

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΦΥΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΑΣ**

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΚΟΝΗΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΙΑ,  
ΠΟΙΚΙΛΙΑ ΚΟΝΣΕΡΒΟΛΙΑ.**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ  
ΤΗΣ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ  
*ΕΡΙΦΥΛΗΣ Γ. ΖΑΧΑΡΟΥΛΗ***

**ΒΟΛΟΣ 2001**

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΛΑΡΙΣΣΑ



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ  
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 1073/1  
Ημερ. Εισ.: 25-09-2003  
Δωρεά: \_\_\_\_\_  
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΓΦΖΠ  
2001  
ZAX



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΦΥΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΑΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**  
**ΝΑΝΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

**ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**  
ΝΑΝΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, Επίκουρος καθηγητής  
ΓΕΜΤΟΣ ΘΕΟΦΑΝΗΣ, Αν. Καθηγητής  
ΤΣΙΡΟΠΟΥΛΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ, Επίκουρος καθηγητής

**ΒΟΛΟΣ 2001**

Στους αγαπημένους μου  
γονείς, Γιώργο και Βάσω, και  
στην αδερφή μου, Νία, για την  
πολύτιμη ηθική και υλική τους  
συμπαράσταση

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Γεώργιο Νάνο, Επίκουρο καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το γνωστικό αντικείμενο καθώς και για την καθοδήγηση και την επιστημονική υποστήριξη που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια της πραγματοποίησης της παρούσας διατριβής.

Ευχαριστώ επίσης θερμά τον κ. Θεοφάνη Γέμτο, Αναπληρωτή καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας και τον κ. Νικόλαο Τσιρόπουλο, Επίκουρο καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας για τη συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b>	<b>8</b>
<b>A. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ</b>	<b>9</b>
<b>1. Η ΕΛΙΑ</b>	<b>9</b>
1.1 Καταγωγή και διάδοση της ελιάς.	9
1.2 Χρησιμότητα της ελιάς.	10
1.3 Συστηματική ταξινόμηση.	10
1.4 Βοτανική περιγραφή.	10
1.5 Βιολογία.	11
1.6 Κλίμα και έδαφος.	12
1.7 Πολλαπλασιασμός.	12
1.8 Εχθροί και ασθένειες.	13
1.9 Ποικιλίες ελιάς.	13
1.10 Ποικ. Κονσερβολιά.	14
<b>2. ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΛΙΑΣ</b>	<b>16</b>
2.1 Γενικά για τη φωτοσύνθεση.	16
2.2 Φωτοσυνθετικές χρωστικές.	16
2.3 Παράγοντες που επηρεάζουν τη φωτοσύνθεση.	18
2.3.1 Εξωτερικοί παράγοντες.	19
2.3.2 Εσωτερικοί παράγοντες.	20
<b>3. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ</b>	<b>22</b>
3.1 Γενικά.	22
3.2 Αιωρούμενα σωματίδια ή αερολύματα.	22

3.2.1	Γενικά.	22
3.2.2	Γενικές επιδράσεις των aerosols.	23
3.2.3	Χημική σύνθεση των aerosols της τροπόσφαιρας.	23
3.3	Οξείδια του θείου.	24
3.4	Υδροθείο.	25
3.5	Όξινη βροχή.	25
3.6	Θευικά άλατα.	25
3.7	Διοξείδιο του άνθρακα.	26
3.8	Μονοξείδιο του άνθρακα.	26
3.9	Όζον	27
3.10	Οξείδια του αζώτου και φωτοχημική καπνομίχλη.	28
3.10.1	Διαζωτοξείδιο N <sub>2</sub> O.	28
3.10.2	Αμμωνία.	28
3.10.3	Μονοξείδιο (NO) και διοξείδιο του αζώτου (NO <sub>2</sub> ).	28
3.10.4	Φωτοχημική καπνομίχλη.	29
3.11	Βαρέα μέταλλα.	29
3.11.1	Τοξικότητα του μολύβδου.	30
3.11.2	Η ρύπανση από κάδμιο.	30
3.11.3	Η ρύπανση από υδράργυρο.	31
3.12	Αλογόνα.	31
3.12.1	Φθορίδια.	31
3.12.2	Χλωρίδια.	31
3.12.3	Freons.	31
3.13	Υδρογονάνθρακες.	32
3.14	Αμίαντος.	32
3.15	Σκόνη τσιμέντου.	32
3.15.1	Τύποι τσιμέντων.	33
3.15.1.1	Τύπος τσιμέντων πόρτλαντ.	33
3.15.1.2	Άλλοι τύποι τσιμέντων.	33
<b>4.</b>	<b>ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΡΥΠΑΝΤΩΝ ΣΤΑ ΦΥΤΑ</b>	<b>35</b>
4.1	Γενικά.	35
4.2	Αντίδραση των φυτών στους ρυπαντές.	35
4.3	Παράγοντες που επηρεάζουν την έκθεση του ρυπαντή.	36
4.3.1	Ο τύπος της σύνθεσης της ουσίας που βρίσκεται στην ατμόσφαιρα.	36

