76
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....	89
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	94
Ξένη βιβλιογραφία .....	94
Ελληνική βιβλιογραφία .....	97
Διαδίκτυο .....	97



## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε θερμά τον καθηγητή του Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας Δρ. Δ. Βελισσαρίου, καθώς χωρίς την απεριόριστη βοήθεια του σε όλους τους τομείς, δεν θα ήταν δυνατή η δημιουργία και η ολοκλήρωση της παρούσας πτυχιακής μελέτης.

Ιδιαίτερα ευχαριστούμε το γεωπόνο ερευνητή του Εργαστηρίου Φυσιολογίας Φυτών Γ. Σάλμα για την πολύτιμη καθοδήγηση που μας προσέφερε.

Ακόμα ευχαριστούμε όλους εκείνους που φρόντισαν τα φυτά μας σε κάθε περιοχή, κατά τη διάρκεια της πειραματικής εργασίας, καθώς και τον οδηγό μας κ. Γιάννη.

Ευχαριστούμε επίσης τη διεύθυνση του Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας που επέτρεψε τη διεξαγωγή του πειράματος στις εγκαταστάσεις του ιδρύματος.

Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους γονείς μας για το ενδιαφέρον και την αμέριστη βοήθειά που μας προσέφεραν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μας.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Είναι γνωστό ότι πολλοί αέριοι ρύποι επιδρούν δυσμενώς στα φυτά προκαλώντας οξεία (καταστροφή ιστών) ή χρόνια τοξικότητα (διαταραχή φυσιολογικών λειτουργιών). Η επικινδυνότητα των φωτοχημικών ρύπων και ειδικότερα του **τροποσφαιρικού όζοντος** οφείλεται κυρίως στις εξής ιδιότητές τους: α) Έχουν ισχυρή φυτοτοξική δράση, β) Δεν αποδομούνται σε καθαρή ατμόσφαιρα και γ) Μεταφέρονται σε πολύ μεγάλες αποστάσεις. Το όζον συγκαταλέγεται στους **διασυνοριακούς ρύπους** σύμφωνα με τη Σύμβαση της Γενεύης για τη Διασυνοριακή Αέρια Ρύπανση του ΟΗΕ, η οποία καθορίζει και τα “**Κρίσιμα Επίπεδα**”, πέραν των οποίων αναμένονται επιπτώσεις στη χλωρίδα της Ευρώπης.

Μέσα στα πλαίσια ειδικού διεθνούς προγράμματος (**ICP Vegetation, UN-NECE, Convention on Long-range Transboundary Air Pollution**), το Καλοκαίρι του 2004, έγινε βιοκαταγραφή των φυτοτοξικών επιπέδων του ατμοσφαιρικού αυτού ρύπου στην περιοχή της Μεσσηνίας.

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση αυτών των επιπέδων ήταν η έκθεση στη φυσική ατμόσφαιρα της περιοχής της Καλαμάτας δύο ειδικών βιότυπων τριφυλλιού (*Trifolium repens*), ενός ευαίσθητου (NC-S) και ενός ανθεκτικού (NC-R) στο όζον. Συγκεκριμένα, 20 φυτά από κάθε βιότυπο καλλιεργήθηκαν, αναπτύχθηκαν και τέλος έγιναν εργαστηριακές μετρήσεις και παρατηρήσεις πάνω στο φύλλωμα και τη βιομάζα τους με σκοπό την καταγραφή των επιπτώσεων του ρύπου.

Παράλληλα, εκτός από το παραπάνω πρόγραμμα, έγινε και βιοκαταγραφή όζοντος σε 13 σημεία διεσπαρμένα στην ευρύτερη περιοχή της Μεσσηνίας με τη χρήση του διεθνώς αποδεκτού **βιοδείκτη** ‘Bel-W3’ (ειδική ποικιλία καπνού). Δύο φυτά τοποθετούνταν σε κάθε περιοχή για διάστημα δύο εβδομάδων και στο τέλος κάθε περιόδου έκθεσης γίνονταν καταγραφή του ποσοστού

ζημιάς στα παλαιότερα φύλλα με βάση την εμφάνιση παθογνωμονικών συμπτωμάτων.

Και τα δύο πειράματα έδειξαν υψηλές συγκεντρώσεις του ρύπου, από υψόμετρα 1300 μέτρων στο δασικό οικοσύστημα του Ταυγέτου έως και στα παράλια του Μεσσηνιακού κόλπου. Αυτό ίσως εξηγεί τα χαρακτηριστικά συμπτώματα όζοντος που έχουν παρατηρηθεί σε καλλιέργειες και στη φυσική βλάστηση της περιοχής.

## Θεωρητικό μέρος

## 1. ΟΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ

### 1.1 Ιστορική αναδρομή

Μέσω της χρονολογικής καταγραφής σημαντικών γεγονότων που σχετίζονται με την ατμοσφαιρική ρύπανση και τα αίτια πρόκλησης αυτής, προκύπτει το συμπέρασμα ότι η αέρια ρύπανση δεν είναι φαινόμενο της σύγχρονης εποχής, αλλά χρονολογείται από αρχαιοτάτων χρόνων και η εξέλιξή της συνίσταται στη διαφοροποίηση των πηγών προέλευσής της αναλογικά με την ανθρώπινη δραστηριότητα.

Πριν τη βιομηχανική επανάσταση, οι πηγές που συνδέθηκαν με την παραγωγή αέριας ρύπανσης ήταν οι βιομηχανίες επεξεργασίας δερμάτων ζώων και παραγωγής χαλκού, σιδήρου κ.α. Η βιομηχανική επανάσταση (18<sup>ος</sup> – 19<sup>ος</sup> αιώνας) που χαρακτηρίστηκε από το επίτευγμα του ανθρώπου να διαχειριστεί τον ατμό, όξυνε το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης λόγω της ευρείας χρήσης των ατμομηχανών που απαιτούσαν καύση άνθρακα σε μεγάλες ποσότητες.

Στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα οι κύριες τεχνολογικές αλλαγές που επιβάρυναν την ρύπανση του αέρα ήταν η αντικατάσταση των ατμομηχανών από ηλεκτρικές, η ηλεκτροδότηση των σιδηροδρόμων και η αντικατάσταση του άνθρακα από πετρέλαιο (1900 – 1925). Ακολούθησαν σοβαρά επεισόδια ρύπανσης του αέρα εντείνοντας τις ανάγκες για έρευνα.

Στη Μεγάλη Βρετανία μια μεγάλη καταστροφή από ατμοσφαιρική ρύπανση συνέβη στο Λονδίνο το 1952. Το επεισόδιο άρχισε στις 4 Δεκεμβρίου και σε δύο μέρες η ορατότητα σε μερικές περιοχές της πόλης, είχε μειωθεί στο ένα μόλις μέτρο. Εκτός από τον καπνό και την ομίχλη σημειώθηκαν υψηλές τιμές από το διοξείδιο του θείου, που συνδέεται (όπως και ο καπνός) άμεσα με την καύση του λιγνίτη. Περίπου 4.000 θάνατοι σε διάστημα τεσσάρων ημερών αποδόθηκαν



στην ισχυρή ατμοσφαιρική ρύπανση που ο χαρακτήρας της (καπνός, ομίχλη και διοξείδιο του θείου) οδήγησε στη δημιουργία του όρου «αιθαλομίχλη τύπου Λονδίνου».

Παρόμοια περιστατικά που βίωσαν άλλες χώρες, στις μεγάλες πόλεις τους τις επόμενες δύο δεκαετίες, είχαν ως αποτέλεσμα τις πρώτες εθνικές νομοθετήσεις και τη δημιουργία μεγάλων ερευνητικών κέντρων (1950 – 1970). Στο τέλος του 20<sup>ου</sup> αιώνα η εμφάνιση όξινης βροχής, του φωτοχημικού νέφους και των προβλημάτων που δημιουργήθηκαν στις καλλιέργειες, έγιναν εθνικό θέμα στις Ηνωμένες Πολιτείες και στη Γερμανία, όπου επενδύθηκαν εκατοντάδες εκατομμύρια για έρευνα. Ακολούθησαν και οι υπόλοιπες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ένα μεγάλο βήμα ήταν η αντικατάσταση των συμβατικών αυτοκινήτων με καταλυτικά και η χρήση αμόλυβδης βενζίνης (Κγυρα, 1997).

## **1.2 Πρωτογενείς – δευτερογενείς ρύποι**

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 ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ). 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 ( $\text{O}_3$ , **PAN**,  $\text{SO}_4$ ) 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).

### 1.2.1 Πηγές προέλευσης

Οι πηγές εκπομπής των αέριων 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:

**A) Φυσικές**, δηλαδή φυσικές δραστηριότητες (κεραυνός, μικροβιακές διαδικασίες εδάφους, οξείδωση της αμμωνίας) ή γεωβιογενετικές πηγές ατμοσφαιρικού μεθανίου ( $\text{CH}_4$ ), το οποίο είναι σε μεγάλο βαθμό υπεύθυνο για το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

**B) Τεχνητές (Ανθρωπογενείς)**, θεωρούνται κυρίως τα μεταφορικά μέσα, οι βιομηχανίες, τα χημικά που χρησιμοποιούνται στη γεωργία και τα αέρια ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ) 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  $\text{O}_3$ , 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΄ ότι οι άνθρωποι της πόλης. Είναι όμως σημαντικό να σημειωθεί ότι οι κάτοικοι της πόλης μπορεί να υφίστανται υψηλές συγκεντρώσεις πρωτογενών αέριων ρύπων. (Krupa, 1997).

### **1.3 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.) (Βελισσαρίου Δ., προσωπική επικοινωνία).

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 (Krupa, 1997).

#### **1.4 Το όζον ως χημικό στοιχείο**

Το καθαρό όζον είναι μια αλλοτροπική μορφή του  $O_2$  συντιθέμενη από τρία άτομα ( $O_3$ ). Σε θερμοκρασία δωματίου το αέριο έχει ανοιχτό μπλε χρώμα. Υγροποιείται κάτω από τους  $-112^\circ C$ . Το υγροποιημένο όζον έχει σκούρο μπλε χρώμα και είναι επικίνδυνο εκρηκτικό. Σε μία αναλογία αραίωσης των 100 ppb έχει χαρακτηριστική οσμή, γι' αυτό και η ονομασία του προέρχεται από την ελληνική λέξη 'όζω' που σημαίνει μυρίζω. Σε υψηλότερες συγκεντρώσεις είναι πολύ δηλητηριώδες και προκαλεί λύση του βλεννογόνου υμένα. Είναι δε περίπου 50 φορές πιο διαλυτό στο νερό απ' ότι το οξυγόνο. (Σαϊτάνης, 1998). Το όζον είναι από τα πιο ισχυρά οξειδωτικά, αντιδρά ραγδαία με διάφορα μερικώς ακόρεστα οργανικά συστατικά και καταστρέφει τα ελαστομερή. Λόγω της ιδιότητάς του ως οξειδωτικό μέσο, το όζον χρησιμοποιείται σε περιορισμένες συγκεντρώσεις ως απολυμαντικό για το νερό και τον αέρα, λευκαντικό κεριών και υφαντών.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1:** Φυσικές ιδιότητες όζοντος

Μοριακό Βάρος	48
Σημείο Τήξεως	-192,7 °C
Σημείο Βρασμού	-111,9 °C
Πυκνότητα αερίου (0°C, 760mm Hg)	2,144 g / l
Πυκνότητα υγρού (-195.4° C, 760mm Hg)	1,614 g / ml
Διαλυτότητα στο νερό (0°C, 760mm Hg)	49 ml / 100 ml νερού
Θερμοχωρητικότητα (0°C)	9,1 cal / g mol °C

Πηγή: Krupa, 1977, Σαϊτάνη, 1998

### **1.5 Το όζον στην ατμόσφαιρα**

Το όζον είναι ένα φυσικό συστατικό της ατμόσφαιρας στην οποία η συγκέντρωσή του διαφοροποιείται ανάλογα με το υψόμετρο, την εποχή του έτους και την περιοχή. Η συγκέντρωσή του στην επιφάνεια της γης επηρεάζεται από την ύπαρξη και την ένταση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Σε αστικές και προαστιακές περιοχές, οι τυπικές καλοκαιρινές μέγιστες ημερήσιες τιμές κυμαίνονται από 100–400 ppb, για τις περιοχές της υπαίθρου από 50–120 ppb, ενώ σε απομακρυσμένες θαλάσσιες περιοχές και σε απόμακρα τροπικά δάση οι τιμές αυτές κυμαίνονται από 20 - 40 ppb (Krupa, 1997).

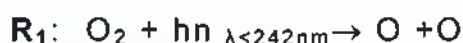
Το όζον στην ατμόσφαιρα παρουσιάζεται σε δύο στρώματα. Αρχικά σχηματίζεται στη στρατόσφαιρα καθώς η ηλιακή ακτινοβολία αλληλεπιδρά με το οξυγόνο. Παράλληλα εντοπίζεται και στην τροπόσφαιρα, ως ένας σημαντικός φωτοχημικός ρύπος. Για το διαχωρισμό αυτό χρησιμοποιούμε τις έννοιες τροποσφαιρικό και στρατοσφαιρικό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



### 1.5.1 Το στρατοσφαιρικό όζον

Το **στρατοσφαιρικό όζον** παρά τη χημικά υψηλή δραστηριότητά του, διαδραματίζει έναν εξαιρετικά σημαντικό ρόλο στην υποστήριξη της επίγειας ζωής. Περίπου το 90% του ατμοσφαιρικού στρώματος όζοντος βρίσκεται στη στρατόσφαιρα όπου, κατά τον Chapman (1930), παράγεται από τη φωτολυτική διάσπαση των μορίων του οξυγόνου από την υπεριώδη ακτινοβολία που εισέρχεται στη στρατόσφαιρα σε μήκη κύματος μικρότερα από 242 nm (R<sub>1</sub>). Το ατομικό οξυγόνο το οποίο σχηματίζεται, αντιδρά με το μοριακό οξυγόνο προς σχηματισμό του όζοντος παρουσία ενός τρίτου σώματος, το οποίο μπορεί να είναι N<sub>2</sub> ή O<sub>2</sub> (R<sub>2</sub>). Το όζον μπορεί πάλι να διασπαστεί φωτολυτικά και να δώσει ατομικό και ξανά μοριακό οξυγόνο (R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub>).

Οι χημικές αντιδράσεις που εξηγούν τα παραπάνω είναι:



Αυτές οι αντιδράσεις είναι σημαντικές για τη διατήρηση της ισόρροπης παρουσίας όζοντος στη στρατόσφαιρα. Αποτέλεσμα των φωτοχημικών αυτών αντιδράσεων είναι η απορρόφηση μεγάλου μέρους της υπεριώδους ακτινοβολίας, η οποία αν έφτανε στη γη θα απέβαινε καταστροφική για τη ζωή στον πλανήτη. Παρ' όλα αυτά, έρευνες δείχνουν την ύπαρξη σημαντικών επιπρόσθετων αντιδράσεων αέριας φάσης, στις οποίες οξειδία του υδρογόνου, οξειδία του αζώτου και αλογόνα παίζουν καταλυτικό ρόλο στη διάσπαση του όζοντος (Hampson, 1964, Crutzen, 1970, Jonston, 1971, Molina and Rowland, 1974). Επίσης αποδείχθηκε ότι ετερογενείς αντιδράσεις στην επιφάνεια παγοκρυστάλλων μπορούν επίσης να παίξουν σημαντικό ρόλο στην καταλυτική διάσπαση του όζοντος από το χλώριο. Αυτές οι αντιδράσεις θεωρούνται υπεύθυνες για την 'τρύπα του όζοντος' (Solomon, 1988).

### 1.5.2 Το τροποσφαιρικό όζον

Το τροποσφαιρικό όζον είναι ένας δευτερογενής ρύπος με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που σχετίζονται τόσο με τις πηγές όσο και με τον τρόπο σχηματισμού του στις περιοχές της τροπόσφαιρας. Η αυξημένη συγκέντρωση του όζοντος συνδέεται με τις ανθρωπογενείς εκπομπές πρόδρομων στοιχείων όπως οξειδία του αζώτου, πτητικά οργανικά συστατικά (Volatile Organic Compounds) (VOC), μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και μεθάνιο (CH<sub>4</sub>) (Σαϊτάνης, 1998). Ο σχηματισμός του φωτοχημικού όζοντος στην τροπόσφαιρα προκύπτει από την αρχική οξείδωση των μεταβλητών οργανικών συνθέσεων (VOC) από το ηλιακό φως και υπό την παρουσία νιτρικών οξειδίων NO<sub>x</sub> (=NO και NO<sub>2</sub>). Οι συχνότητες και οι μηχανισμοί οξείδωσης των VOC γενικά είναι γνωστά και ποσοτικοποιούνται μέσω εργαστηριακών μελετών, παρ' όλο που παραμένουν σημαντικές αβεβαιότητες σχετικά με συγκεκριμένες τάξεις των VOC (Fowler *et al*, 1997). Απουσία οξειδίων του αζώτου άλλες φωτοχημικές διαδικασίες όπως η φωτόλυση, οδηγούν στη βραδεία διάσπαση του όζοντος. Όταν οι συγκεντρώσεις είναι χαμηλές, όπως στις απομακρυσμένες περιοχές της υπαίθρου, ο ρυθμός παραγωγής όζοντος εξαρτάται περισσότερο από τις συγκεντρώσεις των NO<sub>x</sub>. Ωστόσο στις μεγάλες πόλεις με έντονα προβλήματα στην κυκλοφορία των αυτοκινήτων η παρουσία των NO<sub>x</sub> είναι πάντα επαρκής και ο σχηματισμός όζοντος εξαρτάται περισσότερο από τις συγκεντρώσεις των VOC (Chameides *et al*, 1992).

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

### 1.5.3 Μηχανισμός σχηματισμού όζοντος

Με την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας γίνεται φωτόλυση του  $\text{NO}_2$  προς σχηματισμό του  $\text{O}_3$  και  $\text{NO}$ , τα οποία επίσης αντιδρούν μεταξύ τους προς επανασχηματισμό του  $\text{NO}_2$ . Επιτυγχάνεται έτσι μια κατάσταση ισορροπίας, στην οποία η συγκέντρωση όζοντος παραμένει αμετάβλητη (Σαϊτάνης, 1998). Η χημεία μετατροπής οξειδωμένων νιτρικών ενώσεων είναι σαφώς ορισμένη και εξηγεί το σχηματισμό μιας σειράς ανόργανων και οργανικών ενώσεων, οι οποίες έχουν το ρόλο της πηγής για  $\text{NO}_x$  και υδρογόνων που περιέχουν ελεύθερες ρίζες. Κατά τη διάρκεια της νύχτας η νιτρική ρίζα ( $\text{NO}_3$ ) παίζει κυρίαρχο ρόλο στη χημεία των οξειδωμένων νιτρικών ενώσεων (Fowler *et al*, 1997). Για να υπάρξει καθαρή παραγωγή, απαιτούνται ρίζες ικανές να αντιδρούν με το  $\text{NO}$  και να το μετατρέπουν σε  $\text{NO}_2$  χωρίς την κατανάλωση  $\text{O}_3$ . Τέτοιες ρίζες προκύπτουν από μια φωτοχημική διαδικασία η οποία αρχικά παράγει ρίζες  $-\text{OH}$ .

Στα ανώτερα στρώματα της τροπόσφαιρας, η αρχική παραγωγή των  $-\text{OH}$  συμβαίνει με τη φωτόλυση του όζοντος και αντίδραση με υδρατμούς ενώ σε τροπόσφαιρα που υπάρχει ρύπανση, η παραγωγή του όζοντος συμβαίνει με τη φωτόλυση αλδεϋδων ή νιτρωδών. Τα  $-\text{OH}$  που δημιουργούνται αντιδρούν με  $\text{CO}$  ή με μεθάνιο και δίνουν υπεροξυρίζες ( $\text{HO}_2$ ) ή με άλλους πλην μεθανίου υδρογονάνθρακες και δίνουν επίσης υπεροξυρίζες ( $\text{RO}_2$ ,  $\text{HO}_2$ ). Οι υπεροξυρίζες είναι πολύ δραστικές και αντιδρούν με το  $\text{NO}$  και το μετατρέπουν σε  $\text{NO}_2$  χωρίς τη δαπάνη  $\text{O}_3$ . Έτσι απομένουν λιγότερα μόρια  $\text{NO}$  να αντιδράσουν με τα μόρια του  $\text{O}_3$ , επιτρέποντας την καθαρή αύξηση της συγκέντρωσης του όζοντος (Σαϊτάνης, 1998).

Παρότι το  $\text{O}_3$  είναι ένας ρύπος που σχηματίζεται τοπικά, τόσο η μεταφορά των ρύπων από τις αστικές περιοχές, όσο και η μεταφορά του από την ελεύθερη τροπόσφαιρα ή τη στρατόσφαιρα ή ακόμα και ο επιτόπιος σχηματισμός του μπορούν να αυξήσουν σημαντικά τη

συγκέντρωσή του στις αγροτικές και απομακρυσμένες περιοχές (Σαϊτάνης, 1998).

## 2. ΟΖΟΝ – ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΕ ΦΥΤΑ, ΑΝΘΡΩΠΟ, ΥΛΙΚΑ

### 2.1 Το όζον ως φυτοτοξικός ρύπος

Η φυτοτοξικότητα του όζοντος αποτελεί αντικείμενο μελέτης στα πλαίσια των μη παρασιτικών ασθενειών. Η ένταση και το είδος των συμπτωμάτων εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες και διαφέρουν μεταξύ των ειδών αλλά και των ποικιλιών. Μεταξύ των επιπτώσεων του όζοντος στα φυτά αναφέρονται νεκρωτικές χλωρωτικές κηλίδες στα φύλλα, μείωση της φωτοσυνθετικής λειτουργίας, μείωση της αγωγιμότητας των στοματίων κ.α. Προϋπόθεση για την εμφάνιση τοξικότητας στα φυτά είναι τα κύτταρά τους να έρθουν σε επαφή με τοξικές ουσίες. Υπάρχουν τρεις δυνατοί τρόποι μέσω των οποίων ουσίες μπορούν να εισέλθουν των φυτών, αυτοί είναι: πρόσληψη από το έδαφος μέσω των ριζών, επιδερμική διείσδυση και πρόσληψη μέσω των στομάτων. Δεδομένου ότι η πρόσληψή του όζοντος από το έδαφος είναι αμελητέα (Jaker *et al*, 1992), ο κύριος τρόπος εισόδου του στο φυτό είναι τα στομάτια και ελάχιστα μέσω της επιδερμίδας.