4.3.2 Η συγκέντρωση, διάρκεια και συχνότητα εμφάνισης του ρυπαντή.	36
4.3.3 Η τοπογραφία και η μετεωρολογία-κλιματολογία της περιοχής.	37
4.4 Παράγοντες που επηρεάζουν την αντίδραση του φυτού κατά την έκθεσή του στο ρυπαντή.	37
4.5 Κυριότεροι ρυπαντές και οι επιδράσεις τους στα φυτά.	38
4.5.1 Όζον (O <sub>3</sub> )	38
4.5.2 Διοξείδιο του θείου (SO <sub>2</sub> )	39
4.5.3 Ατμοσφαιρικοί οξειδωτές (NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , δευτερογενείς φωτοοξειδωτές).	39
4.5.4 Βαρέα μέταλλα (Zn, Pb, Ni, Co, Cr, Cu).	39
4.5.5 Σκόνη τσιμέντου.	40

## **B. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ**

41

1) Μέτρηση της επιφάνειας των φύλλων.	42
2) Μέτρηση του βάρους σκόνης των φύλλων.	42
3) Υπολογισμός της ξηράς ουσίας.	42
4) Μέτρηση της χλωροφύλλης a και b.	42

## **Γ. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ**

44

## **Δ. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

48



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μελετήθηκε η επίδραση σκόνης τσιμέντου σε μερικά φυσιολογικά χαρακτηριστικά ενός και δύο ετών φύλλων ελιάς ποικιλίας κονσερβολιά, όταν η σκόνη εφαρμοζόταν στους κλάδους επί τριετία. Βρέθηκε ότι διετή φύλλα ελιάς είχαν παρόμοιο μέγεθος, μεγαλύτερο ποσοστό ξηράς ουσίας, υψηλότερο ειδικό βάρος και λιγότερη χλωροφύλλη a και συνολική από ετήσια φύλλα. Οι διαφορές αυτές ίσως να είναι το αποτέλεσμα της υψηλής καρποφορίας, ίσως δε να είναι και λόγω ξηροθερμικών συνθηκών το έτος ανάπτυξης των ετήσιων φύλλων. Η εφαρμογή σκόνης τσιμέντου επί τριετία στους ανωτέρω κλάδους είχε ως αποτέλεσμα τη συσσώρευση περισσότερης σκόνης στα διετή από ότι στα ετήσια φύλλα. Έτσι φαίνεται ότι μέρος της σκόνης τσιμέντου δεν αφαιρείται από τα φύλλα με τις βροχοπτώσεις ολόκληρου του φθινοπώρου και του χειμώνα. Πάντως μετά από τρία έτη εφαρμογής σκόνης τα φύλλα είχαν παρόμοιο ποσοστό ξηράς ουσίας, ειδικό βάρος και χλωροφύλλες a και b με φύλλα του μάρτυρα (χωρίς σκόνη). Αντίθετα την πρώτη χρονιά εφαρμογής σκόνης, αυτή επηρέασε αρνητικά αρκετές από τις ανωτέρω φυσιολογικές παραμέτρους. Έτσι φαίνεται ότι η ελιά, οπωροφόρο με γνωστή προσαρμοστικότητα και αντοχή σε αντίξοες συνθήκες, ίσως διαθέτει και ενεργοποιεί μηχανισμούς αντοχής σε τέτοιου τύπου καταπονήσεις.