Η συνεχώς αυξανόμενη συγκέντρωση του όζοντος, κυρίως στο Βόρειο ημισφαίριο του πλανήτη μας, ώθησε τους επιστήμονες να προβούν σε ερευνητικές δραστηριότητες για την ανίχνευση των επιπέδων του και τη διερεύνηση της επίδρασής του σε πολλά είδη φυτών, με έμφαση στα καλλιεργούμενα.



## 2.2 Επίδραση όζοντος στη φυσιολογική λειτουργία του φυτού

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

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

Το O<sub>3</sub> κατά την πορεία εισόδου του στα φυτά, έρχεται σε επαφή με την εφυμενίδα και τα στομάτια των φύλλων, αντιδρά με τα συστατικά της εφυμενίδας προκαλώντας καταστροφή της επιφάνειάς της και προκαλεί απώλεια K<sup>+</sup> στα καταφρακτικά κύτταρα, με αποτέλεσμα την απώλεια σπαργής τους. Έτσι, τα στομάτια κλείνουν παρεμποδίζοντας την περαιτέρω είσοδο του O<sub>3</sub> στα φυτά.

Ο μηχανισμός μεταφοράς του όζοντος μεταξύ του ανώτερου εξωτερικού επιφανειακού στρώματος του ελάσματος και του εσωτερικού στρώματος του φυλλικού ιστού, γίνεται μέσω μοριακής διάσπασης. (Karenlampi and Skarby, 1996). Το O<sub>3</sub> περνώντας από τα στομάτια εισέρχεται στον υποστομάτιο μεσοκυττάριο χώρο και διαλύεται στο νερό που περιέχεται στο χώρο αυτό. Εκεί παρατηρείται η αποδόμηση του εξαιτίας της αντίδρασης του με το νερό, δίνοντας «δραστικές ρίζες οξυγόνου», οι οποίες μπορούν να οξειδώσουν πολλούς κυτταρικούς μεταβολίτες και να επιδράσουν σε συστατικά των μεμβρανών, όπως είναι οι ομάδες -SH, τα αμινοξέα και τα ακόρεστα λιπαρά οξέα (Heath, 1975). Οι ελεύθερες ρίζες μπορούν να

αντιδράσουν με ένζυμα, μερικά εκ των οποίων σχετίζονται με τη φωτοσύνθεση και άλλες μεταβολικές διεργασίες (Bennett, 1984).

Το  $O_3$  δεν αντιδρά με το κυτταρικό τοίχωμα (το οποίο είναι αδρανές), περνώντας όμως στο πλασμάλημα είναι ενεργό να αντιδράσει με τα συστατικά του κυτοπλάσματος και των μεμβρανών του. Πιο γρήγορα προσβάλλονται οι διπλές μεμβράνες του ενδοπλασματικού δικτύου, αλλά πιο έντονα οι χλωροπλάστες (Ledbetter *et al*, 1959). Οι θυλακοειδείς μεμβράνες των χλωροπλάστων είναι εξαιρετικά ευαίσθητες κυρίως λόγω των -SH ομάδων. Στις θυλακοειδείς μεμβράνες ενεργούν ένζυμα, τα οποία διευκολύνουν τις αντιδράσεις της φωτοσυνθετικής λειτουργίας. Είναι προφανές ότι οποιαδήποτε μεταβολή αυτών των μεμβρανών θα έχει δυσμενείς επιδράσεις στη φωτοσύνθεση.

Η απόδοση των φυτών που εκτίθενται στο  $O_3$  μπορεί να μειώνεται λόγω του κλεισίματος των στοματίων ή λόγω βλαβών του φωτοσυνθετικού μηχανισμού. Πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι η έκθεση των φυτών στο  $O_3$  προκαλεί αρχικά τουλάχιστον μερικό κλείσιμο των στοματίων (Aben *et al*, 1990, Gillespie and Winner, 1989), παρόλο που υπάρχουν ανακοινώσεις ότι η φωτοσυνθετική διαδικασία είναι αυτή που επηρεάζεται πρώτα (Farage *et al.*, 1991).

Οι περισσότερες εργασίες που ασχολήθηκαν με τις επιπτώσεις του  $O_3$  στα φυτά τόσο σε συνθήκες υπαίθρου όσο και εργαστηρίου οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι η αγωγιμότητα των στοματίων μειώνεται εξαιτίας του  $O_3$  (Yunus and Yqbal, 1996).

Πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν και άλλες κυτοπλασματικές ουσίες που προσβάλλονται από το  $O_3$  όπως οι πρωτεΐνες, τα οργανικά οξέα, οι υδατάνθρακες και τα μιτοχόνδρια με τις μεμβράνες τους αλλά σε μικρότερο βαθμό σε σχέση με τους χλωροπλάστες. Παρακάτω παρουσιάζονται βήμα προς βήμα οι φυσιολογικές και βιοχημικές διαδικασίες που επηρεάζονται από αέριους ρύπους:

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

2. **Διαμερισμός αφομοίωσης:** Ποσοστό βλαστών – ριζών, εξειδικευμένες φυλλικές περιοχές, ποσοστό βάρους φύλλων, ποσοστό φλοιώματος(sarwood).
3. **Αναπνοή:** Διατήρηση και ανάπτυξη.
4. **Νέκρωση ιστών:** Απώλεια φύλλων (φυλλόρροια) και ριζιδίων, πρόωρη γήρανση και abscission (αποκοπή), μετατροπή φλοιώματος σε εντεριώνη .(sarwood to heartwood)
5. **Μετατροπή της αφομοίωσης στο φυτικό ιστό:** Ποσοστό φυλλικής επιφάνειας, ειδικό μήκος ριζών κλπ (Jaker *et al*, 1992).

### 2.3 Αντίδραση των φυτών στο όζον

Είναι γενικά αποδεκτό πως το ποσό της διάσπασης του  $O_3$  στο φύλλο εξαρτάται είτε από τη διαφορά μεταξύ της συγκέντρωσης  $O_3$  στο όριο της φυτόσφαιρας (envelope) και της συγκέντρωσης  $O_3$  μέσα στα κύτταρα του φύλλου, είτε από την αγωγιμότητα του φύλλου.

Οποιαδήποτε αντίδραση του φυτού κατά την έκθεση του στο  $O_3$  είναι απόρροια της δραστικής δόσης μέσα στον ιστό (των ενεργών ποικιλιών) και της ικανότητας αποκατάστασης του οργάνου, η οποία είναι ένας μηχανισμός άλλων παραγόντων που τροποποιούν το αποτέλεσμα (π.χ. ταυτόχρονη παρουσία άλλων ρύπων ή βιοτικών επιδράσεων, βλ.: 2.3.1.).

**Ανταπόκριση φυτού =  $f$ (δραστική δόση, ικανότητα αποκατάστασης)**

Η δραστική δόση  $O_3$  , η οποία δεν μπορεί να προσδιοριστεί στα φυτικά και εδαφικά συστήματα, εξαρτάται απ' την ποσότητα διάσπασης του όζοντος στο εσωτερικό των φύλλων (απορροφημένη δόση) και είναι ένας μηχανισμός της ποσότητας αποτοξίνωσης :

**Δραστική δόση =  $f$ (απορροφημένη δόση, αποτοξινωτική ικανότητα)**

Οι δυνατότητες αποκατάστασης και αποτοξίνωσης προσδιορίζονται απ' το γενότυπο του αντίστοιχου φυτού και εξαρτώνται από παράγοντες όπως η θρεπτική κατάσταση και το στάδιο ανάπτυξής του. Η ποσότητα πρόσληψης (απορροφημένη δόση) είναι μια σύνθετη λειτουργία της συγκέντρωσης όζοντος στο όριο της φυτόσφαιρας (envelope) του αντίστοιχου φυτικού/εδαφικού συστήματος και της αγωγιμότητας των φύλλων.

**Απορροφημένη δόση =  $f$ (συγκέντρωση  $O_3$  στο όριο της φυτόσφαιρας του φυτικού/εδαφικού συστήματος, αγωγιμότητα των φύλλων)**

Εάν οι απορροφημένες δόσεις ξεπεράσουν τα φυσιολογικά επίπεδα (κρίσιμα επίπεδα) το φυτό υφίσταται στρες. Σε μια -δεδομένη στιγμή η αγωγιμότητα εξαρτάται από την ποικιλία του φυτού, το γενότυπο και το στάδιο ανάπτυξης, τους πραγματικούς εδαφικούς παράγοντες καθώς και τις πραγματικές συνθήκες του φυσικού κλίματος.

Η επίδραση του όζοντος μπορεί να είναι χρόνια ή άμεση. (Karenlampi and Skarby, 1996). Η άμεση προκαλείται από μικρής διάρκειας επεισόδια ατμοσφαιρικής ρύπανσης και συνήθως αναφέρονται συμπτώματα στα φύλλα (Krupa, 1997). Συνεχές -ήπιας μορφής- στρες μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγές στη διαπνοή των φυτών (π.χ. αλλαγές στη συμπεριφορά των στομάτων) ή σε τροποποίηση της αποτοξίνωτικής τους δυνατότητας. Χρόνια ή μακράς διάρκειας έκθεση, σε σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις ρύπων διακοπτόμενες από σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων, μπορεί να συνοδεύεται από εμφανή συμπτώματα αλλά και όχι (Πίνακας 2.1) (Karenlampi L. και Skarby L., 1996).

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1:** «Επιπτώσεις όζοντος σε φυτικές λειτουργίες και χαρακτηριστικά».

Χαρακτηριστικά φυτού	Αποτελέσματα
Φωτοσύνθεση	Μειώνεται στα περισσότερα είδη
Φυλλική αγωγιμότητα	Μειώνεται σε ευαίσθητα είδη και καλλιέργειες
Αποδοτικότητα χρήσης νερού	Μειώνεται σε ευαίσθητα είδη
Επιφάνεια φύλλου	Μειώνεται σε ευαίσθητα είδη
Ειδικό βάρος φύλλων	Αυξάνεται σε ευαίσθητα είδη
Βαθμός ωριμότητας καλλιέργειας	Μειώνεται
Άνθηση	Μείωση καρπόδεσης, παραγωγής ανθών και καρπών, καθυστέρηση καρπόδεσης.
Παραγωγή ξηράς ουσίας	Μειώνεται στα περισσότερα είδη
Ευαισθησία μεταξύ ειδών	Μεγάλη ποικιλομορφία
Ευαισθησία μεταξύ καλλιεργειών	Συχνά μεγάλη ποικιλομορφία
Ευαισθησία σε στρες ξηρασίας	Τα φυτά γίνονται λιγότερο ευαίσθητα στο όζον αλλά περισσότερο ευαίσθητα στη ξηρασία
Ευαισθησία σε στρες θρεπτικών στοιχείων	Τα φυτά γίνονται πιο επιρρεπή στο όζον

Πηγή: Runeckles & Krupa, 1994

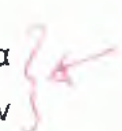
### 2.3.1 Ταυτόχρονη παρουσία όζοντος και βιοτικών-αβιοτικών παραγόντων

Απώλειες στη φυτική παραγωγή λόγω ταυτόχρονης επίδρασης βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων, ξεπερνούν τις υπολογιζόμενες απώλειες που προκύπτουν από την ατμοσφαιρική ρύπανση μεμονωμένα. Παρόλα αυτά, οποιαδήποτε τροποποίηση της αντίδρασης των καλλιεργειών σε τέτοιους παράγοντες, που προκύπτουν από την ατμοσφαιρική ρύπανση, ενδέχεται σοβαρών



οικονομικών συνεπειών. Η παρούσα γνώση επανεξετάζεται όσον αφορά στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των αέριων ρύπων και των συνήθων αβιοτικών παραγόντων – ξηρασία, παγετός, αλατότητα – και των βιοτικών παραγόντων – εντόμων (με έμφαση τις αφίδες, μυκήτων, ιών και βακτηριακών παθογόνων. Οι ενδείξεις αυτών των αλληλεπιδράσεων για την απόδοση των καλλιεργειών και οι στρατηγικές ελέγχου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι υπό μελέτη.

Ακολουθεί συνοπτική περιγραφή της αλληλεπίδρασης των αβιοτικών παραγόντων με τους αέριους ρύπους (όζον) και οι συνακόλουθες συνέπειες στα φυτά.

- **Ξηρασία:** Είναι ευρέως αποδεκτό ότι η έλλειψη νερού προστατεύει από την επίδραση του όζοντος λόγω του ότι προκαλεί το κλείσιμο των στομάτων.
- **Παγετός:** Τεκμηριωμένα στοιχεία δείχνουν ότι το όζον μπορεί να αυξήσει την επιρρέπεια των φυτών στον παγετό. Δεν εμφανίζεται μόνο σχέση μεταξύ της μείωσης της θερμοκρασίας υπό τους 0°C και την πιθανότητα ζημιάς, αλλά και μεταξύ των συγκεντρώσεων όζοντος και της τελευταίας παραμέτρου, επιδεικνύοντας μια καθαρή σχέση δόσης/αντίδρασης όσον αφορά στην ευαισθησία των φυτών.
- **Αλατότητα:** Σε πολλές περιπτώσεις έχει φανεί να υπάρχει μία ανταγωνιστική επίδραση με τους αέριους ρύπους ως προς την ανάπτυξη των φυτών. 

Όσον αφορά στους βιοτικούς παράγοντες μπορούμε γενικά να πούμε ότι υπάρχουν υποψίες ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση επηρεάζει το βαθμό της προσβολής των φυτών από παθογόνα και εχθρούς. Πιο συγκεκριμένα:

- **Μύκητες:** Υπάρχει μεγάλη διαφοροποίηση της αντίδρασης των φυτών στην ατμοσφαιρική ρύπανση αναλόγως του είδους του παθογόνου με το οποίο αλληλεπιδρά. Είναι δύσκολο να γενικεύσουμε

τις συνέπειες που μπορεί να έχει αυτού του είδους η αλληλεπίδραση εφόσον έχουν αναφερθεί και θετικά και αρνητικά αποτελέσματα.

- **Βακτήρια και ιοί:** Σε κάποιες περιπτώσεις οι ρύποι έχουν μειώσει την απόδοση ή τις συνέπειες των βακτηρίων. Οι ιοί έχουν δείξει μια ασυνήθιστη αντίδραση στο όζον. Υπάρχουν στοιχεία που δείχνουν ότι προσφέρουν προστασία σε κάποιο βαθμό έναντι του όζοντος.

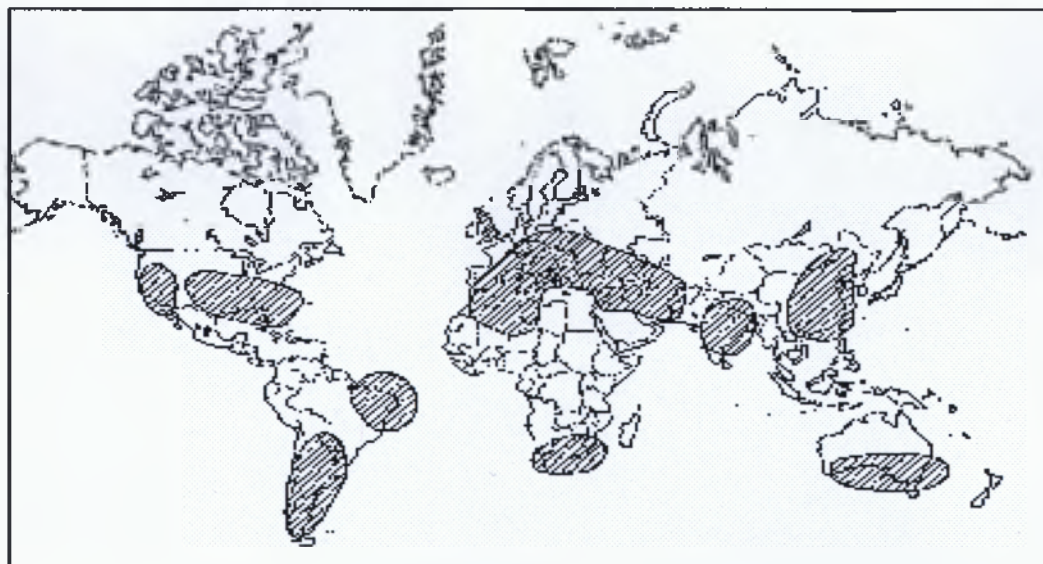
- **Έντομα:** Στην περίπτωση του όζοντος έχουν παρατηρηθεί και μείωση και αύξηση της απόδοσης για την ίδια περίπτωση αφίδας/ξενιστή, η κατεύθυνση και το μέγεθος της οποίας επηρεάζεται από ένα σύνολο παραγόντων, όπως η συγκέντρωση, η διάρκεια και η περιοδικότητα (συχνότητα) του ρύπου καθώς και η επικρατούσα θερμοκρασία (Jaker *et al*, 1992).

## 2.4 Παθογνωμονικά συμπτώματα

### 2.4.1 Εμφάνιση συμπτωμάτων σε παγκόσμια κλίμακα (με έμφαση τη Μεσόγειο)

Από το 1960, καθώς τα αστικά κέντρα και οι βιομηχανίες συνέχιζαν να αναπτύσσονται, ένας αυξανόμενος αριθμός αναφορών εμφανίστηκε για πρόκληση απ' το  $O_3$  συμπτωμάτων σε ευαίσθητα φυτά σε χώρες όπως Αυστραλία, Καναδάς, Γερμανία, Μεγάλη Βρετανία, **Ελλάδα**, Ινδία, Ισραήλ, Ιταλία, Ιαπωνία, Μεξικό, Ολλανδία, Πολωνία, Ισπανία και Ουκρανία (Κγυρα, 1997).

**ΧΑΡΤΗΣ 2.1:** «Καταγραφή συμπτωμάτων όζοντος παγκοσμίως»



Πηγή: (Κγυρα, 1997).

Το φαινόμενο της φωτοχημικής ρύπανσης δεν είναι μόνο θέμα εκπομπών πρωτογενών ρύπων, αλλά και του τοπογραφικού και του μικροκλίματος κάθε περιοχής. Στη ζώνη της Μεσογείου και ειδικότερα στη χώρα μας είναι γνωστό ότι το έντονο πρόβλημα της φωτοχημικής ρύπανσης εξαρτάται κυρίως από την έντονη ηλιοφάνεια και τη μεγάλη

τοπογραφική ποικιλομορφία που βοηθούν στο σχηματισμό των δευτερογενών φωτοχημικών ρύπων, όπως του όζοντος. Ο Βελισσαρίου Δ. (*et al*, critical levels) εργάστηκαν στον κάμπο της Θεσσαλίας (350km βόρεια της Αθήνας) όπου κατέγραψαν ορατά συμπτώματα όζοντος σε καλλιέργειες πεπονιού, καρπουζιού, κρεμμυδιού, μαϊντανού, καπνού, καλαμποκιού και τριφυλλιού, αλλά και σε βαμβάκι (Βελισσαρίου *et al*, 1995). Επίσης ο Βελισσαρίου έχει παρατηρήσει συμπτώματα, σε σταφύλια, πατάτες, σιτάρι, κολοκύθι, παντζάρι και μαρούλι, σε άλλες περιοχές της Ελλάδας

Πολλές εργασίες, στο ίδιο αντικείμενο, έχουν πραγματοποιηθεί στην περιοχή της Μεσογείου για να δώσουν την έκταση των εμφανών συμπτωμάτων όζοντος. Στην Ιταλία μια εργασία πραγματοποιήθηκε στην Τοσκάνη απ' τους Lorenzini (*et al*, 1984). Μια πιο εκτενής εργασία έγινε από τους Gimeno (*et al*, critical levels, 1995) στην ανατολική Ισπανία καλύπτοντας μία περιοχή 24000 km<sup>2</sup>, χρησιμοποιώντας ως βιοδείκτες καλλιέργειες καρπουζιού (Karenlampi and Skarby, 1996).

#### 2.4.2 Διάγνωση συμπτωμάτων

Το O<sub>3</sub> εισέρχεται στα φύλλα μέσα από τα στόματα κατά τη διάρκεια της φυσιολογικής ανταλλαγής αερίων. Ως ισχυρό οξειδωτικό, το O<sub>3</sub> (ή τα δευτερογενή παράγωγά του, προερχόμενα από την οξείδωση του, όπως οι ελεύθερες ρίζες) προκαλεί διάφορους τύπους συμπτωμάτων, τα οποία εξαρτώνται από τη διάρκεια της έκθεσης και το είδος του φυτού. Ως έχει προαναφερθεί, τα παθογνωμονικά συμπτώματα χωρίζονται σε χρόνια και άμεσα. Τα **άμεσα** συμπτώματα περιλαμβάνουν τη νέκρωση των κυττάρων και εμφανίζονται μέσα σε μερικές ώρες ή ημέρες συνεχούς έκθεσης εκφράζονται ως στίγματα (μικρές ανοιχτόχρωμες ή και σκούρες φυσικά χρωματισμένες περιοχές διαμέτρου 2-4mm κατά προσέγγιση), κηλίδες (μικροσκοπικά καστανά

σημάδια διαμέτρου μικρότερης από 1mm), αργυρώσεις και αμφίπλευρες νεκρώσεις, που συνήθως συνδέονται με έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις  $O_3$ . Τα χρόνια συμπτώματα τυπικά εμφανίζονται πιο αργά, μέσα σε μέρες, εβδομάδες ή και μήνες συνεχούς έκθεσης, και μπορεί να εκφραστούν ως χλωρώσεις, στίγματα, πρόωρη γήρανση και νέκρωση (Karenlampi and Skarby, 1996).

Τα συμπτώματα όζοντος συνήθως παρατηρούνται μεταξύ των νευρώσεων στη άνω επιφάνεια των μεγαλύτερων ή μέσης ηλικίας φύλλων, αλλά επίσης μπορεί να συμβούν και στις δύο επιφάνειες του φύλλου σε μερικά είδη. Ο τύπος και η σοβαρότητα της καταπόνησης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες συμπεριλαμβανομένων της διάρκειας και της συγκέντρωσης στην έκθεση στον όζον, τις καιρικές συνθήκες που ευνοούν το άνοιγμα των στοματίων, και τα γενετικά χαρακτηριστικά του φύλλου (κυρίως ο αριθμός στοματίων). Ένα ή όλα αυτά τα συμπτώματα μπορεί να συμβούν σε μερικά είδη ανάλογα με τις συνθήκες, και συγκεκριμένα συμπτώματα στο ένα είδος μπορεί να διαφέρουν από τα ίδια συμπτώματα στο άλλο. Με διαρκή καθημερινή έκθεση στο  $O_3$ , κλασικά συμπτώματα (στίγματα, κηλίδες, αργυρώσεις, και ερυθρώσεις) βαθμιαία ακολουθούνται από χλώρωση και νέκρωση (Karenlampi and Skarby, 1996).

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2:** «Συμπτώματα όζοντος»

<b>Κατηγορία φυτών</b>	<b>Συμπτώματα</b>
Δικοτυλήδονα	Μικρές κηλίδες ή στίγματα στη άνω επιφάνεια
Μονοκοτυλήδονα	Χλωρωτικά σημάδια ή λευκές κηλίδες μεταξύ των νευρώσεων ή και σε ολόκληρο το φύλλο.
Κωνοφόρα	Κιτρινόχροες κηλιδώσεις στις βελόνες – Νέκρωση των άκρων τους.

Πηγή: (Karenlampi and Skarby, 1996)



Μελέτες σε υπαίθριες καλλιέργειες έχουν επανειλημμένως επιβεβαιώσει ότι η δημιουργία κηλίδων, στιγμάτων, αργυρώσεων και ερυθρώσεων στα φύλλα των φυτών είναι τυπικά συμπτώματα τοξικότητας όζοντος. Φυτά που αναπτύσσονται υπό κάλυψη και λαμβάνουν αέρα φιλτραρισμένο με ενεργό άνθρακα (CF) για να μειωθούν οι συγκεντρώσεις όζοντος, δεν εμφανίζουν συμπτώματα τα οποία συμβαίνουν σε φυτά που αναπτύσσονται σε υπαίθριες καλλιέργειες. (Διαδίκτυο 3)

## **2.5 Επιπτώσεις όζοντος στην υγεία του ανθρώπου**

Το όζον αποτελεί έναν από τους πιο τοξικούς αέριους ρύπους και η έκθεση σε μη φυσιολογικές συγκεντρώσεις επηρεάζει την ανθρώπινη υγεία. Οι επιπτώσεις του έχουν μελετηθεί εκτενώς τόσο σε χώρες του εξωτερικού (Schwartz *et al*, 1994) όσο και στην Ελλάδα (Touloumi *et al*, 1994).

Η εισπνοή ακόμα και μικρών συγκεντρώσεων όζοντος μπορεί να προκαλέσει οξύ αναπνευστικό πρόβλημα, να επιτείνει το άσθμα, να προκαλέσει φλεγμονή του πνεύμονα και να οδηγήσει σε εισαγωγή στο νοσοκομείο (10-20% του συνόλου των περιστατικών που επισκέπτονται τα νοσοκομεία με αναπνευστικά προβλήματα στη Βορειοανατολική Αμερική, συσχετίζονται με τη ρύπανση του όζοντος). Παράλληλα ίσως υπάρχει μια αρχή (έναρξη) της επίδρασης στα 40-60ppb όζοντος, σε 8 ώρες μέσης συγκέντρωσης.

Μια πρόσφατη έρευνα έδειξε ότι τα επίπεδα όζοντος στο Λονδίνο σχετίζονται με τις διακυμάνσεις των ημερήσιων ποσοστών θνησιμότητας. Πιο ειδικά εξασθενεί το ανοσοποιητικό σύστημα κάνοντας τους ανθρώπους περισσότερο ευαίσθητους σε αναπνευστικές ασθένειες συμπεριλαμβανομένης της βρογχίτιδας και της πνευμονίας. Σε κάποιους ενήλικες επιφέρει σημαντική προσωρινή μείωση της αναπνευστικής ικανότητας του πνεύμονα πάνω από 15 ως

20% (Environmental Protection Agency) (EPA, 1997). Τέλος ο συνδυασμός όζοντος και όξινου αεροζόλ μπορεί να έχει χειρότερες επιπτώσεις απ' ότι μεμονωμένα το όζον (Σαϊτάνης, 1998), (Krupa, 1997), (Fowler *et al*, 1997).

### **2.6. Επιπτώσεις όζοντος στα υλικά**

Το όζον έχει καταστρεπτικές επιδράσεις σε συγκεκριμένα υλικά όπως τα πολυμερή, τα ελαστικά (καουτσούκ), τις επιφάνειες υφασμάτων και τα υφαντουργικά προϊόντα. Σε συνδυασμό με ρύπους θείου και αζώτου έχει φανεί ότι τα μέταλλα οξειδώνονται ενώ με θεικές ενώσεις διαβρώνονται ορισμένα πετρώματα. Η υλική καταστροφή είναι συνδυασμένη με τη μέση συγκέντρωση όζοντος η οποία όμως είναι χαμηλότερη σε αστικές περιοχές όπου η παρουσία των υλικών που επηρεάζονται είναι μεγαλύτερη. Καθώς λαμβάνονται μέτρα ελέγχου της εκπομπής VOCs και NOx, που σε αστικές περιοχές καταστρέφουν (ανάγουν) το όζον, τα επίπεδα όζοντος μπορεί να αυξηθούν στις αστικές περιοχές με ανάλογη αύξηση του κόστους των υλικών ζημιών (Fowler *et al*, 1997).



### 3. ΤΟ ΟΖΟΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

#### 3.1. Μεταφορά αέριων ρύπων

Κατά τις τελευταίες δυο δεκαετίες έχει υπάρξει μια σαφής διαπίστωση ότι οι επιπτώσεις των αέριων ρύπων στο περιβάλλον δεν οφείλονται αποκλειστικά και μόνο στην παραγωγή τους σε τοπικό επίπεδο, αλλά προέρχονται και από τη μεταφορά τους σε μεγάλες αποστάσεις πέρα των εθνικών ορίων (Jaker *et al*, 1992).

Αέριοι ρύποι, όπως το  $\text{SO}_2$  και το  $\text{O}_3$ , εναποτίθενται σε επιφάνειες με διάχυση (βαθμιαία ανάμιξη μορίων δύο ή περισσότερων ουσιών στον αέρα σαν αποτέλεσμα τυχαίας κίνησης). Η διάχυση εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες (όπως θερμοκρασία αέρα) και από την επιφάνεια (π.χ. τραχύτητα). Υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων στην ατμόσφαιρα δε σημαίνει απαραίτητα υψηλές συγκεντρώσεις στην επιφάνεια και αυτό γιατί οι μετεωρολογικές συνθήκες που οδηγούν στην εμφάνιση υψηλών συγκεντρώσεων ακόμα και δευτερογενών ρύπων δεν είναι απαραίτητα ιδανικές για τη μέγιστη εισροή ή εναλλαγή όζοντος μεταξύ ατμόσφαιρας και επιφάνειας.

Η συνεχής παρουσία δευτερογενών ρύπων στην ατμόσφαιρα σημαίνει ότι μπορούν να μεταφερθούν πέρα από γεωγραφικά όρια νομών, γεωγραφικών διαμερισμάτων και κρατών (διασυνοριακή ρύπανση). Αυτά τα φαινόμενα εξαρτώνται από την συγκέντρωση και την ένταση της εκπομπής των πρωτογενών ρύπων, τις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες μεταφοράς και των διαδικασιών εναπόθεσης και το ρυθμό μετατροπής των πρωτογενών σε δευτερογενείς ρύπους.

### 3.2 Ανάγκες για διεθνή συνεργασία

Οι αποστάσεις μεταφοράς των αέριων ρύπων και των πρόδρομων τους, καθώς και τα στάδια της φωτοχημικής δημιουργίας του όζοντος οδηγούν σε μεγάλες διακυμάνσεις μεταφοράς του όζοντος και άλλων φωτοχημικών οξειδωτικών ουσιών σε όλη την Ευρώπη. Κατά συνέπεια μοιραζόμαστε τον ίδιο αέρα και τους συμπεριλαμβανόμενους αέριους ρύπους. Το όζον είναι ο σημαντικότερος αέριος ρύπος σε όλη την Ευρώπη και οι συγκεντρώσεις συχνά ξεπερνούν το κατώφλι των επιπτώσεων στην γεωργία και την ανθρώπινη υγεία, ιδίως κατά τη διάρκεια του Καλοκαιριού στις περισσότερες περιοχές (Fowler *et al*, 1997).

Από τα παραπάνω συνεπάγεται ότι πρέπει να παρθούν ορισμένα μέτρα ελέγχου για τη μείωση της παραγωγής αυτών των ρύπων καθώς και των επιπτώσεών τους στο περιβάλλον, τα οποία πρέπει να εφαρμοστούν σε διεθνές επίπεδο. Στην Ευρώπη, ένας σημαντικός φορέας για την ανάπτυξη και το συντονισμό αυτών των στρατηγικών, είναι η Οικονομική Επιτροπή για την Ευρώπη των Ηνωμένων Εθνών (UNECE =The United Nations Economic Commission of Europe), μέσα από μια διεθνή συμφωνία που έγινε στα πλαίσια της συνθήκης της Γενεύης για τη διασυνοριακή μεταφορά ρύπων μεγάλου βεληνεκούς, η οποία υιοθετήθηκε επισήμως το 1979.

Η μεθοδολογία που υιοθετήθηκε στη UNECE, για να προσφέρει μία πιο αντικειμενική βάση για τις διεθνείς διαπραγματεύσεις σχετικά με τον έλεγχο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, είναι αυτή των κρίσιμων φορτίων και επιπέδων. Ο καθορισμός των κρίσιμων φορτίων και επιπέδων συγκριτικά με το βαθμό των παρόντων εναποθέσεων των ρύπων ή των ατμοσφαιρικών συγκεντρώσεων, ή αυτών που έχουν προβλεφθεί από πιθανές στρατηγικές ύφεσης, παίζουν σημαντικό ρόλο στις διαπραγματεύσεις νέων πρωτοκόλλων για τον έλεγχο των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα, των οξειδίων του αζώτου και των οργανικών ενώσεων άνθρακα (VOCs), τα οποία συμφωνούνται από τη UNECE. Τα κρίσιμα φορτία αναφέρονται στη συνολική

εναπόθεση του άνθρακα και του αζώτου και πρωτίστως στοχεύουν στην αποτροπή της οξείδωσης των ευαίσθητων χερσαίων και θαλάσσιων οικοσυστημάτων, όπου τα κρίσιμα επίπεδα αναφέρονται στις άμεσες συνέπειες των ατμοσφαιρικών ρύπων στη βλάστηση (Jaker *et al*, 1992).

### **3.3 Παράγοντες που επηρεάζουν τις συγκεντρώσεις όζοντος**

- Οι μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις όζοντος στο UK ποικίλουν ανάλογα με την περιοχή και την τοπογραφία. Οι μεγαλύτερες μέσες συγκεντρώσεις συμβαίνουν στην επαρχία και σε όλες τις περιοχές αυξάνουν με το υψόμετρο.
- Οι μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις όζοντος είναι γενικά χαμηλότερες στις αστικές περιοχές σε ένα μέσο όρο 20–40 % σε σχέση με τη συγκέντρωση των γειτονικών επαρχιακών περιοχών, που αναλογεί σε 5 με 10 ppb μείωση.
- Οι συγκεντρώσεις όζοντος είναι, κατά μέσο όρο, μεγαλύτερες σε παράλιες περιοχές κατά 20% περίπου. Η επίδραση περιορίζεται στην περιοχή, σε απόσταση 5–10 km από την παραλία.
- Υπάρχουν καθαροί ετήσιοι και ημερήσιοι κύκλοι στη συγκέντρωση του όζοντος στο UK (και σε όλη την Ευρώπη) με μέγιστη κατά την Άνοιξη και ελάχιστη το Φθινόπωρο, και με μέση μέγιστη κατά το απόγευμα και βραδινή ελάχιστη αντίστοιχα.
- Στις αστικές περιοχές, η παρουσία του O<sub>3</sub> βρίσκεται γενικώς σε χαμηλότερα επίπεδα, κυρίως εξαιτίας της αναγωγής του από άλλους ρύπους όπως το NO.(Fowler *et al*, 1997).

### 3.4 Κρίσιμα επίπεδα όζοντος

Εξαιτίας της μεγάλης σοβαρότητας του προβλήματος των επιπτώσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στα φυτά, δημιουργήθηκε η ανάγκη σε Ευρωπαϊκούς αλλά και Παγκόσμιους φορείς, όπως ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών, να προσδιοριστούν **δείκτες επικινδυνότητας** για κάθε αέριο ρύπο που άμεσα ή έμμεσα επηρεάζει δυσμενώς την παραγωγή των καλλιεργειών ή διαταράζει τους μηχανισμούς αειφορίας των φυσικών οικοσυστημάτων. Οι δείκτες αυτοί θέτουν τα όρια "ανοχής" του ρύπου, πέρα από τα οποία αναμένονται δυσμενείς επιπτώσεις (Βελισσαρίου Δ., 2000). Για την καθιέρωση τους χρειάζεται η ύπαρξη μιας στερεής επιστημονικής βάσης και είναι απαραίτητο οι δείκτες αυτοί να αποδίδουν την έκθεση των φυτών στο όζον σε πραγματικές συνθήκες, καθώς και να είναι οι ίδιοι διεθνώς (Karenlampi and Skarby, 1996).

Ο προσδιορισμός του περιβαλλοντικού κινδύνου, που συνδέεται με την επίδραση του όζοντος στα φυτά, βασίζεται στη "λογική" των κρίσιμων επιπέδων. Τα κρίσιμα επίπεδα καθορίζονται με τη χρήση του δείκτη ΑΟΤ40, δηλαδή την αθροιστική έκθεση σε πάνω από 40ppb όζοντος κατά τη διάρκεια της περιόδου ανάπτυξης του φυτού.

Τα Κρίσιμα Επίπεδα όζοντος για τα φυτά στην Ευρώπη ορίστηκαν στο τελευταίο Συνέδριο Εργασίας στη Φιλανδία τον Απρίλιο του 1996 (Βελισσαρίου Δ., 2000), όπου και συμφωνήθηκε να προλαμβάνουν τις ζημιές στις πιο ευαίσθητες παραγωγικές καλλιέργειες, δάση και τη φυσική βλάστηση.

Υπέρβαση των κρίσιμων επιπέδων δεν σημαίνει ότι θα υπάρξει καταστροφή στις καλλιέργειες, αλλά ότι υπάρχει η πιθανότητα ζημιών για τις ευαίσθητες ποικιλίες. Επίσης ο βαθμός υπέρβασης των κρίσιμων επιπέδων δεν μπορεί απευθείας να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της έκτασης των ζημιών ή για τον προσδιορισμό των οικονομικών επιπτώσεων του όζοντος στις καλλιέργειες. Αυτό συμβαίνει επειδή ο βαθμός της βλάβης των φυτών από την έκθεση σε υψηλά επίπεδα όζοντος σχετίζεται με την «επιδεκτικότητα» των

φυτών στο ρύπο εξαιτίας του ανοίγματος των στοματίων που, με τη σειρά του, σχετίζεται με την επάρκεια νερού. Αποτέλεσμα αυτού του γεγονότος είναι ότι καταβάλλονται πλέον προσπάθειες ώστε στα Κρίσιμα Επίπεδα όζοντος να λαμβάνεται υπόψη και οι εκάστοτε συνθήκες που επηρεάζουν τη στοματική αγωγιμότητα των φυτών.

Οι τιμές του δείκτη ΑΟΤ40 υπολογίζονται για ένα διάστημα 3-6 μηνών της περιόδου ανάπτυξης, αλλά αυτό μπορεί να μην αντιπροσωπεύει τις πραγματικές περιόδους ανάπτυξης. Επίσης, η ευαισθησία των καλλιεργειών στο όζον δεν είναι σταθερή αλλά μεταβάλλεται ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης του φυτού. Ο χρονικός υπολογισμός των επεισοδίων όζοντος ποικίλει ανάμεσα στις χρονιές και τις τοποθεσίες και αυτό έχει ως αποτέλεσμα μεγάλη διαφοροποίηση των επιπτώσεων στα φυτά.

Αναλύσεις που έχουν γίνει σε εποχιακά δείγματα του δείκτη ΑΟΤ40 στο Ηνωμένο Βασίλειο έδειξαν μεγάλες διακυμάνσεις από χρόνο σε χρόνο. Οι μέσοι όροι των δεδομένων πολλών ετών δείχνουν ένα περισσότερο σύνηθες πρότυπο: κατά τον Απρίλιο και το Μάιο υπήρχαν μικρές σχετικά διαφορές αλλά οι τιμές για τους υπόλοιπους καλοκαιρινούς μήνες είχαν μεγάλη απόκλιση ανάμεσα στις νότιες περιοχές (όπου συνέβησαν σοβαρές υπερβάσεις του ΑΟΤ40) και στις πιο απόμακρες βόρειες περιοχές όπου σχεδόν καμία υπέρβαση του ΑΟΤ40 δεν συνέβη. Είναι απαραίτητο να εκτιμηθεί ακριβέστερα η πραγματική επίδραση του όζοντος στη βλάστηση περιοχών όπου ξεπερνιόνται τα κρίσιμα επίπεδα. Αυτό θα απαιτήσει περισσότερη πειραματική και δοκιμαστική δουλειά έτσι ώστε η επίδραση παραγόντων όπως: διαφοροποίηση ευαισθησίας ανάμεσα στα είδη/ποικιλίες, επίδραση κλιματικών και εδαφικών παραγόντων και χρονικός προσδιορισμός επεισοδίων όζοντος να μπορούν να ποσοτικοποιηθούν. Σημαντικό είναι να εξελιχθούν μέθοδοι χαρτογράφησης της πρόσληψης όζοντος από τα φυτά, και η ποσοτικοποίηση της σχέσης μεταξύ πρόσληψης όζοντος και εμφάνισης παθογνωμονικών συμπτωμάτων (Fowler *et al*, 1997).



## 4. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

### 4.1 Γενικά

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

Η δουλειά της UNECE όσον αφορά στις επιπτώσεις του όζοντος σε καλλιέργειες και δένδρα, συνέστησε τη λογική του δείκτη AOT40 για το χαρακτηρισμό της έκθεσής των σε κρίσιμα επίπεδα όζοντος.

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

### 4.2 Στρατηγικές βελτίωσης της ποιότητας του αέρα

#### 4.2.1 Μετριάσμός

Είναι η πιο συχνή προσέγγιση βελτίωσης της ποιότητας του αέρα. Γενικά έχει μεγάλο κόστος και ο συσχετισμός κόστους-κέρδους παίζει μεγάλο ρόλο. Οι τεχνολογίες ελέγχου εκπομπής αέριων ρύπων και οι εφαρμογές τους είναι το αποτέλεσμα νόμων ή νομοθετημάτων, και αυτοί είναι με τη σειρά τους συνέπεια επιστημονικής ή δημόσιας πίεσης. Προς το παρόν ο έλεγχος εκπομπών χρησιμοποιείται στις περισσότερο ανεπτυγμένες χώρες. Αναπτυσσόμενα έθνη δεν τα

υιοθέτησαν αμέσως λόγω της σημαντικής ανάπτυξης του πληθυσμού, των χαμηλών βιοτικών επιπέδων και της οικονομικής πίεσης. Παρόλο που, προς το παρόν, οι ανεπτυγμένες χώρες, όπως οι ΗΠΑ, είναι οι μεγαλύτεροι παραγωγοί ρύπων όπως το CO<sub>2</sub>, μελλοντικοί περιβαλλοντικοί νόμοι μπορεί να περιορίσουν τις εκπομπές μέσω του μετριασμού. Καθώς κινούμαστε στον 21ό αιώνα, τα αναπτυσσόμενα έθνη μπορεί να αναλάβουν το ρόλο των κυρίαρχων πομπών αέριων ρύπων. Για παράδειγμα οι εκπομπές όζοντος στην κοιλάδα του Μεξικού αυξήθηκαν από το 1970 ενώ την ίδια περίοδο οι εκπομπές όζοντος στην περιοχή του Los Angeles είχαν μειωθεί (Krupa, 1997).

#### 4.2.2 Προσαρμογή

Βελτίωση της ποιότητας του αέρα μέσω της προσαρμογής τροποποιώντας τον τρόπο ζωής, είναι γενικά μια πρακτική προσέγγιση σε ανεπτυγμένα έθνη. Ένα προαπαιτούμενο της στρατηγικής αυτής, είναι η περιβαλλοντική παιδεία. Ενώ ο περιορισμός συνεπάγεται συγκεκριμένης πηγής ή πηγών, η προσαρμογή χρειάζεται ολόκληρες κοινωνίες να αλλάξουν τρόπο ζωής. Για παράδειγμα η χρήση λαμπτήρων εξοικονόμησης ενέργειας σε όλα τα σπίτια και τις επιχειρήσεις θα μείωνε τις απαιτήσεις ενέργειας και έτσι θα μειωνόταν η παραγωγή.

Η προσαρμογή μπορεί να είναι αποτελεσματική εάν η απαιτούμενη αλλαγή εφαρμοζόταν παγκοσμίως. Ένα επιτυχημένο παράδειγμα είναι η κατασκευή αυτοκινήτων εξοικονόμησης ενέργειας από όλες τις αυτοκινητοβιομηχανίες. Όπως και με το μετριασμό, εξαιτίας οικονομικών πιέσεων και έλλειψης περιβαλλοντικής παιδείας, η προσαρμογή δεν έχει δοκιμαστεί επιτυχώς στα αναπτυσσόμενα κράτη.



### 4.2.3 Πρόληψη

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

### 4.3 Χημική προστασία

Ζημιές στην φυτική παραγωγή από το όζον μπορούν να προληφθούν μέσω μιας ποικιλίας χημικών σκευασμάτων, που καλούνται πολλές φορές *antiozodants*. Το σκεύασμα που έχει λάβει το μεγαλύτερο ενδιαφέρον είναι η ethylenediurea (EDU). Αυτό, σε πολλά φυτικά είδη, προλαμβάνει τα ορατά συμπτώματα, μειώνει τη γήρανση των ιστών, μειώνει την αναστολή της ανάπτυξης που προκαλεί το όζον, όταν εφαρμόζεται με τη μορφή σπρέι ή με πότισμα του εδάφους. Υποτίθεται ότι το EDU προσφέρει προστασία απέναντι στο ατμοσφαιρικό όζον δίνοντας. Όμως έχουν αναφερθεί περιπτώσεις όπου το EDU προκάλεσε τοξικότητα που εμφανίστηκε ως ορατά συμπτώματα ή και αναστολή της ανάπτυξης ή της παραγωγής. Κατά συνέπεια η προστασία που προσφέρει το EDU έναντι των επιπτώσεων που έχει το όζον διαφέρει ανάλογα με το φυτό και τις επικρατούσες εδαφικές και κλιματικές συνθήκες. Για να μην έχουμε

Διδ. . . wueb.  
propin  
with salms.