## A. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

### 1. Η ΕΛΙΑ

#### 1.1 Καταγωγή και διάδοση της ελιάς.

Η ιστορία της ελιάς είναι πολύ παλιά και ανάγεται στα προϊστορικά χρόνια. Η καλλιέργειά της φαίνεται να ξεκίνησε από την άγρια ελιά που πιθανότατα κατάγεται από τις περιοχές της ανατολικής λεκάνης της Μεσογείου και μάλιστα από την Ελλάδα. Η καλλιέργειά της φαίνεται πως ήταν γνωστή ήδη από τη Μινωική εποχή και ο καρπός χρησιμοποιούνταν σαν τροφή και το λάδι σαν καύσιμη ύλη. Η σημασία της ελιάς ήταν τέτοια που αποτελούσε το σύμβολο της σοφίας, της ειρήνης και της νίκης.

Από το χώρο της αρχαίας Ελλάδας η ελιά διαδόθηκε αργότερα στους παραμεσόγειους λαούς με τους Έλληνες, τους Φοίνικες και τους Ρωμαίους και στους νεότερους χρόνους μεταφέρθηκε στις χώρες του Δυτικού ημισφαιρίου με τους Ισπανούς και τους Πορτογάλους.

Σήμερα η ελιά είναι η πιο σημαντική δενδρώδης καλλιέργεια της Μεσογειακής ζώνης. Η συνολική παγκόσμια παραγωγή σε ελαιόκαρπο ανέρχεται σε 9.500.000 τόνους. Από τη ποσότητα αυτή 500.000 τόνοι καταναλώνονται σαν βρώσιμες ελιές ενώ οι υπόλοιπες χρησιμοποιούνται για την παραγωγή 1.800.000 τόνων λαδιού (Σφακιωτάκης, 1987). Το μεγαλύτερο μέρος της παγκόσμιας παραγωγής προέρχεται από μεσογειακές χώρες. Πρώτη σε παραγωγή ελιών έρχεται η Ισπανία, δεύτερη η Ιταλία και τρίτη η Ελλάδα συμμετέχοντας στη παγκόσμια παραγωγή σε ποσοστό 12.5% (Βασιλακάκης, 1996). Στην παραγωγή βρώσιμων ελιών πρώτη έρχεται η Ελλάδα και δεύτερη η Ισπανία.

Στην Ελλάδα η ελιά αποτελεί τη σημαντικότερη δενδρώδη καλλιέργεια. Καλλιεργείται κυρίως στις νότιες και στις παραλιακές περιοχές της χώρας μας και καταλαμβάνει περίπου το 15% της συνολικής καλλιεργούμενης έκτασης και το 75% της έκτασης που καλλιεργείται με δένδρα ενώ η καλλιέργειά της απασχολεί το 1/3 περίπου του αγροτικού πληθυσμού της χώρας μας (Σφακιωτάκης, 1993). Η μέση ετήσια παραγωγή σε λάδι ανέρχεται σε 351.000 τόνους και σε βρώσιμες ελιές σε 180.000 τόνους (Σφακιωτάκης, 1987).

Για παραγωγή λαδιού, μεγάλη συγκέντρωση ελαιοδένδρων παρατηρείται σε θερμότερες και ξηρότερες περιοχές της χώρας όπως στην Κρήτη, στα νησιά του Αιγαίου, στην Πελοπόννησο και στα νησιά του Ιονίου, ενώ η παραγωγή βρώσιμων ελιών γίνεται σε δροσερότερες και σε παραθαλάσσιες περιοχές όπως στην κοιλάδα της Άμφισσας, της

Λαμίας, στο Βόλο, στη Μεσσηνία, στη Σπάρτη, στην Άρτα, στο Αγρίνιο και στη Χαλκιδική.