την εμφάνιση τοξικότητας προτείνονται διαφορετικές ποσότητες EDU στα διάφορα στάδια ανάπτυξης των φυτών (Jaker *et al*, 1992).

Τα παρακάτω σκευάσματα όταν εφαρμοστούν στα φυτά μειώνουν την καταπόνηση των φύλλων από το όζον. Πολλά από αυτά τα σκευάσματα διαθέτουν αντιοξειδωτικές ιδιότητες.

Ascorbic acid, glutathione, thiol compounds, sulfhydryl reagents polyamines, tryptophane, indole, IAA, mescaline, hydrazine, octadecene 1, DPNH, maneb, zineb, ferbam, ziram, thiram, N-butyl dithiocarbamate, urea, kinetin, p-hydroxybenzoic acid, diphenylamine, phenothiazine, 1,4-naphthoquinone, dichlone, N,N'-diphenyl-p-phenylenediamine, phenothiazine, nickel-N-dibutyl dithiocarbamate, benzimidazole, benomyl, diphenylamine, sodium benzoate, propyl galate, cytokinins, piperonyl butoxide.

Μέσα στα φυτικά κύτταρα τα πιο σημαντικά φυσικά αντιοξειδωτικά πιστεύεται ότι είναι τα: ascorbic acid, glutathione, α-tocopherol και πιθανόν και οι πολυαμίνες. Μαζί με τα ένζυμα (ascorbate peroxidase, glutathione reductase, superoxide dismutase, catalase) διαμορφώνουν το αντιοξειδωτικό σύστημα του φυτού (Jaker *et al*, 1992).

## Πειραματικό μέρος

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Το πρόγραμμα *UNECE ICP Vegetation*

Από τη δεκαετία του 1950 εμφανίστηκαν οι πρώτες ανακοινώσεις παρατηρήσεων φυτοτοξικών επιδράσεων του O<sub>3</sub>. 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 O<sub>3</sub> 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. Αυτές είναι: 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 εμπειρογνομώνων 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.

### **Στόχοι του ICP Vegetation**

---

- Να εκτελέσει συντονισμένα πειράματα και να καθορίσει τα αποτελέσματα της ρύπανσης όζοντος στις καλλιέργειες και στη φυσική βλάστηση στην Ευρώπη και τη Βόρεια Αμερική.
- 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.
- 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.
- Να αναπτύξει μια οικονομική αξιολόγηση των απωλειών, που προκαλούνται από το όζον, στις καλλιέργειες.

- Να εκτελέσει τις βιβλιογραφικές επισκοπήσεις και τα πειράματα για να παρέχει τις πληροφορίες για την ευαισθησία φυτικών ειδών στο όζον.
- Να εκτελέσει τις βιβλιογραφικές επισκοπήσεις και τα πειράματα για τη συσσώρευση ατμοσφαιρικής εναπόθεσης των βαρέων μετάλλων σε επιλεγμένες ποικιλίες φυτών, συμπεριλαμβανομένων και των βρύων.

### **Περίληψη των πρόσφατων αποτελεσμάτων του ICP Vegetation**

---

- Τα περιβαλλοντικά επίπεδα όζοντος μειώνουν σημαντικά τη βιομάζα των ευαίσθητων ειδών, όπως το τριφύλλι, σε διάφορους τόπους στην Ευρώπη και τη Βόρεια Αμερική.
- Τα κρίσιμα επίπεδα όζοντος, που έχουν συνέπειες στην παραγωγή, ξεπερνιούνται συχνά σε περισσότερες -από τα τρία τέταρτα- περιοχές του ICP Vegetation.
- Η θερμοκρασία, η υγρασία, και άλλοι ρύποι επηρεάζουν σημαντικά την ανταπόκριση του τριφυλλιού στο περιβαλλοντικό όζον.
- 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.
- 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.
- Διάφορες σημαντικές καλλιέργειες όπως ο σίτος, ο αραβόσιτος, η πατάτα και η σόγια μπορούν να εμφανίσουν συμπτώματα όζοντος όταν αναπτύσσονται σε εμπορικές καλλιέργειες.
- Συμπτώματα όζοντος έχουν ανιχνευθεί επίσης σε είδη φυσικής βλάστησης μετά από περιβαλλοντικά επεισόδια.



Μέχρι τώρα, ορατά συμπτώματα έχουν παρατηρηθεί στις ακόλουθες γεωργικές καλλιέργειες στην Ευρώπη: Αγκινάρα, Φασόλι, Τριφύλλι, Βαμβάκι, Ραδίκι, Κολοκύθι, Αμπέλι, Πράσο, Μαρούλι, , Αραβόσιτο, Πατάτα, Κολοκύθα, Σόγια, Σπανάκι, Ηλίανθος, Καπνός, Ντομάτα, Καρπούζι, Σιτάρι (<http://www.icrvegetation.ceh.ac.uk>).

Στη χώρα μας χαρακτηριστικά συμπτώματα τοξικότητας όζοντος έχουν καταγραφεί μέχρι στιγμής στις εξής καλλιέργειες: καπνός (Αργίνιο 1991, Καρδίτσα 1992, Αργολίδα 1995), στάρι (Κωπαΐδα 1996, Θεσσαλία 1995, 1996), καλαμπόκι (Καλαμπάκα 1995), καρπούζι (Θήβα 1994, Τρίκαλα 1995, 1996), πεπόνι (Τρίκαλα 1995, 1996), κρεμμύδι (Τρίκαλα 1995), φασόλι (Αττική 1992, Θήβα 1993, Τρίκαλα 1995), πατάτα (Θήβα 1993), ραδίκι (Αττική 1993), παντζάρι (Αττική 1993), αντίδι (Αττική 1993), μαϊντανός (Τρίκαλα 1995, 1996), καθώς επίσης και σε έλατα και πεύκα σε δασικές περιοχές όπως η Πάρνηθα, το Καρπενήσι, τα Άγραφα, ο Παρνασσός, ο Ταΰγετος, κ.α. (Βελισσαρίου Δ., 2000).

### **Μελλοντική εργασία για το ICP Vegetation**

---

- Αξιολόγηση των κρίσιμων επιπέδων όζοντος για καλλιέργειες και φυσική βλάστηση.
- Προτάσεις συστάσεων για την περαιτέρω ανάπτυξη της προσέγγισης κρίσιμων επιπέδων, για αξιολόγηση του κινδύνου όζοντος για τη βλάστηση στις διαφορετικές κλιματολογικές συνθήκες.
- 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.
- Νέα πειράματα για την έρευνα των αποτελεσμάτων του περιβαλλοντικού όζοντος στη φυσική βλάστηση.
- 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.

- Μια οικονομική αξιολόγηση των απωλειών των συγκομιδών που προκαλούνται από το όζον.
- Περαιτέρω έλεγχος της απόθεσης βαρέων μετάλλων στα φυτά τριφυλλιού.
- Έλεγχος της απόθεσης βαρέων μετάλλων στα βρύα (Διαδίκτυο 2).

## **1.2 Φυτά βιοδείκτες**

Οι μελέτες που ασχολούνται με την επίδραση του ρύπου  $O_3$  στα φυτά αντιμετωπίζουν το πρόβλημα με δύο διαφορετικές προσεγγίσεις. Στην πρώτη, καταγράφεται η συγκέντρωση του  $O_3$  με την χρήση ειδικών οργάνων και εκτιμώνται οι πιθανές επιδράσεις του στα φυτά, με βάση μια γνωστή σχέση μεταξύ έκθεσης των φυτών στο  $O_3$  και των επιπτώσεων του στα φυτά. Η δεύτερη προσέγγιση αφορά στη χρήση φυτών βιοδεικτών του  $O_3$  (βιοκαταγραφή όζοντος).

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 *et al*, 1992).

Είναι γενικά αποδεκτό ότι η στοματική πρόσληψη του όζοντος είναι προαπαιτούμενη για τη δημιουργία τοξικοτήτων στο φυτό. Παρόλα αυτά, σε πολλά πειράματα, έχει βρεθεί ότι τα φυτά διαφοροποιούνται όσον αφορά στην **ευαισθησία** τους στο όζον χωρίς να σημειώνονται ανάλογες διαφορές στη στοματική τους αγωγιμότητα. Επιπλέον υπάρχουν ακόμα αβεβαιότητες σχετικά με το ρόλο του αιθυλενίου στον καθορισμό της ευαισθησίας του φυτού, είναι όμως πιθανόν να συμβάλλει ή να είναι ο παράγοντας που καθορίζει πότε ένα φυτό είναι ευαίσθητο στο όζον. Αυτή η υπόθεση στηρίζεται στο γεγονός ότι το αιθυλένιο επιδρά στη ρύθμιση των αντιοξειδωτικών αντιδράσεων του φυτού (Jaker *et al*, 1992).

### **1.3 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 η περισσότερες περιοχές χωρίς μεγάλη δαπάνη (Βελισσαρίου και Κυριαζή, 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, 1992), (Διαδύκτιο 1).

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 and Skretis, 2001).

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

Πάντα όμως επιζητείται ο εντοπισμός νέων φυτικών ειδών ευαίσθητων σε συγκεκριμένους ρύπους που να είναι γρήγορης ανάπτυξης, προσαρμοσμένα στο περιβάλλον που χρησιμοποιούνται, να είναι εύκολη η απόκτηση του σπόρου και γενετικά επιλεγμένα και σταθερά. Ένα τέτοιο είδος προέκυψε από μια σειρά δοκιμών ευαισθησίας στο όζον που έγινε το 1988–89 με Ελληνικές ποικιλίες που έγιναν στη χώρα μας και χρησιμοποιούνταν στη γεωργική πράξη. Πρόκειται για το Αλεξανδρινό τριφύλλι (*Trifolium alexandrinum L.*) ποικιλία "Λητώ", η οποία κρίθηκε κατάλληλη για βιολογικός δείκτης

όζοντος και προτάθηκε να χρησιμοποιείται στο πρόγραμμα ICP Vegetation. (Βελισσαρίου και Κυριαζή, 1996).



## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1 ΠΕΙΡΑΜΑ I:

*‘Βιοκαταγραφή φυτοτοξικών επιπέδων όζοντος με τη χρήση τριφυλλιών NC-S και NC-R στην περιοχή της Καλαμάτας’*

#### 2.1.1 Πειραματικό σχέδιο

Το πειραματικό σχέδιο προβλέπει την εγκατάσταση 40 δοχείων με τριφύλλια στον πειραματικό χώρο, προς έκθεσή τους στην ατμόσφαιρα της περιοχής ώστε να διαπιστωθεί παρουσία 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 το καλοκαίρι του 2003. Η αρχική προέλευση των βιότυπων αυτών είναι οι ΗΠΑ. Περίπου 50 μοσχεύματα από κάθε βιότυπο (100 συνολικά) συλλέχθηκαν 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 γρήγορη ριζοβολία.

Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν δοχεία μεγέθους N°12, 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. Μετά τη φύτευση των μοσχευμάτων



(στις 31/04/04), τα δοχεία τοποθετήθηκαν άμεσα στην υδρονέφωση για 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. Καθημερινά γινόταν έλεγχος για τη σωστή λειτουργία της υδρονέφωσης ώστε να εξασφαλιστεί συνεχής και επαρκής υγρασία ωσότου επιτευχθεί ικανοποιητική ριζοβολία και βλάστηση. Στις 26/04/04 (26 ημέρες μετά τη φύτευση) εφαρμόστηκε λίπανση με GL 60 υδατοδιαλυτό, ενώ μετά από 4 ημέρες χρειάστηκε να ψεκαστούν τα μοσχεύματα με ultracid για την αντιμετώπιση εντομολογικής προσβολής τους.

Για την εγκατάσταση του πειράματος επιλέχθηκε υπαίθριος χώρος στο Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας στον Αντικάλανο Μεσσηνίας. Η χωροθέτηση έγινε ως ορίζεται από το πρωτόκολλο 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 σε 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 στόλυνες, οι οποίες χρειάζονται μεγάλη επιφάνεια εδάφους. Επίσης τα δοχεία 15 λίτρων επιτρέπουν 3-5 μήνες ανάπτυξης δίχως υποστύλωση ενώ το λευκό χρώμα μειώνει την υπερθέρμανση τους. Τα δοχεία απολυμάνθηκαν και ως υπόστρωμα χρησιμοποιήθηκε μίγμα τύρφης-φυτοχώματος-περλίτη σε αναλογία 1:1:1.

Για τη μεταφύτευση έγινε επιλογή των 40 πιο εύρωστων μοσχευμάτων (20 από κάθε βιότυπο) και τα υπόλοιπα διατηρήθηκαν

στο θερμοκήπιο, καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος, ως εφεδρικά. Η μεταφύτευση έγινε 34 ημέρες μετά τη φύτευσή τους (στις 04/05/04) ενώ στα φυτοδοχεία τοποθετήθηκαν ταμπέλες που ανέγραφαν το βιότυπο και τη θέση των τριφυλλιών στον πειραματικό χώρο. Η εγκατάσταση των δοχείων στον πειραματικό χώρο έγινε διαδοχικά σε 4 σειρές των 10 δοχείων, τοποθετημένων εναλλάξ (1 resistant–1 sensitive) (σχέδιο 2.1).

**ΣΧΕΔΙΟ 2.1:** Διάταξη δοχείων στον πειραματικό χώρο

R <sub>1</sub>	S <sub>6</sub>	R <sub>11</sub>	S <sub>16</sub>
S <sub>1</sub>	R <sub>6</sub>	S <sub>11</sub>	R <sub>16</sub>
R <sub>2</sub>	S <sub>7</sub>	R <sub>12</sub>	S <sub>17</sub>
S <sub>2</sub>	R <sub>7</sub>	S <sub>12</sub>	R <sub>17</sub>
R <sub>3</sub>	S <sub>8</sub>	R <sub>13</sub>	S <sub>18</sub>
S <sub>3</sub>	R <sub>8</sub>	S <sub>13</sub>	R <sub>18</sub>
R <sub>4</sub>	S <sub>9</sub>	R <sub>14</sub>	S <sub>19</sub>
S <sub>4</sub>	R <sub>9</sub>	S <sub>14</sub>	R <sub>19</sub>
R <sub>5</sub>	S <sub>10</sub>	R <sub>15</sub>	S <sub>20</sub>
S <sub>5</sub>	R <sub>10</sub>	S <sub>15</sub>	R <sub>20</sub>

### 2.1.2 Έναρξη πειράματος - καλλιεργητικές φροντίδες

Πρώτη ημέρα του πειράματος θεωρείται η ημέρα που το τριφύλλι τοποθετείται υπαίθρια στην πειραματική τοποθεσία και πρέπει να είναι αμέσως μετά την μεταφύτευση των τριφυλλιών στα τελικά δοχεία (των 15 λίτρων).

Η συχνότητα και η διάρκεια των ποτισμάτων ρυθμίζονταν ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες και τις απαιτήσεις των φυτών σε

νερό για αποφυγή παρουσίας stress στα φυτά λόγω έλλειψης εδαφικής υγρασίας (πίνακας 2.1).

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1:** «Ρυθμίσεις άρδευσης»

Ημερομηνία	Συχνότητα	Διάρκεια
14-05-04	Ανά 8 ώρες	10 λεπτά
02-07-04	Ανά 8 ώρες	15 λεπτά
12-07-04	Ανά 4 ώρες	15 λεπτά

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

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. Παράλληλα γινόταν αφαίρεση των ζιζανίων εντός των δοχείων.

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

### 2.1.3 Τεχνική μετρήσεων

Η τεχνική των μετρήσεων έγινε με δύο τρόπους. Πρώτα με καταγραφή των παθογνωμονικών συμπτωμάτων στη φυλλική

επιφάνεια και έπειτα με συγκομιδή και καταμέτρηση του ξηρού βάρους του υπέργειου τμήματος.

Η ποσοτική εκτίμηση των συμπτωμάτων τοξικότητας έγινε με τη βοήθεια ενός πίνακα βαθμονόμησης με κλίμακα 6 επιπέδων (πίνακας 2.2), σύμφωνα πάντα με το σχετικό πρωτόκολλο. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 8 βαθμονομήσεις (scoring).

**Πίνακας 2.2:** « Κλίμακα βαθμονομήσεων»

0	Χωρίς συμπτώματα καταπόνησης
1	Πολύ μικρή καταπόνηση, εμφάνιση των πρώτων συμπτωμάτων
2	Μικρή καταπόνηση, 1-5% των φύλλων
3	Μέτρια καταπόνηση, 5-25% των φύλλων
4	Βαριά καταπόνηση, 25-50% των φύλλων
5	Πολύ βαριά καταπόνηση, 50-90% των φύλλων
6	Ολική καταπόνηση, 90-100% των φύλλων

Πηγή: (Experimental Protocol, 2004)

Οι μετρήσεις ξηρού βάρους έγιναν σε 5 επαναλήψεις, κάθε 28 μέρες, ενώ διαδέχονταν πάντα μία καταγραφή συμπτωμάτων (πίνακας 2.3). Η διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι η εξής: Οι βλαστοί κόβονταν σε ύψος 7cm πάνω απ' την εδαφική επιφάνεια και η βιομάζα που συγκεντρώνονταν τοποθετούνταν σε χαρτοσακούλες στις οποίες αναγράφονταν ο βιότυπος και η θέση των τριφυλλιών στον πειραματικό χώρο. Οι σακούλες τοποθετούνταν σε προθερμασμένα ξηραντήρια για 48 ώρες σε θερμοκρασία 80°C. Μετά το πέρας των 48 ωρών (και την ολοκλήρωση της ξήρανσης), γινόταν μέτρηση του ξηρού βάρους του περιεχομένου κάθε σακούλας με τη χρήση ζυγαριάς ακριβείας.

Μετά τις μετρήσεις που έγιναν και την καταγραφή των ξηρών βαρών της υπέργειας βιομάζας των ευαίσθητων και των ανθεκτικών

βιότυπων του τριφυλλιού, 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 στην καταπόνηση του όζοντος: όσο μικρότερος είναι αυτός ο δείκτης τόσο σημαντικότερη είναι η καταπόνηση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3

<b>Χρονοδιάγραμμα πειράματος τριφυλλιών</b>	<b>Ημερ/νία</b>
Φύτευση μοσχευμάτων	31/03
Μεταφύτευση- (1 <sup>η</sup> μέρα πειράματος)	04/05
Εμφάνιση πρώτων συμπτωμάτων	17/05
1 <sup>η</sup> Βαθμονόμηση Συμπτωμάτων (Scoring)	01/06
1 <sup>η</sup> Συγκομιδή	01/06
2 <sup>η</sup> Βαθμονόμηση Συμπτωμάτων (Scoring)	10/06
3 <sup>η</sup> Βαθμονόμηση Συμπτωμάτων (Scoring)	17/06
4 <sup>η</sup> Βαθμονόμηση Συμπτωμάτων (Scoring)	30/06
2 <sup>η</sup> Συγκομιδή	30/06
5 <sup>η</sup> Βαθμονόμηση Συμπτωμάτων (Scoring)	28/07
3 <sup>η</sup> Συγκομιδή	28/07
6 <sup>η</sup> Βαθμονόμηση Συμπτωμάτων (Scoring)	24/08
4 <sup>η</sup> Συγκομιδή	25/08
7 <sup>η</sup> Βαθμονόμηση Συμπτωμάτων (Scoring)	16/09
8 <sup>η</sup> Βαθμονόμηση Συμπτωμάτων (Scoring)	27/09
5 <sup>η</sup> Συγκομιδή	28/09

## **2.2 ΠΕΙΡΑΜΑ II:**

### ***‘Βιοκαταγραφή φυτοτοξικών επιπέδων όζοντος με τη χρήση φυτών καπνού Bel-W3 στην ευρύτερη περιοχή της Μεσσηνίας’***

#### **2.2.1 Προετοιμασία πειράματος**

Ως φυτικό υλικό χρησιμοποιήθηκαν σπόροι καπνού της ποικιλίας Bel-W3, οι οποίοι είχαν συλλεχθεί από φυτά καπνού τον 11<sup>ο</sup> και 12<sup>ο</sup> 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 19 Μαρτίου, οι σπόροι καπνού φυτεύτηκαν σε δύο παλέτες με την εξής διαδικασία: Οι παλέτες απολυμάνθηκαν και ως υπόστρωμα χρησιμοποιήθηκε φυτόχωμα το οποίο είχε κοσκινιστεί ώστε να έχει μικρή συνεκτικότητα. Οι σπόροι σπάρθηκαν επιφανειακά και έπειτα μέσα από το κόσκινο συμπληρώθηκε ένα λεπτό στρώμα φυτοχώματος για την κάλυψη των 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.

Οι παλέτες τοποθετήθηκαν σε θάλαμο ανάπτυξης σε θερμοκρασία  $T=25^{\circ}\text{C}$  και ποτίζονταν σε τακτικά διαστήματα. Μετά από μια εβδομάδα (στις 26 Μαρτίου) παρατηρήθηκε η εκβλάστηση των πρώτων σπόρων (Εικ.2.2.1). Όταν τα φυτάρια έφτασαν στο επιθυμητό στάδιο ανάπτυξης (στις 22 Απριλίου) μεταφυτεύτηκαν σε ατομικά γλαστράκια μεγέθους N<sup>o</sup>12, τα οποία είχαν προηγουμένως απολυμανθεί. Το μέγεθος αυτό των δοχείων ήταν κατάλληλο όσον αφορά στην ανάπτυξη των φυταρίων και στην κάλυψη των αναγκών



τους έως το τέλος της πειραματικής διαδικασίας (Εικ.2.2.2). Ως εδαφικό υπόστρωμα χρησιμοποιήθηκε μίγμα φυτοχώματος-περλίτη σε αναλογία 1-1. Τα φυτά διατηρήθηκαν έως την έναρξη της πειραματικής διαδικασίας σε θαλάμους ελεγχόμενων συνθηκών (Πίνακας 2.2.1), στους οποίους ο εισερχόμενος αέρας φιλτραρόταν, 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.



**Εικ.2.2.1** Εκβλάστηση σπόρων καπνού Bel-W3.



**Εικ.2.2.2** Νεαρά φυτά καπνού μετά τη μεταφύτευσή τους στα τελικά δοχεία (No12).

Καθημερινώς τα νεαρά φυτά επιβλέπονταν ως προς την ανάπτυξη τους, ποτιζονταν ανάλογα με τις απαιτήσεις τους και λιπάνθηκαν με υδατοδιαλυτό λίπασμα gl-60.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2.1:** «Ρυθμίσεις συνθηκών θαλάμου ανάπτυξης, στους οποίους διατηρήθηκαν τα φυτά καπνού Bel-W3».

ΩΡΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C)	ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΦΩΤΙΣΜΟΣ
00:00	12	60	-
07:00	18	60	8
10:00	22	60	8
21:00	18	60	8

## 2.2.2 Επιλογή περιοχών

Σκοπός του πειράματος ήταν να ελεγχθεί η διακύμανση του τροποσφαιρικού όζοντος στην ευρύτερη περιοχή της Μεσσηνίας. Για το λόγο αυτό επιλέχθηκαν διάσπαρτα περιοχές που κάλυπταν όλο το εύρος του Νομού έτσι ώστε να έχουμε πιο αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα. (Χάρτης 2.2.1). Σημειώνεται ότι η περιοχή της Κυπαρισσίας εντάχθηκε εκτάκτως στο πείραμα αργότερα λόγω του ότι υπήρξαν αναφορές για συμπτώματα τοξικότητας αγνώστου αιτίας σε τοπικές υπαίθριες καλλιέργειες καρπουζιού.

**ΧΑΡΤΗΣ 2.2.1:** «Περιοχές που εντάχθηκαν στο πείραμα 'βιοκαταγραφής' όζοντος μέσω φυτών-δεικτών (καπνός Bel-W3)».



Πηγή: (Βελισσαρίου – προσωπική επικοινωνία)

Ειδικότερα η επιλογή του σημείου τοποθέτησης των φυτών για κάθε περιοχή επιλέχθηκε με γνώμονα την προστασία τους. Συγκεκριμένα, τα φυτά έπρεπε να είναι προστατευμένα από ανέμους,

να ποτίζονται κανονικά, καθώς και να βρίσκονται μακριά από δρόμους (καυσαέρια).

Σε όσες τοποθεσίες στάθηκε δυνατόν έγινε καταγραφή των τοπογραφικών στοιχείων μέσω συσκευής GPS και συγκεκριμένα του γεωγραφικού πλάτους, μήκους και υψομέτρου της εκάστοτε τοποθεσίας. Καθοριστικός παράγοντας για την αντικειμενικότητα των αποτελεσμάτων του πειράματος ήταν να εκπληρώνονται οι ανάγκες των φυτών σε νερό, έτσι ώστε να διατηρούν ανοιχτά τα στοματιά τους καθ' όλη τη διάρκεια της έκθεσής τους.

### **2.2.3 Προετοιμασία των φυτών και έναρξη της πειραματικής διαδικασίας**

Την προηγούμενη μέρα της διανομής επιλέχθηκαν τα πιο εύρωστα φυτά στο στάδιο των 2-3 πλήρως ανεπτυγμένων φύλλων και τοποθετήθηκαν σε συνθήκες δωματίου, για 24 ώρες περίπου, ώστε να σκληραγωγηθούν. Πριν τη διανομή ποτίστηκαν επαρκώς και σε κάθε δοχείο κολλήθηκε ετικέτα που ανέγραφε την ονομασία της περιοχής όπου θα τοποθετούνταν, την ημερομηνία τοποθέτησης καθώς και την αρίθμηση των φυτών -καπνός 1, καπνός 2- ώστε να γίνουν οι απαραίτητες συγκρίσεις μετά την ολοκλήρωση της έκθεσής τους.

Το πείραμα ξεκίνησε στις 13/05/04 και ολοκληρώθηκε στις 08/07/04. Σε κάθε περιοχή τοποθετούνταν δύο φυτά και παρέμεναν εκεί για δύο εβδομάδες (15 μέρες). Κατά τη διάρκεια της παραμονής τους τα φυτά ποτίζονταν καθημερινά, ενώ όταν ήταν απαραίτητο (λόγω μεγάλης ανάπτυξης) υποστυλώθηκαν. Μετά το τέλος κάθε περιόδου έκθεσης τοποθετούνταν νέα φυτά ενώ στα ήδη εκτεθειμένα γίνονταν ποσοτική εκτίμηση της οξείας τοξικότητας του όζοντος. Κατά την διάρκεια του πειράματος έγιναν 2 ή 3 διαδοχικές εκθέσεις (πίνακας 2.2.2) και η διαφοροποίηση αυτή (του αριθμού των

εκθέσεων για κάθε περιοχή) έγινε λόγω της μη άμεσης πρόσβασής μας στα σημεία αυτά.

Σημειώνουμε 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. Τα συμπτώματα αυτά εμφανίζονται ακόμα και αν το φυτό εκτεθεί και σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις του ρύπου. Συνεπώς, η ποικιλία αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καταγραφέας της παρουσίας όζοντος, διότι δεν μπορεί να μας δώσει ακριβείς μετρήσεις όσον αφορά στη συγκέντρωση του τροποσφαιρικού όζοντος. Είναι όμως ένα συγκριτικό εργαλείο δεδομένου ότι τα συμπτώματα μπορούν να 'ποσοτικοποιηθούν' ως ποσοστό προσβεβλημένης φυλλικής επιφάνειας και να μας δώσουν πληροφορία για την ένταση της παρουσίας του όζοντος σε κάθε περιοχή έκθεσης για τη συγκεκριμένη περίοδο.



**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2.2:** «Περίοδοι έκθεσης των φυτών καπνού Bel-W3 στις επιλεγμένες περιοχές της Μεσσηνίας»

ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ 1η 13/5 -27/5/04	ΠΕΡΙΟΔΟΣ 2η 27/5 -10/6/04	ΠΕΡΙΟΔΟΣ 3η 10/6-8/7/04
Βόρειο	•	•	•
Σέλιτσα	•	•	
Αρχοντικό	•	•	
Αρτεμισία	•	•	
Τουριστικό		•	
Δυρράχι	•	•	•
Τ.Ε.Ι	•		
Άρις	•	•	•
Νεοχώρι	•	•	•
Μεσσήνη	•	•	
Πανιπέρι	•	•	•
Χράνοι	•	•	
Κορώνη	•	•	

#### 2.2.4 Τεχνική μετρήσεων

Μετά την πάροδο των δύο εβδομάδων, δηλαδή το τέλος κάθε περιόδου έκθεσης γίνονταν ποσοτική εκτίμηση της οξείας τοξικότητας του όζοντος στα εκτεθειμένα με τον εξής τρόπο που εφαρμόζεται διεθνώς: σε καθένα από το 3<sup>ο</sup>, 4<sup>ο</sup>, 5<sup>ο</sup>, 6<sup>ο</sup> και 7<sup>ο</sup> 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 σηματοδεύονταν 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, κάθε 15 μέρες 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. 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 g160 ώστε να επιταχύνουμε την ανάπτυξή τους, ενώ παρατηρήθηκε μια εντομολογική προσβολή που αντιμετωπίστηκε άμεσα με ψεκάσμό των φυτών με εντομοκτόνο (folidan).



### **3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

#### ***3.1. ΠΕΙΡΑΜΑ I***

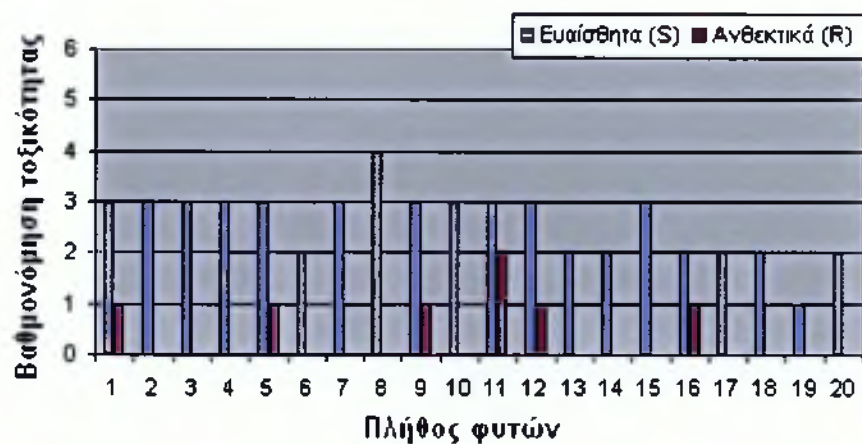
**3.1.1 Πίνακες και Γραφήματα βαθμονόμησης τοξικότητας όζοντος στα φυτά τριφυλλιού (από 1-10).**

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ 1η

1/6/2004

	Ευαίσθητα (S)			Ανθεκτικά (R)	
	Τοξικότητα	Διαβάθμιση		Τοξικότητα	Διαβάθμιση
S1	3	S2	R1	1	
S2	3		R2		
S3	3	S2	R3		
S4	3		R4		
S5	3	S2	R5	1	
S6	2	S1	R6		S1
S7	3	S2	R7		S2
S8	4		R8		
S9	3	S1	R9	1	S2
S10	3	S1	R10		S1
S11	3		R11	2	S2
S12	3		R12	1	S1
S13	2		R13		
S14	2	S2	R14		
S15	3		R15		
S16	2	S2	R16	1	S1
S17	2		R17		
S18	2		R18		
S19	1		R19		
S20	2		R20		
M.O	2,6		M.O	1,2	

Γράφημα 1ης Βαθμονόμησης 01/06/04

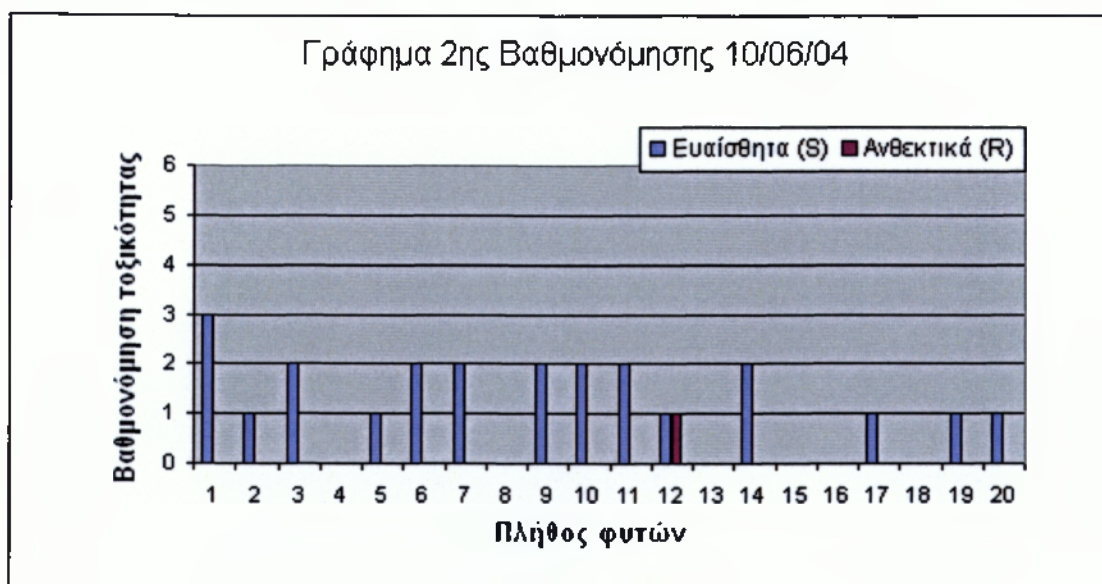


ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ 2η

10/6/2004

	Ευαίσθητα (S)			Ανθεκτικά (R)	
	Τοξικότητα	Διαβάθμιση		Τοξικότητα	Διαβάθμιση
S1	3	S2	R1		
S2	1		R2		
S3	2	S1	R3		
S4			R4		
S5	1	S2	R5		
S6	2		R6		
S7	2	S2	R7		S1
S8			R8		
S9	2		R9		S1
S10	2	S1	R10		
S11	2		R11		S1
S12	1		R12	1	S1
S13			R13		
S14	2	S1	R14		
S15			R15		
S16			R16		
S17	1		R17		
S18			R18		
S19	1		R19		
S20	1		R20		
M.O	1,6		M.O	1,0	

Γράφημα 2ης Βαθμονόμησης 10/06/04

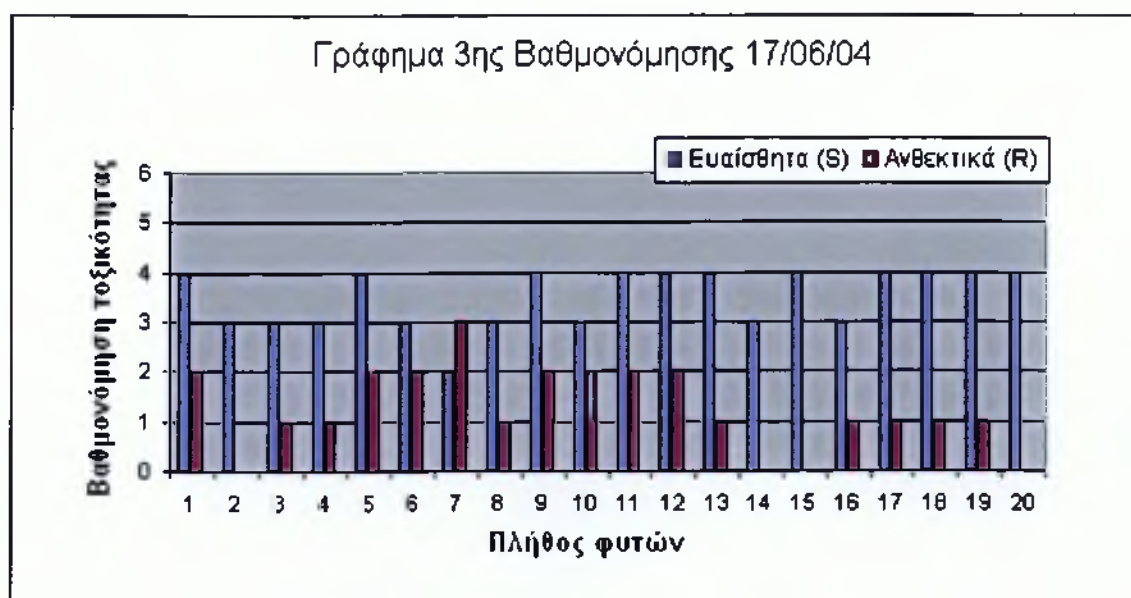


ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ 3η

17/8/2004

	Ευαίσθητα (S)			Ανθεκτικά (R)	
	Τοξικότητα	Διαβάθμιση		Τοξικότητα	Διαβάθμιση
S1	4	S2	R1	2	S2
S2	3		R2		
S3	3	S3	R3	1	
S4	3	S1	R4	1	
S5	4	S3	R5	2	
S6	3		R6	2	S1
S7	2	S2	R7	3	S2
S8	3		R8	1	
S9	4		R9	2	S2
S10	3	S2	R10	2	S1
S11	4		R11	2	S2
S12	4		R12	2	S2
S13	4		R13	1	
S14	3	S2	R14		
S15	4		R15		
S16	3	S2	R16	1	
S17	4		R17	1	
S18	4	S1	R18	1	
S19	4		R19	1	
S20	4		R20		
M.O	3,5		M.O	1,0	

Γράφημα 3ης Βαθμονόμησης 17/06/04

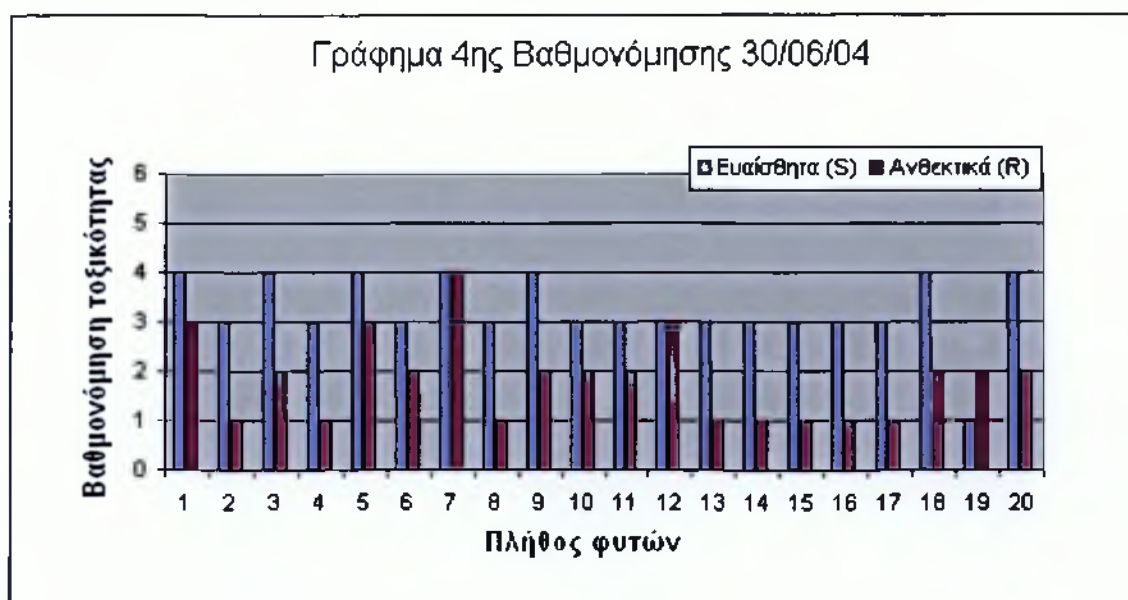


ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ 4η

30/6/2004

	Ευαίσθητα (S)			Ανθεκτικά (R)	
	Τοξικότητα	Διαβάθμιση		Τοξικότητα	Διαβάθμιση
S1	4	S3	R1	3	S2
S2	3		R2	1	
S3	4	S3	R3	2	
S4	3	S1	R4	1	
S5	4	S3	R5	3	S1
S6	3		R6	2	S1
S7	4	S3	R7	4	S3
S8	3		R8	1	
S9	4	S1	R9	2	S2
S10	3	S2	R10	2	S1
S11	3		R11	2	S2
S12	3		R12	3	S2
S13	3		R13	1	
S14	3	S2	R14	1	
S15	3		R15	1	
S16	3	S2	R16	1	S1
S17	3		R17	1	
S18	4	S1	R18	2	
S19	1		R19	2	
S20	4	S1	R20	2	
M.O	3,3		M.O	1,9	

Γράφημα 4ης Βαθμονόμησης 30/06/04

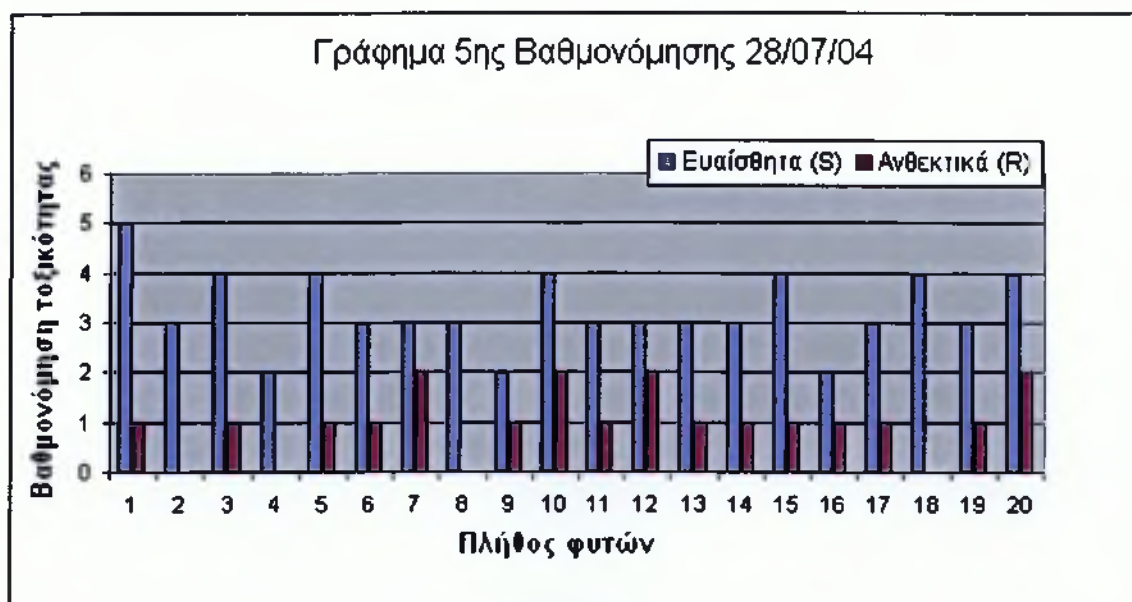


ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ 5η

28/8/2004

	Ευαίσθητα (S)			Ανθεκτικά (R)	
	Τοξικότητα	Διαβάθμιση		Τοξικότητα	Διαβάθμιση
S1	5	S3	R1	1	S1
S2	3		R2		
S3	4	S2	R3	1	
S4	2		R4		
S5	4	S3	R5	1	
S6	3		R6	1	
S7	3	S1	R7	2	S1
S8	3	S1	R8		
S9	2		R9	1	S1
S10	4	S2	R10	2	S1
S11	3	S1	R11	1	S1
S12	3	S1	R12	2	S1
S13	3		R13	1	
S14	3	S1	R14	1	
S15	4	S1	R15	1	
S16	2		R16	1	
S17	3	S1	R17	1	
S18	4	S2	R18		
S19	3		R19	1	
S20	4	S2	R20	2	
M.O	3,3		M.O	1,5	