## 1.2 Χρησιμότητα της ελιάς.

Η ελιά καλλιεργείται κυρίως για το πολύτιμο καρπό της που είτε συγκομίζεται ώριμος μελανός - μαύρος για την παραγωγή ελαιόλαδου, είτε ώριμος πράσινος ή μαύρος για επιτραπέζια χρήση μετά από ειδική επεξεργασία για να αφαιρεθούν οι πικρές ουσίες που περιέχει. Οι επιτραπέζιες ελιές θεωρούνται πολύ υγιεινή τροφή για τον άνθρωπο, ενώ το ελαιόλαδο θεωρείται σαν το πιο υγιεινό από τα φυτικά λάδια.

## 1.3 Συστηματική Ταξινόμηση.

Η καλλιεργούμενη ελιά ανήκει στη οικογένεια *Oleaceae*, τάξη *Oleales* και στο είδος *Olea europaea*. Είναι αείφυλλο δένδρο και χαρακτηρίζεται από τη μακροζωία του αφού μπορεί να ζήσει πολλές δεκάδες ή και εκατοντάδες χρόνια. Είναι δένδρο της θερμής εύκρατης και υποτροπικής ζώνης του πλανήτη.

## 1.4 Βοτανική περιγραφή.

Ο κορμός στα νεαρά δένδρα είναι λείος με σταχτοπράσινο φλοιό. Στα ηλικιωμένα δένδρα ο κορμός αποκτά διάμετρο που μπορεί να ξεπεράσει το 1m, ενώ ο φλοιός του αποκτά σκούρο χρώμα και σχίζεται.

Το ξύλο των νεαρών κλαδιών της ελιάς είναι σκληρό, εύκαμπτο αλλά όχι εύθραυστο. Οι πολυάριθμοι κλάδοι και η κάμψη τους προς τα κάτω δίνει στο δένδρο μια πυκνή θαμνώδη εμφάνιση. Το παλιότερο ξύλο είναι σκληρό και πολύ ισχυρό. Τα δένδρα των διαφόρων ποικιλιών και οι διάφορες μορφές σποροφύτων ποικίλουν πολύ ως προς τη ζωηρότητα βλαστήσεως.

Τα φύλλα της ελιάς βγαίνουν δύο σε κάθε γόνατο, είναι αντίθετα μεταξύ τους και προφυλάσσονται από τη γρήγορη απώλεια νερού, περιορίζοντας τη διαπνοή, ιδιαίτερα σε ξηρικές συνθήκες με ανέμους, με την βοήθεια παχιάς εφυμενίδας στη πάνω επιφάνεια που έχει δερματώδη εμφάνιση και την ύπαρξη τριχών στην κάτω επιφάνεια, τρίχες οι οποίες καλύπτουν τα μικρά και βυθισμένα στομάτια. Συνήθως διατηρούνται στο δένδρο για περισσότερο από 1 χρόνο και τα περισσότερα έχουν σχήμα λόγχης με την κάτω επιφάνεια αργυρόχροη και την πάνω βαθιά πράσινη. Τα φύλλα κάποιων ποικιλιών έχουν μήκος έως 7.5cm και πλάτος 1.25cm ενώ τα φύλλα άλλων ποικιλιών είναι βραχύτερα και στενότερα. Τα φύλλα των άγριων σποροφύτων έχουν την τάση να είναι βραχύτερα και στενότερα.

Η ελιά διαθέτει πλούσιο ριζικό σύστημα που τη βοηθά να αναπτύσσεται ακόμη και σε εδάφη άγονα και φτωχά σε εδαφική υγρασία όπως ήδη έχει αναφερθεί. Το κυρίως ριζόστρωμα βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, σε βάθος 1.5-20cm ή το πολύ στα 50-60cm και σπανίως φτάνει στα 100-200cm. Οι ρίζες είναι δυνατό να φτάσουν και βαθύτερα σε αμμώδη ή πετρώδη εδάφη έως και τα 6m.