Γράφημα 5ης Βαθμονόμησης 28/07/04



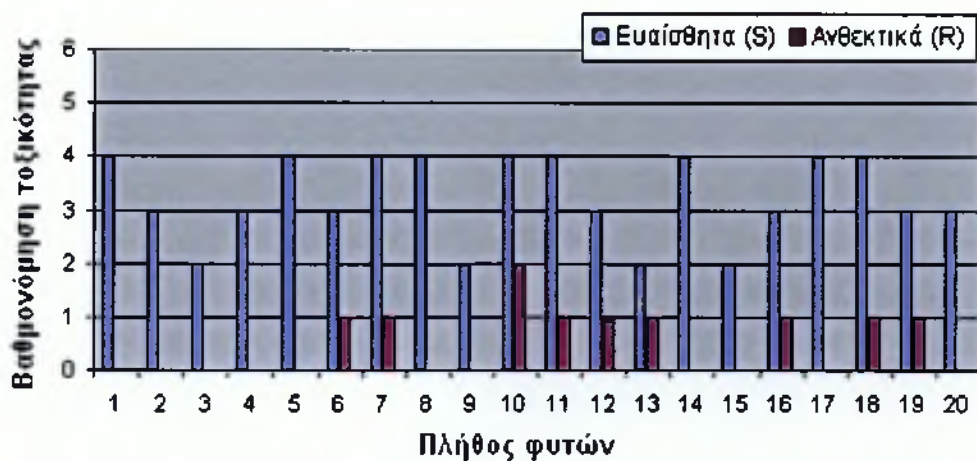


ΠΙΝΑΚΑΣ 6: ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ 6η

11/8/2004

	Ευαίσθητα (S)			Ανθεκτικά (R)	
	Τοξικότητα	Διαβάθμιση		Τοξικότητα	Διαβάθμιση
S1	4	S3	R1		
S2	3		R2		
S3	2	S1	R3		
S4	3		R4		
S5	4	S2	R5		
S6	3		R6	1	
S7	4	S1	R7	1	
S8	4		R8		
S9	2		R9		
S10	4	S2	R10	2	
S11	4	S1	R11	1	
S12	3		R12	1	
S13	2		R13	1	
S14	4		R14		
S15	2		R15		
S16	3		R16	1	
S17	4	S1	R17		
S18	4	S1	R18	1	
S19	3		R19	1	
S20	3		R20		
M.O	3,3		M.O	1,0	

Γράφημα 6ης Βαθμονόμησης 11/08/04

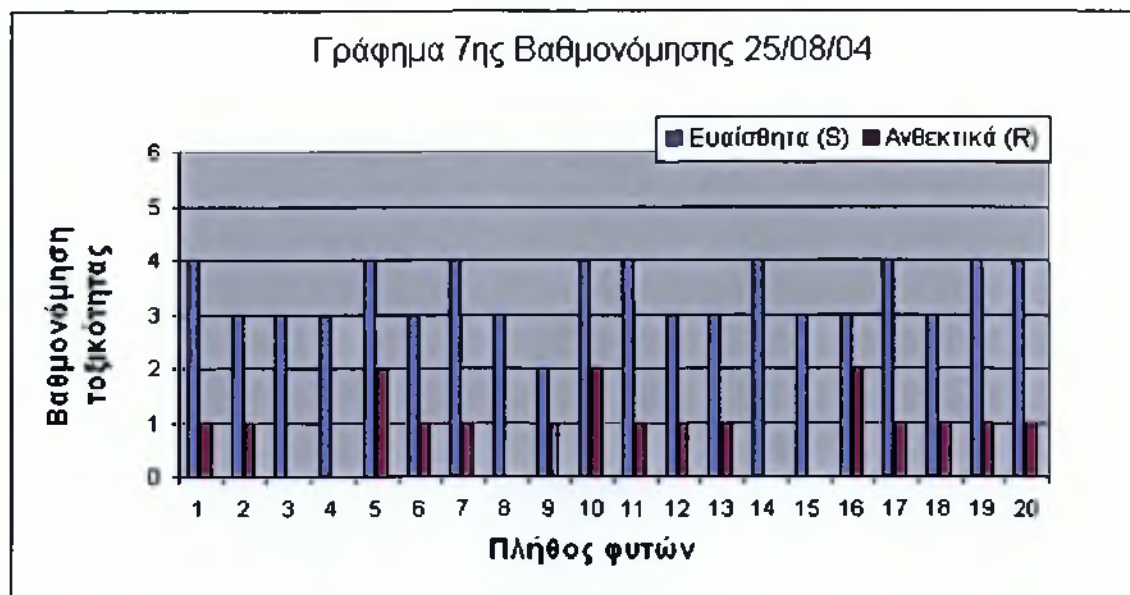


## ΠΙΝΑΚΑΣ 7: ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ 7η

25/8/2004

	Ευαίσθητα (S)			Ανθεκτικά (R)	
	Τοξικότητα	Διαβάθμιση		Τοξικότητα	Διαβάθμιση
S1	4	S3	R1	1	
S2	3		R2	1	
S3	3	S1	R3		
S4	3		R4		
S5	4	S2	R5	2	
S6	3		R6	1	
S7	4	S1	R7	1	
S8	3		R8		
S9	2		R9	1	
S10	4	S2	R10	2	
S11	4	S1	R11	1	
S12	3		R12	1	
S13	3		R13	1	
S14	4	S1	R14		
S15	3		R15		
S16	3		R16	2	
S17	4		R17	1	
S18	3		R18	1	
S19	4		R19	1	
S20	4	S1	R20	1	
M.O	3,4		M.O	1,2	

Γράφημα 7ης Βαθμονόμησης 25/08/04

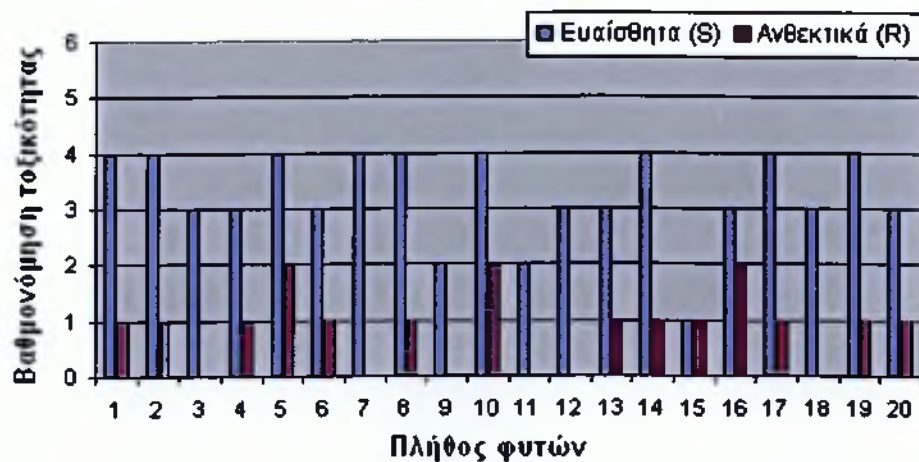


## ΠΙΝΑΚΑΣ 8: ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ 8η

16/9/2004

	Ευαίσθητα (S)			Ανθεκτικά (R)	
	Τοξικότητα	Διαβάθμιση		Τοξικότητα	Διαβάθμιση
S1	4	S2	R1	1	1
S2	4		R2	1	1
S3	3		R3		
S4	3		R4	1	1
S5	4	S2	R5	2	2
S6	3		R6	1	1
S7	4		R7		
S8	4		R8	1	1
S9	2		R9		
S10	4		R10	2	2
S11	2		R11		
S12	3		R12		
S13	3		R13	1	1
S14	4		R14	1	1
S15	1		R15	1	1
S16	3		R16	2	2
S17	4	S2	R17	1	1
S18	3		R18		
S19	4		R19	1	1
S20	3		R20	1	1
M.O	3,3		M.O	1,0	

Γράφημα 8ης Βαθμονόμησης 16/09/04

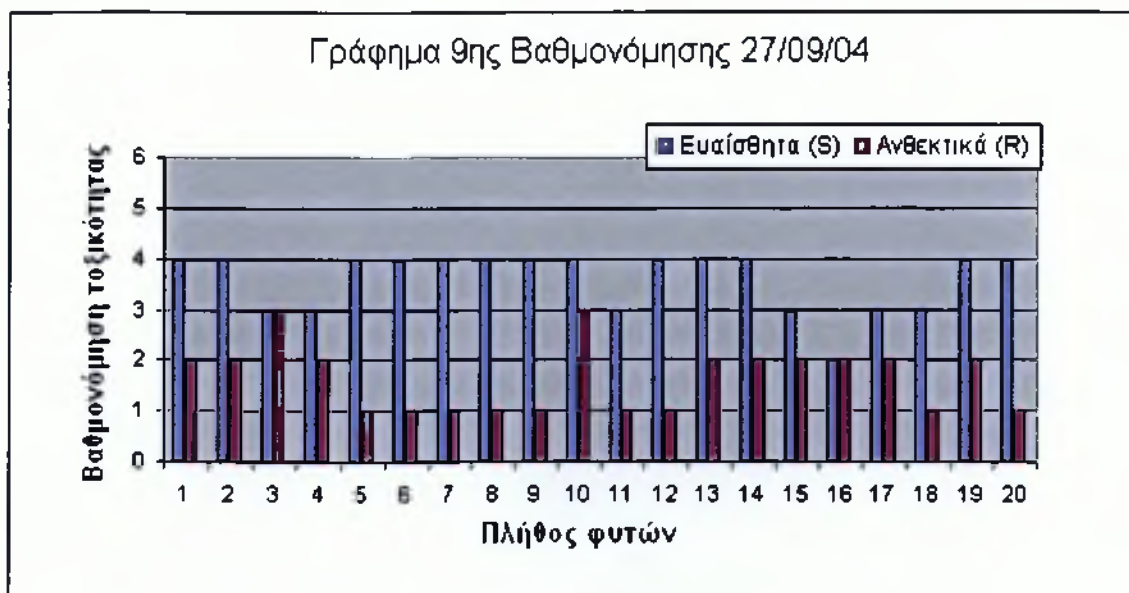


ΠΙΝΑΚΑΣ 9: ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ 9η

27/9/2004

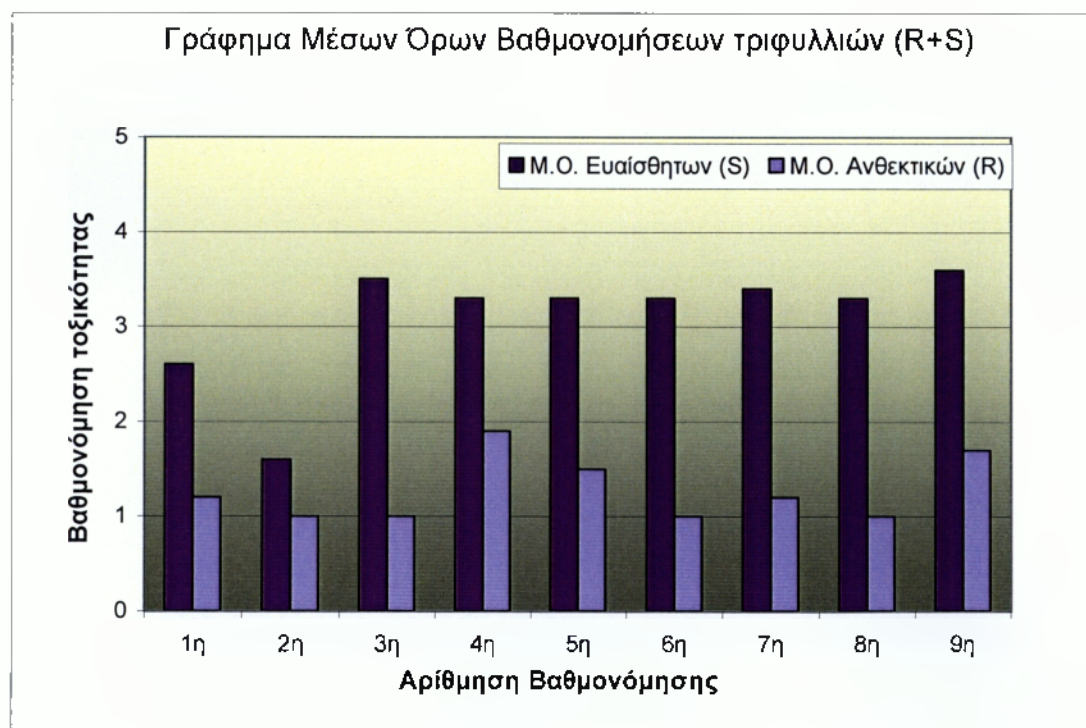
	Ευαίσθητα (S)			Ανθεκτικά (R)	
	Τοξικότητα	Διαβάθμιση		Τοξικότητα	Διαβάθμιση
S1	4		R1	2	
S2	4		R2	2	
S3	3		R3	3	
S4	3		R4	2	
S5	4		R5	1	
S6	4		R6	1	
S7	4		R7	1	
S8	4		R8	1	
S9	4		R9	1	
S10	4		R10	3	
S11	3		R11	1	
S12	4		R12	1	
S13	4		R13	2	
S14	4		R14	2	
S15	3		R15	2	
S16	2		R16	2	
S17	3		R17	2	
S18	3		R18	1	
S19	4		R19	2	
S20	4		R20	1	
M.O	3,6		M.O	1,7	

Γράφημα 9ης Βαθμονόμησης 27/09/04



**ΠΙΝΑΚΑΣ 10:** Συγκεντρωτικός Μέσων Όρων Τοξικότητας ευαίσθητων και ανθεκτικών τριφυλλιών ανά περίοδο βαθμονόμησης

Βαθμονόμηση	Μ.Ο. Ευαίσθητων (S)	Μ.Ο. Ανθεκτικών (R)
1 <sup>η</sup>	2,6	1,2
2 <sup>η</sup>	1,6	1
3 <sup>η</sup>	3,5	1
4 <sup>η</sup>	3,3	1,9
5 <sup>η</sup>	3,3	1,5
6 <sup>η</sup>	3,3	1
7 <sup>η</sup>	3,4	1,2
8 <sup>η</sup>	3,3	1
9 <sup>η</sup>	3,6	1,7



### 3.1.2 Πίνακες και γραφήματα μετρήσεων ξηρού βάρους στα φυτά τριφυλλιού και λόγος ευαίσθητου / ανθεκτικού βιοτύπου (δείκτης Ratio)

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 : ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ 1η

1/6/2004

	Ευαίσθητα (S)		Ανθεκτικά (R)
	Ξηρό Βάρος (gr)		Ξηρό Βάρος (gr)
S1	0,385	R1	2,676
S2	2,632	R2	4,186
S3	0,467	R3	4,925
S4	3,398	R4	4,819
S5	0,772	R5	3,258
S6	1,779	R6	2,109
S7	1,033	R7	1,181
S8	3,958	R8	4,387
S9	1,285	R9	0,78
S10	0,692	R10	1,023
S11	2,778	R11	0,885
S12	2,621	R12	2,031
S13	3,414	R13	4,093
S14	1,209	R14	2,744
S15	3,856	R15	6,274
S16	1,506	R16	1,372
S17	2,951	R17	2,688
S18	2,845	R18	4,265
S19	3,612	R19	3,675
S20	1,936	R20	4,387
M.O	2,16	M.O	3,09

Λόγος S/R = 0,70



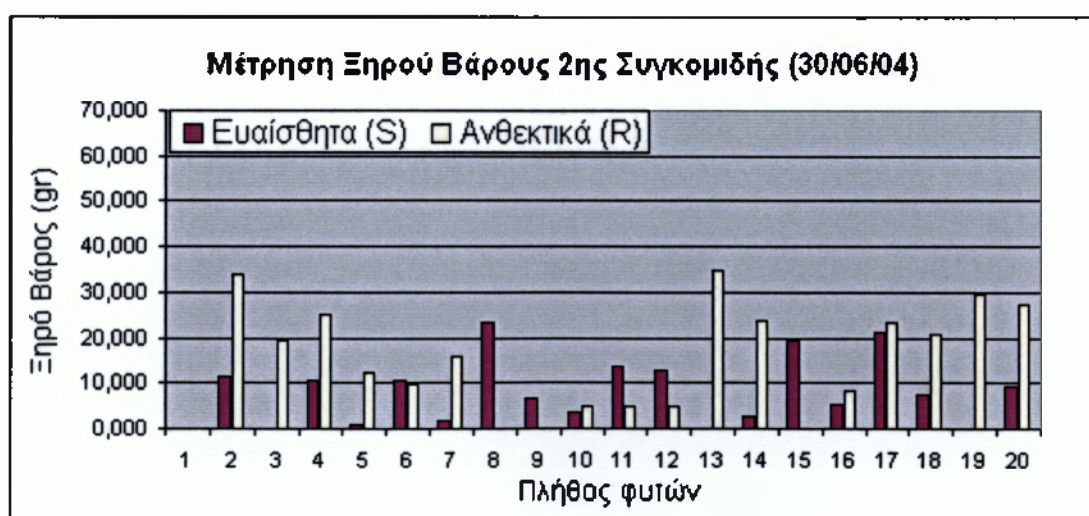


ΠΙΝΑΚΑΣ 2 : ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ 2η

30/6/2004

Ευαίσθητα (S)		Ανθεκτικά (R)	
Ξηρό Βάρος (gr)		Ξηρό Βάρος (gr)	
S1		R1	
S2	11,627	R2	33,980
S3		R3	19,470
S4	10,722	R4	25,090
S5	1,013	R5	12,227
S6	10,493	R6	9,516
S7	1,681	R7	15,850
S8	23,361	R8	
S9	6,688	R9	
S10	3,351	R10	4,864
S11	13,830	R11	4,647
S12	12,652	R12	4,823
S13		R13	34,643
S14	2,659	R14	23,890
S15	19,266	R15	
S16	5,454	R16	8,519
S17	21,318	R17	23,193
S18	7,387	R18	20,720
S19		R19	29,547
S20	9,220	R20	27,348
M.O	10,05	M.O	18,65

Λόγος S/R = 0,54

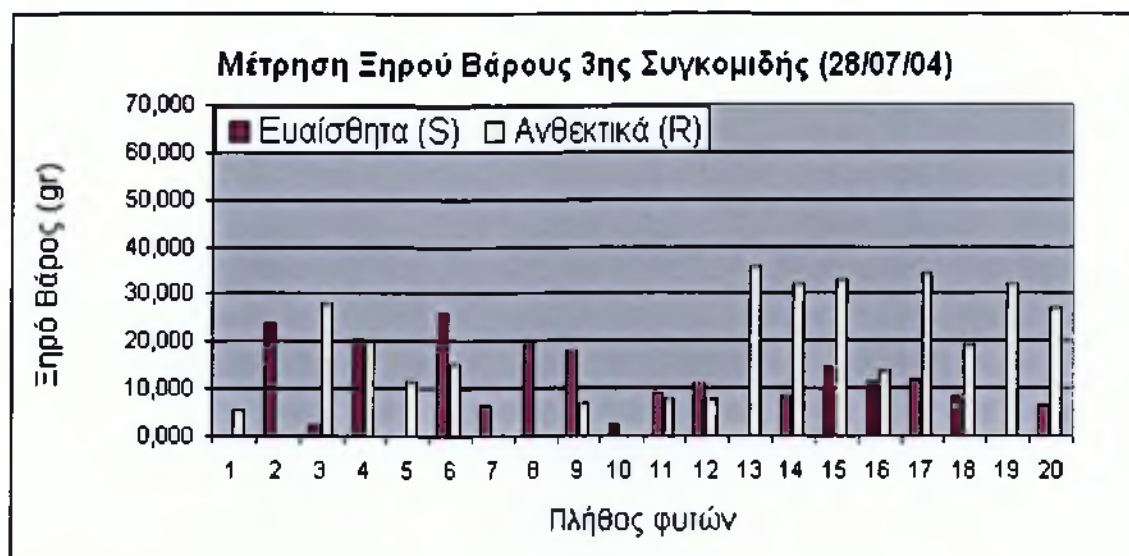


ΠΙΝΑΚΑΣ 3 : ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ 3η

28/7/2004

Ευαίσθητα (S)		Ανθεκτικά (R)	
Ξηρό Βάρος (gr)		Ξηρό Βάρος (gr)	
S1		R1	5,467
S2	23,889	R2	
S3	2,164	R3	27,919
S4	20,535	R4	20,231
S5		R5	11,471
S6	26,199	R6	15,026
S7	6,587	R7	
S8	19,343	R8	
S9	17,783	R9	6,927
S10	2,358	R10	
S11	9,124	R11	7,989
S12	11,009	R12	7,855
S13		R13	35,750
S14	8,280	R14	32,251
S15	14,589	R15	32,724
S16	11,611	R16	13,860
S17	11,761	R17	34,086
S18	8,231	R18	19,323
S19		R19	32,221
S20	6,213	R20	26,991
M.O	12,48	M.O	20,63

Λόγος S/R = 0,60

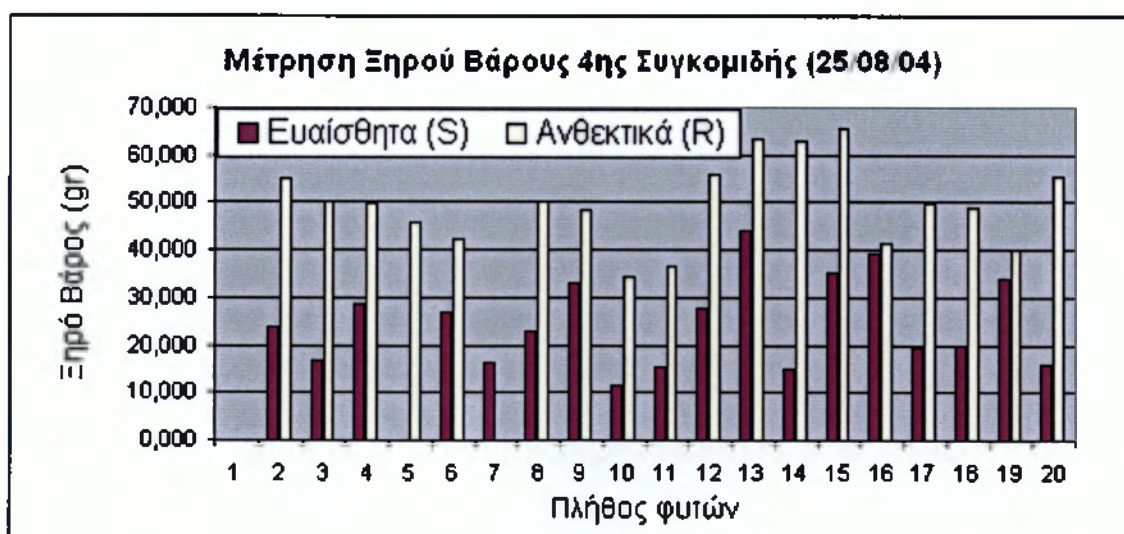


ΠΙΝΑΚΑΣ 4 : ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ 4η

25/8/2004

	Ευαίσθητα (S)		Ανθεκτικά (R)
	Ξηρό Βάρος (gr)		Ξηρό Βάρος (gr)
S1		R1	
S2	23,686	R2	54,840
S3	16,679	R3	50,181
S4	28,790	R4	49,912
S5		R5	45,633
S6	27,058	R6	42,376
S7	16,335	R7	
S8	22,999	R8	50,283
S9	32,845	R9	48,583
S10	11,632	R10	34,227
S11	15,232	R11	36,564
S12	27,683	R12	55,807
S13	43,887	R13	63,189
S14	15,158	R14	63,117
S15	35,108	R15	65,433
S16	39,047	R16	41,593
S17	19,476	R17	49,816
S18	19,854	R18	48,963
S19	34,089	R19	39,860
S20	16,021	R20	55,588
M.O	24,75	M.O	50,23

Λόγος S/R = 0,49

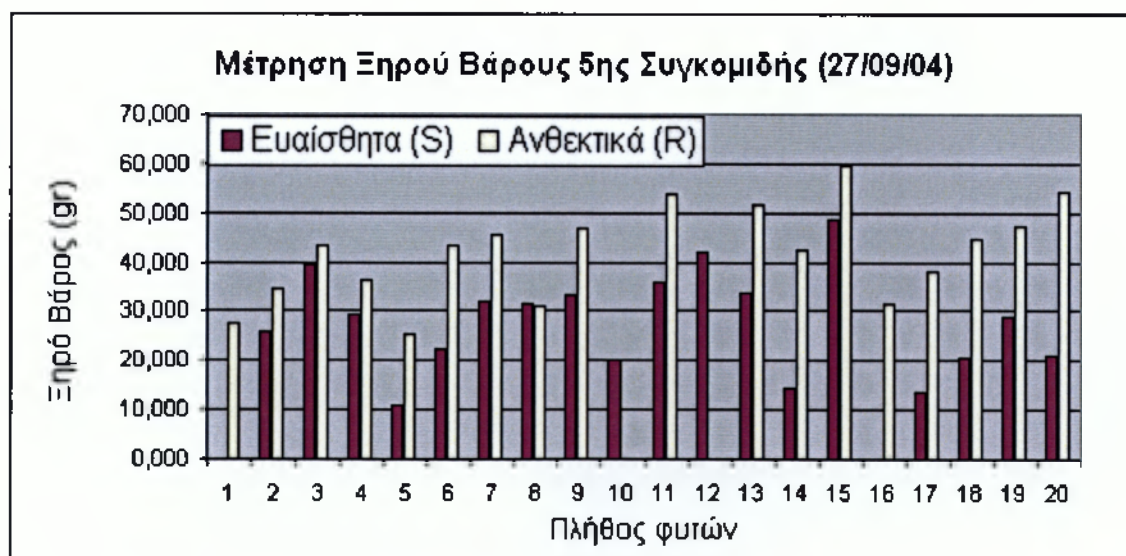


ΠΙΝΑΚΑΣ 5 : ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ 5η

27/9/2004

Ευαίσθητα (S)		Ανθεκτικά (R)	
Ξηρό Βάρος (gr)		Ξηρό Βάρος (gr)	
S1		R1	27,736
S2	25,712	R2	34,572
S3	39,434	R3	43,466
S4	29,117	R4	36,347
S5	11,088	R5	25,266
S6	22,132	R6	43,106
S7	32,039	R7	45,329
S8	31,495	R8	31,169
S9	33,141	R9	46,920
S10	20,112	R10	
S11	35,806	R11	53,757
S12	41,788	R12	
S13	33,583	R13	51,771
S14	14,346	R14	42,244
S15	48,712	R15	59,308
S16		R16	31,337
S17	13,696	R17	37,901
S18	20,611	R18	44,649
S19	28,856	R19	47,268
S20	21,113	R20	54,054
M.O	27,93	M.O	42,01

Λόγος S/R = 0,66

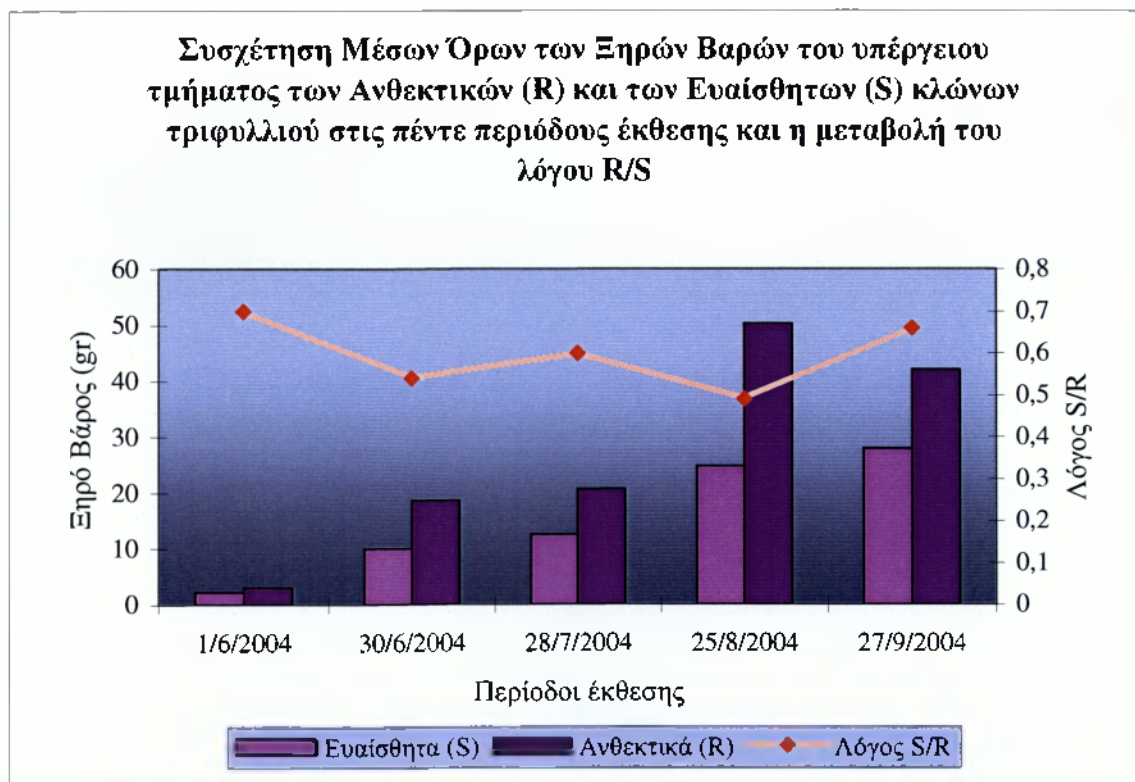




**ΠΙΝΑΚΑΣ 6:** Συγκεντρωτικός Μέσων Όρων ξηρού βάρους ευαίσθητων και ανθεκτικών τριφυλλιών ανά περίοδο έκθεσης και ο δείκτης Ratio

Περίοδος Έκθεσης	Μ.Ο. ξηρού βάρους ευαίσθητων (S)	Μ.Ο. ξηρού βάρους ανθεκτικών (R)	Λόγος S/R
1/6/2004	2,16	3,09	0,70
30/6/2004	10,05	18,65	0,54
28/7/2004	12,48	20,63	0,60
25/8/2004	24,75	50,23	0,49
27/9/2004	27,93	42,01	0,66

**Συσχέτιση Μέσων Όρων των Ξηρών Βαρών του υπέργειου τμήματος των Ανθεκτικών (R) και των Ευαίσθητων (S) κλώνων τριφυλλιού στις πέντε περιόδους έκθεσης και η μεταβολή του λόγου R/S**



### 3.1.3 Φωτογραφικό υλικό με συμπτώματα όζοντος σε βιοδείκτες τριφυλλιού

Ανθεκτική ποικιλία τριφυλλιού χωρίς συμπτώματα όζοντος



Εικ. 3.1.1



Εικ. 3.1.2

Χαρακτηριστικά συμπτώματα όζοντος σε ευαίσθητη ποικιλία τριφυλλιού (S)



Εικ. 3.1.3



Εικ.3.1.4



Εικ. 3.1.5



### 3.2. ΠΕΙΡΑΜΑ II

#### 3.2.1 Πίνακες βαθμονόμησης τοξικότητας όζοντος σε φυτά καπνού (Bel-W3) και τοπογραφικά στοιχεία ανά περιοχή

\*Σημείωση: όπου «Χ» δεν έχει γίνει μέτρηση λόγω καταστροφής του φύλλου.

<b>Τοποθεσία: ΒΟΡΕΙΟ</b>	<b>Υψόμετρο: 639 m</b>		
Βόρειο γεωγραφικό πλάτος :	36°	57'	28''
Ανατολικό γεωγραφικό μήκος :	22°	14'	32''

Ημ/νία τοποθέτησης: 13/05/04			Ημ/νία τοποθέτησης: 27/05/04		
Ημ/νία βαθμονόμησης: 27/05/04			Ημ/νία βαθμονόμησης: 10/06/05		
Νο φύλλου	BELW 1	BELW 2	Νο φύλλου	BELW 1	BELW 2
Σημεία	0	0	Σημεία	0	0
1	0	0	1	0	0
2	0	0	2	0	0
3	1	1	3	0	1
4	5	10	4	0	10
5	30	25	5	1	15
6	30	40	6	5	5
7	70	15	7	25	30
8	x	x	8	20	x
<b>M.O. 4-7</b>	<b>33,75</b>	<b>22,5</b>	<b>M.O. 4-7</b>	<b>7,75</b>	<b>15</b>

Ημ/νία τοποθέτησης: 10/06/05		
Ημ/νία βαθμονόμησης: 08/07/04		
Νο φύλλου	BELW 1	BELW 2
Σημεία	0	0
1	0	0
2	0	0
3	0	1
4	1	1
5	1	60
6	40	50
7	50	50
8	80	80
<b>M.O. 4-7</b>	<b>23</b>	<b>40,25</b>

Τοποθεσία: **ΑΡΧΟΝΤΙΚΟ** Υψόμετρο: 14 m  
 Βόρειο γεωγραφικό πλάτος : 36° 58' 23"  
 Ανατολικό γεωγραφικό μήκος : 22° 08' 45"

Ημ/νία τοποθέτησης:			Ημ/νία τοποθέτησης:		
13/05/04			27/05/04		
Ημ/νία βαθμονόμησης:			Ημ/νία βαθμονόμησης:		
27/05/04			10/06/04		
Νο φύλλου	BELW 1	BELW 2	Νο φύλλου	BELW 1	BELW 2
Σημαία	0	0	Σημαία	0	0
1	0	0	1	0	0
2	1	0	2	0	0
3	1	0	3	0	5
4	15	1	4	0	20
5	25	15	5	1	15
6	10	10	6	1	5
7	10	10	7	5	X
8	x	x	8	15	X
M.O. 4-7	15	9	M.O. 4-7	1,75	13,333333

Τοποθεσία: **ΑΡΤΕΜΙΣΙΑ** Υψόμετρο: 704 m  
 Βόρειο γεωγραφικό πλάτος : 37° 05' 52"  
 Ανατολικό γεωγραφικό μήκος : 22° 13' 43"

Ημ/νία τοποθέτησης:			Ημ/νία τοποθέτησης:		
13/05/04			27/05/04		
Ημ/νία βαθμονόμησης:			Ημ/νία βαθμονόμησης:		
27/05/04			10/06/04		
Νο φύλλου	BELW 1	BELW 2	Νο φύλλου	BELW 1	BELW 2
Σημαία	0	0	Σημαία	0	0
1	0	0	1	0	0
2	0	1	2	5	0
3	1	5	3	15	0
4	5	10	4	25	0
5	15	30	5	15	1
6	X	x	6	x	10
7	5	X	7	x	15
8			8		
M.O. 4-7	8,3333333	20	M.O. 4-7	20	6,5

Τοποθεσία: ΔΥΡΡΑΧΙ

Υψόμετρο: 830 m

Βόρειο γεωγραφικό πλάτος : 37ο 11' 15''

Ανατολικό γεωγραφικό μήκος : 22ο 12' 12''

Ημ/νία τοποθέτησης: 13/05/04			Ημ/νία τοποθέτησης: 27/05/04		
Ημ/νία βαθμονόμησης: 27/05/04			Ημ/νία βαθμονόμησης: 10/06/04		
Νο φύλλου	BELW 1	BELW 2	Νο φύλλου	BELW 1	BELW 2
Σημαία	0	0	Σημαία	0	0
1	0	0	1	0	0
2	1	1	2	0	1
3	15	25	3	1	15
4	X	15	4	10	25
5	X	15	5	5	5
6	X	X	6	10	15
7	X	X	7	15	x
8	x	x	8	10	x
M.O. 4-7	X	15	M.O. 4-7	10	15

Ημ/νία τοποθέτησης: 10/06/05		
Ημ/νία βαθμονόμησης: 08/07/04		
Νο φύλλου	BELW 1	BELW 2
Σημαία	0	0
1	0	0
2	0	0
3	0	5
4	1	5
5	5	25
6	20	50
7	x	40
8	x	x
M.O. 4-7	8,6666667	30

Τοποθεσία: ΤΟΥΡΙΣΤΙΚΟ

Υψόμετρο: 1304 m

Βόρειο γεωγραφικό πλάτος : 37ο 03' 57''

Ανατολικό γεωγραφικό μήκος : 22ο 15' 58''

Ημ/νία τοποθέτησης: 13/05/04			Ημ/νία τοποθέτησης: 27/05/04		
Ημ/νία βαθμονόμησης: 27/05/04			Ημ/νία βαθμονόμησης: 10/06/04		
Νο φύλλου	BELW 1	BELW 2	Νο φύλλου	BELW 1	BELW 2
Σημαία	0	0	Σημαία	0	0
1	20	0	1	0	0
2	40	1	2	1	1
3	X	10	3	1	20
4	X	X	4	5	60
5	X	X	5	40	30
6	X	X	6	25	x
7	X	X	7	30	x
8	x	x	8	x	x
M.O. 4-7	x	X	M.O. 4-7	25	45

Τοποθεσία: Τ.Ε.Ι.

Υψόμετρο: 54m

Ημ/νία τοποθέτησης:		13/05/04
Ημ/νία βαθμονόμησης:		27/05/04
Νο φύλλου	BELW 1	BELW 2
Σημαία	0	0
1	0	0
2	1	0
3	5	1
4	15	5
5	X	15
6	X	10
7	X	X
8	X	X
M.O. 4-7	15	10

Τοποθεσία: ΠΑΝΙΠΕΡΙ

Ημ/νία τοποθέτησης:			13/05/04	Ημ/νία τοποθέτησης:			27/05/04
Ημ/νία βαθμονόμησης:			27/05/04	Ημ/νία βαθμονόμησης:			10/06/04
Νο φύλλου	BELW 1	BELW 2	Νο φύλλου	BELW 1	BELW 2		
Σημαία	0	0	Σημαία	0	0		
1	0	0	1	0	0		
2	5	0	2	0	0		
3	20	5	3	0	1		
4	35	30	4	0	1		
5	X	50	5	1	10		
6	X	X	6	1	10		
7	X	X	7	5	25		
8	X	X	8	5	10		
M.O. 4-7	35	40	M.O. 4-7	1,75	11,5		

Ημ/νία τοποθέτησης:		10/06/05
Ημ/νία βαθμονόμησης:		08/07/04
Νο φύλλου	BELW 1	BELW 2
Σημαία	0	0
1	0	0
2	0	0
3	1	5
4	10	10
5	35	20
6	70	50
7	70	10
8	30	5
M.O. 4-7	46,25	22,5

Τοποθεσία: ΧΡΑΝΟΙ

Ημ/νία τοποθέτησης: 13/05/04			Ημ/νία τοποθέτησης: 27/05/04		
Ημ/νία βαθμολόγησης: 27/05/04			Ημ/νία βαθμολόγησης: 10/06/04		
Νο φύλλου	BELW 1	BELW 2	Νο φύλλου	BELW 1	BELW 2
Σημαία	0	0	Σημαία	0	0
1	0	0	1	0	0
2	10	5	2	0	0
3	15	10	3	0	1
4	10	20	4	0	1
5	20	25	5	1	1
6	X	20	6	1	1
7	X	15	7	5	10
8	X	X	8	15	X
M.O. 4-7	15	20	M.O. 4-7	1,75	3,25

Τοποθεσία: ΝΕΟΧΩΡΙ

Ημ/νία τοποθέτησης: 13/05/04			Ημ/νία τοποθέτησης: 27/05/04		
Ημ/νία βαθμολόγησης: 27/05/04			Ημ/νία βαθμολόγησης: 10/06/04		
Νο φύλλου	BELW 1	BELW 2	Νο φύλλου	BELW 1	BELW 2
Σημαία	0	0	Σημαία	0	0
1	0	0	1	0	0
2	0	0	2	0	0
3	15	0	3	0	0
4	30	1	4	0	1
5	5	30	5	1	1
6	5	15	6	1	5
7	X	5	7	15	20
8	x	x	8	10	x
M.O. 4-7	13,333333	12,75	M.O. 4-7	4,25	6,75

Ημ/νία τοποθέτησης: 10/06/05		
Ημ/νία βαθμολόγησης: 08/07/04		
Νο φύλλου	BELW 1	BELW 2
Σημαία	0	0
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	10	25
5	15	X
6	35	50
7	X	X
8	20	X
M.O. 4-7	20	37,5

Τοποθεσία: ΚΟΡΩΝΗ

Ημ/νία τοποθέτησης: 13/05/04			Ημ/νία τοποθέτησης: 27/05/04		
Ημ/νία βαθμονόμησης: 27/05/04			Ημ/νία βαθμονόμησης: 10/06/04		
Νο φύλλου	BELW 1	BELW 2	Νο φύλλου	BELW 1	BELW 2
Σημαία	0	0	Σημαία	0	0
1	0	0	1	0	0
2	5	5	2	5	5
3	50	15	3	50	15
4	30	35	4	30	35
5	5	30	5	5	30
6	5	15	6	5	15
7	5	1	7	5	1
8			8		
M.O. 4-7	11,25	20,25	M.O. 4-7	11,25	20,25

Τοποθεσία: ΑΡΙΣ

Ημ/νία τοποθέτησης: 13/05/04			Ημ/νία τοποθέτησης: 27/05/04		
Ημ/νία βαθμονόμησης: 27/05/04			Ημ/νία βαθμονόμησης: 10/06/04		
Νο φύλλου	BELW 1	BELW 2	Νο φύλλου	BELW 1	BELW 2
Σημαία	0	0	Σημαία	0	0
1	0	0	1	0	0
2	5	1	2	0	0
3	10	10	3	1	1
4	60	15	4	10	1
5	30	20	5	15	5
6	X	X	6	20	5
7	X	X	7	20	5
8	X	X	8	X	X
M.O. 4-7	45	17,5	M.O. 4-7	16,25	4

Ημ/νία τοποθέτησης: 10/06/05		
Ημ/νία βαθμονόμησης: 08/07/04		
Νο φύλλου	BELW 1	BELW 2
Σημαία	0	0
1	0	0
2	1	0
3	5	5
4	5	1
5	40	5
6	X	40
7	X	X
8	X	X
M.O. 4-7	22,5	15,33333



Τοποθεσία: **ΜΕΣΣΗΝΗ** Υψόμετρο: 0m  
 Βόρειο γεωγραφικό πλάτος : 37ο 01' 14\*\*  
 Ανατολικό γεωγραφικό μήκος : 22ο 00' 26\*\*

Ημ/νία τοποθέτησης: 13/05/04			Ημ/νία τοποθέτησης: 27/05/04		
Ημ/νία βαθμονόμησης: 27/05/04			Ημ/νία βαθμονόμησης: 10/06/04		
No φύλλου	BELW 1	BELW 2	No φύλλου	BELW 1	BELW 2
Σημαία	0	0	Σημαία	0	0
1	0	1	1	0	0
2	0	1	2	0	0
3	0	5	3	0	0
4	0	65	4	0	1
5	0	x	5	15	5
6	5	x	6	15	5
7	15	x	7	50	30
8	20	x	8	50	55
<b>M.O. 4-7</b>	5	65	<b>M.O. 4-7</b>	20	10,25

Τοποθεσία: **ΣΕΛΙΤΣΑ - ΒΕΡΓΑ**

Ημ/νία τοποθέτησης: 13/05/04			Ημ/νία τοποθέτησης: 27/05/04		
Ημ/νία βαθμονόμησης: 27/05/04			Ημ/νία βαθμονόμησης: 10/06/04		
No φύλλου	BELW 1	BELW 2	No φύλλου	BELW 1	BELW 2
Σημαία	0	0	Σημαία	0	0
1	1	1	1	0	0
2	5	15	2	0	0
3	10	30	3	0	0
4	60	30	4	0	1
5	70	20	5	0	10
6	X	10	6	1	10
7	X	X	7	5	10
8	x	x	8	5	X
<b>M.O. 4-7</b>	65	20	<b>M.O. 4-7</b>	1,5	7,75

Εκτίμηση φυτοτοξικών επιπέδων όζοντος στη Μεσσηνία με  
με 'βιοκαταγραφή' σε φυτά δείκτες (καπνός Bel W3)

ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	Ποσοστό (%) ζημιάς φυλλικής επιφάνειας (Μ.Ο. 4-7 φύλλο)	Μέγιστη ζημιά (περισσότερο ζημιωμένο φύλλο)
<b>Βέργα</b>		43	65
<b>Μεσσήνη</b>	0m	37	65
<b>Πανιπέρι</b>		38	46
<b>Τουριστικό</b>	1304 m	35	45
<b>Αρις</b>		31	45
<b>Βόρειο</b>	639 m	28	40
<b>Νεοχώρι</b>		13	38
<b>Δυρράχι</b>	830 m	15	37
<b>Κορώνη</b>	10 m	16	21
<b>Αρτεμισία</b>	704 m	14	20
<b>Χράνοι</b>		18	20
<b>Αρχοντικό</b>	4 m	12	15
<b>Τ.Ε.Ι</b>	54 m	15	15





### 3.2.2 Φωτογραφικό υλικό με χαρακτηριστικά συμπτώματα τοξικότητας όζοντος σε φυτά καπνού (Bel-W3) στις περιοχές της Μεσσηνίας

Φυτά καπνού πριν την έκθεσή τους (εικόνες αριστερά) και μετά την έκθεσή τους (εικόνες δεξιά) στην τοποθεσία Βόρειο



Εικ. 3.2.1



Εικ. 3.2.2



Εικ. 3.2.3



Εικ. 3.2.4



Εικ. 3.2.5



Εικ. 3.2.6



Φυτά καπνού πριν την έκθεσή τους (εικόνες αριστερά) και μετά την έκθεσή τους (εικόνες δεξιά) στην τοποθεσία Αρχοντικό



Εικ.3.2.7



Εικ.3.2.8



Εικ.3.2.9



Εικ.3.2.10



Φυτά καπνού πριν την έκθεσή τους (εικόνες αριστερά) και μετά την έκθεσή τους (εικόνες δεξιά) στην τοποθεσία Αρτεμισία



Εικ.3.2.12



Εικ.3.2.13



Εικ.3.2.14



Εικ.3.2.15

Εικ.3.2.16 Φυτά καπνού μετά την έκθεσή τους στην τοποθεσία Άρις





Φυτά καπνού πριν την έκθεσή τους (εικόνες αριστερά) και μετά την έκθεσή τους (εικόνες δεξιά) στην τοποθεσία Τουριστικό



Εικ.3.2.17



Εικ.3.2.18



Εικ.3.2.19



Εικ.3.2.20

Εικ.3.2.21 Φυτά καπνού μετά την έκθεσή τους στην τοποθεσία Μεσσήνη



Εικ.3.2.22 Φυτά καπνού μετά την έκθεσή τους στην τοποθεσία Πανιπέρι





Φυτά καπνού πριν την έκθεσή τους (εικόνες αριστερά) και μετά την έκθεσή τους (εικόνες δεξιά) στην τοποθεσία Τουριστικό



Εικ.3.2.23



Εικ.3.2.24



Εικ.3.2.25



Εικ.3.2.26

Εικ.3.2.27 Φυτά καπνού μετά την έκθεσή τους στην τοποθεσία Βέργα



Εικ.3.2.28 Φυτά καπνού μετά την έκθεσή τους στην τοποθεσία Νεοχώρι



#### 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η μελέτη της αποτίμησης των φυτοτοξικών επιπέδων όζοντος που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή της Καλαμάτας καθώς και συνολικά στο νομό της Μεσσηνίας, εκτελέστηκε μέσα στα πλαίσια ειδικού διεθνούς προγράμματος (ICP Vegetation) υπό την επίβλεψη του κ. Βελισσαρίου. Η βιοκαταγραφή διεξήχθη μέσω δύο πειραμάτων τα οποία διαφοροποιήθηκαν όσον αφορά στη μεθόδευση, στο φυτικό υλικό και στην ευρύτητα της μέτρησης (τοπικό επίπεδο - επίπεδο νομού).