Τα άνθη της ελιάς είναι μικρά, κιτρινόλευκα και φύονται πολλά μαζί από τις μασχάλες των φύλλων σε βοτρυώδεις ανθοταξίες. Κάθε ανθοταξία περιλαμβάνει 8-25 άνθη. Κανονικά είναι τέλεια ή ερμαφρόδιτα άνθη, δηλαδή διαθέτουν ανεπτυγμένα όλα τα μέρη του άνθους, ένα κυπελλοειδή κάλυκα, μια τετραπέταλη στεφάνη, δύο στήμονες και έναν ύπερο. Πολλά όμως άνθη, τα ατελή, δεν περιέχουν πάντοτε ανεπτυγμένα όλα τα ανθικά μέρη, και συνήθως ατροφεί ο ύπερος. Καρπό βέβαια δίνουν μόνο τα τέλεια άνθη ενώ τα ατελή ατροφούν νωρίς και πέφτουν.

Ο σχηματισμός των ταξιανθιών αρχίζει τους μήνες Ιανουάριο, Φεβρουάριο και ολοκληρώνεται σε οκτώ περίπου εβδομάδες. Αυτή τη περίοδο το δένδρο είναι ιδιαίτερα απαιτητικό σε υγρασία και θρεπτικά στοιχεία.

Η ελιά είναι ένα δένδρο που υποφέρει από παρεννιαυτοφορία. Τα δένδρα, όταν καρπίζουν υπερβολικά, εξαντλούν τα αποθέματα θρεπτικών στοιχείων και υγρασίας που υπάρχουν στο έδαφος. Έτσι, αν το έδαφος δεν εμπλουτιστεί με τα θρεπτικά που χάθηκαν, το δένδρο δεν έχει τη δυνατότητα να σχηματίσει νέα βλάστηση με καρποφόρους βλαστούς όπου και θα διαφοροποιηθούν άνθη για την επόμενη χρονιά.

Μετά τη γονιμοποίηση αυξάνονται τα τοιχώματα της ωοθήκης και σχηματίζεται ο καρπός. Από την καρπόδεση, για να αναπτυχθεί ο καρπός, μεσολαμβάνουν 6-7 μήνες.

Ο καρπός της ελιάς είναι δρύπη και αποτελείται από το φλοιό, που συνιστά το εξωκάρπιο, από τη σάρκα, όπου κατά την ωρίμανση γίνεται η ελαιογένεση και αποτελεί το μεσοκάρπιο και από το σκληρό πυρήνα που συνιστά το ενδοκάρπιο. Μέσα στον πυρήνα περικλείεται το σπέρμα.

### **1.5 Βιολογία.**

Η ελιά ανθοφορεί και καρποφορεί σε βλαστούς του προηγούμενου έτους. Αυτοί, ανάλογα με του οφθαλμούς που διαθέτουν, διακρίνονται σε ξυλοφόρους, που φέρουν μόνο βλαστοφόρους οφθαλμούς, σε καρποφόρους που φέρουν μόνο ανθοφόρους οφθαλμούς, και στους μικτούς που φέρουν και τα δύο είδη οφθαλμών.

Η ελιά για να ανθίσει χρειάζεται την επίδραση του ψύχους. Οι οφθαλμοί που σχηματίζονται το καλοκαίρι, ενώ λαμβάνουν το αρχικό μήνυμα για διαφοροποίηση ως ανθοφόροι ή βλαστοφόροι τον Ιούνιο



μήνα, χρειάζονται χαμηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου και του χειμώνα για να διαφοροποιηθούν σε ανθοταξίες. Οι απαιτήσεις του δένδρου σε χαμηλές θερμοκρασίες είναι διαφορετικές σε κάθε ποικιλία.