Το πείραμα που έγινε σε τοπικό επίπεδο (Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας-Αντικάλαμος) με τη χρήση των βιοδεικτών τριφυλλιού (*Trifolium repens*), κατά την περίοδο Μαΐου-Σεπτεμβρίου 2004, ήταν μέρος μιας επαναλαμβανόμενης διαδικασίας καθώς πραγματοποιήθηκε για πρώτη φορά την προηγούμενη χρονιά κατά την ίδια χρονική περίοδο (Μάιος-Σεπτέμβριος 2003) και έπεται να συνεχιστεί τα επόμενα χρόνια. Τα περσινά αποτελέσματα της βιοκαταγραφής έδειξαν υψηλά φυτοτοξικά επίπεδα όζοντος, γεγονός που επαληθεύτηκε και από τις μετρήσεις μηχανήματος ανάλυσης και καταγραφής όζοντος. Συγκεκριμένα η αθροιστική συγκέντρωση όζοντος ήταν υπέρ πενταπλάσια των ευρωπαϊκών κρίσιμων επιπέδων.

Συσχετιζόμενα σχεδόν απόλυτα με τα καταγεγραμμένα επίπεδα όζοντος του προηγούμενου έτους, οι δείκτες τριφυλλιού του παρόντος πειράματος παρουσίασαν συμπτώματα ανάλογα της υψηλής αυτής εντάσεως του ρύπου. Η αντικειμενικότητα των αποτελεσμάτων υπογραμμίζεται δεδομένου ότι τα φυτά επιβλέπονταν καθημερινά και δεν παρατηρήθηκε κανενός είδους προσβολή (παθογόνα, εχθροί κ.α.) ενώ όλοι οι εδαφοκλιματικοί παράγοντες που θα μπορούσαν να επηρεάσουν τα αποτελέσματα της βιοκαταγραφής, βρίσκονταν σε φυσιολογικά – για το πλείστο των φυτών – επίπεδα. Συνεπώς, από τα παραπάνω αλλά και από τα χαρακτηριστικά ‘παθογνωμονικά’ συμπτώματα, προκύπτει ότι το όζον αποτέλεσε τον κύριο παράγοντα καταπόνησης των φυτών.

Οι αυξημένες συγκεντρώσεις όζοντος κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας είχαν ισχυρές επιπτώσεις κυρίως στα ευαίσθητα πειραματόφυτα τριφυλλιού, που εκφράστηκαν με έντονη παρουσία συμπτωμάτων, ενώ υπήρξε ουσιαστική διαφοροποίηση μεταξύ ευαίσθητου και ανθεκτικού βιότυπου. Ειδικότερα, η παρουσία του ρύπου ήταν έντονη από την πρώτη κιάλας βαθμονόμηση στις 01/06/04, δηλαδή μετά από περίοδο έκθεσης 28 ημερών, όπου το 100% των ευαίσθητων φυτών υπέστησαν καταπόνηση η οποία κλιμακώθηκε από πολύ ελαφριά (1) έως βαριά (5). Αντίθετα, η αντίδραση του ανθεκτικού βιότυπου στο ρύπο διαφοροποιήθηκε συγκριτικά με τα NC-S τριφύλλια, ως αναμενόταν, καθώς το 70% των φυτών δεν παρουσίασαν κανένα σύμπτωμα ενώ τα υπόλοιπα μόλις που εμφάνισαν τα πρώτα συμπτώματα. Ο διαχωρισμός αυτός ήταν αισθητός σε όλη τη διάρκεια του πειράματος, με τα ευαίσθητα NC-S τριφύλλια να παρουσιάζουν συνεχώς ισχυρή καταπόνηση με αυξανόμενη την παρουσία τοξικών συμπτωμάτων έναντι της ανθεκτικότητας που επέδειξαν οι NC-R βιότυποι.

Στις μετρήσεις του ξηρού βάρους των πειραματόφυτων τριφυλλιού απεδείχθη με σαφήνεια η επίδραση της τοξικότητας του όζοντος στην παραγωγή βιομάζας. Ομοίως με τα παραπάνω, οι μετρήσεις υπερτόνισαν τη διαφορά μεταξύ NC-S και NC-R βιοτύπων με σημαντικά μικρότερο το ξηρό βάρος των ευαίσθητων. Αυτό αναδεικνύεται εντονότερα μέσω του υπολογισμού του δείκτη **Ratio**, δηλαδή του λόγου: **ξηρό βάρος ευαίσθητων / ξηρό βάρος ανθεκτικών βιοτύπων** (NC-S / NC-R Ratio) ο οποίος είναι αντιστρόφως ανάλογος των συγκεντρώσεων όζοντος. Επεξηγηματικά, όσο αυξάνει η συγκέντρωση του όζοντος μεγιστοποιεί τη διαφορά μεταξύ ξηρού βάρους ευαίσθητων και ανθεκτικών βιοτύπων, επομένως μειώνεται ο δείκτης Ratio. Αυτό φαίνεται καθαρά στο Σχεδιάγραμμα

Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι οι μετρήσεις και οι βιοκαταγραφές σε μία συγκεκριμένη περιοχή δείχνουν το πρόβλημα του ευρύτερου γεωγραφικού χώρου, και για την περίπτωση του συγκεκριμένου πειράματος, νοείται η νότια ηπειρωτική περιοχή της



χώρας. Το γεγονός αυτό επαληθεύτηκε από το πείραμα που έγινε σε επίπεδο νομού (13 περιοχές της Μεσσηνίας) με τη χρήση βιοδεικτών καπνού (Bel-W3).

Σε όλες τις περιοχές που τοποθετήθηκαν φυτά παρατηρήθηκαν συμπτώματα τοξικότητας όζοντος κυρίως με ποσοτικές αλλά ορισμένες φορές και με ποιοτικές διαφορές μεταξύ τους. Τα πιο κοινά συμπτώματα χαρακτηρίζονταν από μικρές διάσπαρτες κηλίδες στην πάνω επιφάνεια των φύλλων σε συνδυασμό με μεγαλύτερες κυκλικές ή ελαφρά γωνιώδεις. Οι κηλίδες αυτές ήταν αρχικά υδαρείς και άσπρες λόγω της αποκόλλησης της εφυμενίδας και σταδιακά μεταβάλλονταν σε καφέ νεκρώσεις. Σε ελάχιστες περιπτώσεις παρατηρήθηκαν και χλωρώσεις σκούρου πράσινου χρώματος (άτυπα συμπτώματα). Η εικόνα και η μορφολογία αυτή των παθογνωμονικών συμπτωμάτων συμπίπτει με τις περιγραφές που αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία σχετικά με τα -προκαλούμενα από το όζον- συμπτώματα στην ειδική αυτή ποικιλία καπνού. Η παρατήρηση αυτή σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η εμφάνιση συμπτωμάτων συνέβαινε μόνο στα φυτά που εκτείθεντο στο όζον, δηλαδή μετά την έναρξη των εκθέσεων, και ότι προηγουμένως η ανάπτυξη των φυτών γινόταν σε θαλάμους ελεγχόμενων συνθηκών (στους οποίους εισέρχονταν φιλτραρισμένος αέρας), αποδεικνύουν ότι τα συμπτώματα που παρατηρήθηκαν οφείλονταν αποκλειστικά στο όζον.

Η βιοκαταγραφή έδειξε την διασπορά του όζοντος σε όλο το νομό της Μεσσηνίας αφού η παρουσία του ρύπου ήταν σημαντική σε όλες τις περιοχές που συμμετείχαν στο πείραμα από υψόμετρα 1300 μέτρων στο δασικό οικοσύστημα του Ταΰγετου, έως και σε καλλιεργούμενες περιοχές των παραλίων του Μεσσηνιακού κόλπου. Μέγιστο ποσοστό ζημιάς φυλλικής επιφάνειας (Μ.Ο. 4-7 φύλλο) παρατηρήθηκε πρωτίστως στη Μεσσήνη και δευτερευόντως στη Βέργα. Η χρονική και χωροταξική διαφορά στην ένταση των συμπτωμάτων φαίνεται να είναι ανεξάρτητη της απόστασής τους από αστικές ή βιομηχανικές περιοχές. Περισσότερο πιθανό είναι να οφείλονται στις μικροκλιματικές διαφορές ανάμεσα στις περιοχές που διαμορφώνονταν λόγω τοπογραφικής ποικιλομορφίας (στο υψόμετρο,

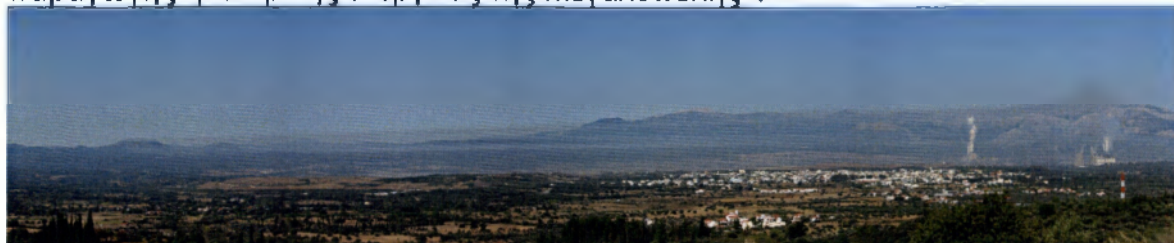
την απόσταση από τη θάλασσα, την ηλιοφάνεια και την ένταση των ανέμων). Το πείραμα βιοκαταγραφής όζοντος με τη χρήση φυτών καπνού Bel-W3 έγινε για πρώτη φορά στο νομό Μεσσηνίας, με μικρό αριθμό επαναλήψεων και χωρίς σύγκριση με τοποθεσία-μάρτυρα, λόγω μη λειτουργίας του ειδικού μετρητή-αναλυτή όζοντος στο Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας. Τα αποτελέσματα όμως επιβεβαίωσαν την ύπαρξη του ρύπου σε φυτοτοξικά επίπεδα και κατά συνέπεια εξηγούνται τα χαρακτηριστικά συμπτώματα τοξικότητας που έχουν παρατηρηθεί σε καλλιέργειες της περιοχής όπως πατάτα, φασόλι, καρπούζι, κ.α., καθώς και σε έλατα στον Ταΰγετο (Βελισσαρίου, προσωπική επικοινωνία), τα οποία έως τώρα δεν είχε γίνει δυνατόν να αποδοθούν σε κάποιο άλλο παράγοντα

Για μία μικρή πληθυσμιακά πόλη όπως η πόλη της Καλαμάτας, με την έλλειψη βαριάς βιομηχανίας, που θα επιβάρυνε ρυπογόνα την ατμόσφαιρά της, οι συγκεντρώσεις όζοντος που καταγράφηκαν, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι είναι σαφώς σε υψηλότερα επίπεδα από τα αναμενόμενα. Αυτό όμως δεν είναι απόλυτα ορθό, δεδομένου ότι, στη χώρα μας αλλά και σε όλη τη ζώνη της Μεσογείου δεν θα πρέπει να υπάρχουν "αναμενόμενα" επίπεδα όζοντος στην ύπαιθρο. Όπως έχει ήδη αναφερθεί είναι δεδομένη η ευρεία γεωγραφική διασπορά του όζοντος στην ύπαιθρο λόγω της δυνατότητας μεταφοράς του όζοντος σε πολύ μακρινές αποστάσεις (διασυνοριακός ρύπος).

Βεβαίως δεν θα πρέπει να αγνοηθεί η γειννίαση της πόλης της Καλαμάτας με το τοπικό αεροδρόμιο με όποιες εκπομπές μπορεί να επιβαρύνει όχι μόνο την Καλαμάτα αλλά και την ευρύτερη περιοχή της Μεσσηνίας.

Όμως θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη η πιθανότητα μεταφοράς του όζοντος ή και αέριων πρόδρομων ουσιών, όπως το διοξείδιο του αζώτου, μέσω αέριων μαζών, που πολλές φορές συντελείται σε αποστάσεις έως και 100 χλμ. – από το γειτονικό εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας του γειτονικού νομού της Μεγαλόπολης (Εικόνα 4.1).

**ΕΙΚΟΝΑ 4.1:** «Διάχυση αέριας ρύπανσης προερχόμενη από το εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Μεγαλόπολης».



Πηγή: (Βελισσαρίου Δ., προσωπική επικοινωνία)

Όλες αυτές οι παρατηρήσεις δίνουν μία ακόμη σαφή ένδειξη ότι το πρόβλημα της φωτοχημικής ρύπανσης με δευτερογενείς φωτοχημικούς ρύπους όπως είναι το όζον, καταγράφεται και πάλι να έχει ευρεία γεωγραφική εξάπλωση στη χώρα μας όσον αφορά τουλάχιστον στα επίπεδα εκείνα που είναι φυτοτοξικά. Εντονότερα αναδεικνύεται η ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση των επιπέδων του όζοντος και σε άλλες περιοχές της χώρας, για εξακρίβωση της εποχιακής συμπεριφοράς των συγκεντρώσεων στα καλλιεργούμενα φυτά καθώς και στα ανθρωπογενή και φυσικά οικοσυστήματα.



**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ****Ξένη βιβλιογραφία**

- Aben J.M., Jansen-Jurkovicova M. and Adema E.H., 1990. Effects of low level ozone exposure under ambient conditions on photosynthesis and stomatal control of *Vicia faba* L. *Plant, Cell Environ* **13**:463-469.
- Buse A., Mills G., Harmens H., Boker P., Hayes F., Williams P., Emberson L., Cinderby S., Ashmore M., Temmerman L. and the participants of the ICP Vegetation, 2003. Air Pollution and Vegetation, annual report 2002/2003. CEH, Great Britain.
- Calvert J.G., Demerjian K. and McQuigg R.D., 1972. Photolysis of phormaldehyde as a hydrogen atom source in the lower atmosphere. *Science* **175**: 751-752.
- Clameides W.L., Fehsenfel F., Rodger M.O., Cardelino C., Martinez J., Parrish D., Lonneman W.L., Lawson D.R., Rasmussen R.A., Zimmerman P., Greenderg J., Middleton P. and Wang T., 1992. Ozone precursor relationships in the ambient atmosphere. *Journal of Geophysical Research* **97**: 6037-6055.
- Chapman S., 1930. A theory of atmospheric ozone. *Mem. Roy. Meteorol. Soc.* **3**:103-125.
- Crutzen P.J.I., 1970. The influence of nitrogen oxide on the atmospheric ozone content. *Q.J.R. Meteorol. Soc.* **96**:320-327.
- Fagare PK, SP Long, EG Lencher and NG Baker, 1991. The sequence of changes within the photosynthetic apparatus of wheat following short term exposure to ozone. *Plant Physiol.* **95**: 529-535.
- Fowler D., M. Coyle, R. Anderson, M.R Ashmore, J.S. Bower, R.A Burgess, J.N Cape, R.G. Derwent, G.J. Dollard, P. Grennfelt, R.M. Harrison, C.N. Hewitt, O. Hov, M.E. Jenkin, D.S. Lee, R.L. Maynard, S.A. Penkett, R.I. Smith, J.R. Stedman, K.J. Weston,

- M.L Williams, P.J. Woods, 1997. Ozone in the United Kingdom. Fourt Report of the Photochemical Oxidants Review Group. 234p.
- Gillespie CT, We Winner, 1989. Development of lines of radish differing in resistance to ozone and sulphur dioxide. *New Phytol.* **112**:155-159.
- Hampson J., 1964. Photochemical behavior of ozone layer. *Tech. Note, Can. Armament Res. Dev. Estab. TN 1627/64*. Valcartier, Canada.
- Experimental Protocol, 2004. International Cooperative Programme on Effects of Air Pollution on Natural Vegetation and Crops, 25p.
- Jäger 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, 618p.
- Johnston H.S., 1971. Reduction of stratospheric ozone by nitrogen oxide catalysts from supersonic transport exhaust. *Science* **17**:517-522.
- Kärenlampi Lauri and Lena Skärby, (Eds), 1996. Critical Levels for Ozone in Europe: Testing and Finalizing the Concepts. UN-ECE Convention on Long-Range Transport Transboundary and Air Pollution Workshop Report. Kuopio, Finland, 15-17 April, 1996. Published by University of Kuopio, Department of Ecology and Environmental Science. 363p.
- Molina M.J. and Rowland F.S., 1974. Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine – atom catalysed destruction of ozone. *Nature.* **249**:810-812.
- Runeckles V.C. and Chevone B.I., 1992. Crop responses to ozone. *In: Surface level ozone exposures and their effects of vegetation* edited by Allen S. Lefohn. Lewis publishers, INC, pp: 189-270.

- Sagar V. Krupa, 1997. Air Pollution, People, and Plants. By the American Phytopathological Society, St. Paul, Minesota, U.S.A.
- Schwartz J., D.W. Dockery, L.M. Neas, D. Wypij, J.H. Ware, J.D. Spengler, P. Koutrakis, F.E. Speizer and B.J. Ferris, 1994. Acute effects of summer air pollution on respiratory symptom reporting in children. *Amer J. Resp. Crit. Care Med.* **150** (5 part 1):1234-1242.
- Seinfeld J., 1989. Urban air pollution: state of science. *Science* **243**: 745-752.
- Solomon S., 1998. The mystery of the Antarctic ozone 'hole'. *Revs. Geophys.* **26**: 131-148.
- Touloumi G., Pocock S.J., Katsouyanni K. and Trichopoulos D., 1994. Short – term effects of air pollution on daily mortality in Athens: A time – series analysis. *Inter. J. Epidemiology* **23**:5:957 – 967.
- Velissariou D. and Kyriazi A., 1996. A Greek clover variety - biological indicator for ozone toxicity. (Abstract) *Phytopathol. Mediterr.* 1996, 35, pp 227-228.
- Velissariou D., 2000. Establishment of the Critical Levels of ozone in Europe and its effects on crop plants, forests and natural vegetation. (Abstract) *Phytopathol. Mediterr.* 2000, **39**: 338p.
- Velissariou D., Skretis L., 2001. Phytotoxic ozone concentrations in the fir forest of the Parnis National Park. (Abstract) *Phytopathol. Mediterr.* 2001, **40**:83p.
- Velissariou D., Venouziou J. and Papas K., 2000. Cases of necrotic symptoms on Greek crop plants. Is air pollution a cause for many of them? A case study at Gomfi, Trikala, Thessaly. (Abstract) *Phytopathol. Mediterr.* 2000, **39**: 322p.
- Yunus M. and M. Yqbal, 1996. Plant Response to Air PoLlution. ISBN 0-471-96061-6.

### **Ελληνική βιβλιογραφία**

Βελισσαρίου Δ., 1992. Αέριοι φωτοχημικοί ρύποι - όζον : Φυτοτοξικοί ρύποι της πόλης που απειλούν καλλιέργειες και φυσική βλάστηση. *Εισήγηση στο : 6ο Πανελλήνιο Φυτοπαθολογικό Συνέδριο, Περιλήψεις Ανακοινώσεων*, σελ. 16-17, 6-8 Οκτωβρίου 1992, Πάτρα και Γεωργία και Ανάπτυξη 6 (23), Νοε-Δεκ, 1992, σελ.39-40.

Λέκκας Δ., 2004. Επιδράσεις φυτοπροστατευτικών προϊόντων στη φυτοτοξική δράση όζοντος. *Μεταπτυχιακή Μελέτη*. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Σελ. 152

Σαϊτάνης Κ.. 1998. Επιπτώσεις του τροποσφαιρικού όζοντος σε ποικιλίες καπνού καλλιεργούμενες στην Ελλάδα, 1998, *Διδακτορική Διατριβή*. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Σελ. 235

### **Διαδίκτυο**

Διαδίκτυο 1: [www.fiaozone.net/basics.htm](http://www.fiaozone.net/basics.htm).

Διαδίκτυο 2: [www.icpvegetation.ceh.ac.uk](http://www.icpvegetation.ceh.ac.uk)

Διαδίκτυο 3: [www.ces.ncsu.edu/depts/pp/notes/Ozone/ozone.html](http://www.ces.ncsu.edu/depts/pp/notes/Ozone/ozone.html)