### **1.6 Κλίμα και έδαφος.**

Η ελιά αναπτύσσεται στην υποτροπική και σε περιορισμένη εύκρατη ζώνη, που χαρακτηρίζεται και σαν ζώνη ελιάς, και περιλαμβάνεται μεταξύ του γεωγραφικού πλάτους 30° και 45°. Το κλίμα της ζώνης αυτής χαρακτηρίζεται από ήπιο χειμώνα και ζεστό και ξηρό καλοκαίρι. Πέρα από τα όρια αυτής της ζώνης η ελιά δεν αναπτύσσεται και υποφέρει είτε από χαμηλές θερμοκρασίες είτε από υψηλές θερμοκρασίες. Ιδιαίτερα η θερμοκρασία αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την ανάπτυξη της ελιάς. Υψηλές θερμοκρασίες την άνοιξη και το καλοκαίρι είναι απαραίτητες ώστε το δένδρο να δημιουργήσει νέα βλάστηση και να επιτευχθεί η καρπόδεση και αρχική ανάπτυξη του καρπού. Πολύ υψηλές θερμοκρασίες κατά την άνοιξη προκαλούν ανθόροια και αργότερα καρπόπτωση ή και φυλλόπτωση. Αντίθετα χαμηλές θερμοκρασίες το χειμώνα μπορούν να αποβούν ιδιαίτερα επιζήμιες για το δένδρο. Θερμοκρασίες κάτω των -10°C μπορούν να προκαλέσουν ζημιά σε βραχίονες ή και σε ολόκληρο το δένδρο. Ακόμα σημαντικό ρόλο παίζει και η σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας. Υψηλή σχετική υγρασία κάνει την ελιά ευαίσθητη στις ασθένειες που την προσβάλλουν και μειώνει σημαντικά την καρπόδεση κατά την ανθοφορία.

Η ελιά θεωρείται ένα από τα πιο ανθεκτικά στη ξηρασία δένδρα. Έτσι μπορεί να αξιοποιήσει περιοχές με 200-300mm βροχές. Ωστόσο μεγάλες αποδόσεις επιτυγχάνονται σε αρδευσίμους οπωρώνες. Οι αποδόσεις που παίρνονται από αυτούς είναι μέχρι και δεκαπλάσιες εκείνων που λαμβάνονται σε ξηρικούς και η ένταση της παρεννιαυτοφορίας είναι ανύπαρκτη αν συνοδεύεται η άρδευση από συστηματικό κλάδεμα και λίπανση (Βασιλακάκης, 1996).

Τα εδάφη όπου αναπτύσσεται και αποδίδει ικανοποιητικά η ελιά, είναι τα βαθιά αμμοπηλώδη που διαθέτουν καλή υγρασία και αποστραγγίζονται καλά. Μπορεί ωστόσο να επιζήσει και σε πιο φτωχά εδάφη, όπως βραχώδη και άγονα εδάφη, αλλά καρποφορεί κάθε 2-4 χρόνια και οι αποδόσεις είναι αρκετά μικρές.

### **1.7 Πολλαπλασιασμός.**

Η ελιά πολλαπλασιάζεται με σπόρο και εμβολιασμό, με μοσχεύματα σκληρού ξύλου, με φυλλοφόρα μοσχεύματα, με παραφυάδες, με καταβολάδες καθώς και με άλλους τρόπους. Στην Ελλάδα διαδεδομένος

είναι και ο πολλαπλασιασμός με εξημέρωση άγριων ελιών που τείνει όμως να εγκαταλειφθεί εξαιτίας του μεγάλου κόστους του.

### 1.8 Εχθροί και ασθένειες.

Στην Ελλάδα η ελιά έχει τους ίδιους περίπου εχθρούς και ασθένειες που έχει και στις άλλες παραμεσόγειες χώρες όπου καλλιεργείται. Από τους πιο σημαντικούς εχθρούς της ελιάς, αν όχι ο σημαντικότερος, είναι ο δάκος (*Bactrocera oleae*, Diptera, Tephritidae) που προκαλεί μεγάλες οικονομικές ζημιές. Άλλα έντομα που προκαλούν ζημιές στην ελιά είναι ο πυρηνοτρήτης, (*Prays oleae*, Lepidoptera, Hyponomeyidae), που προσβάλλει τα δένδρα κατά τη περίοδο άνθησης και αρχικής ανάπτυξης του καρπού, το λεκάνιο, (*Saissetia oleae*, Homoptera, Coccidae), κ.τ.λ. (Τζανακάκης, 1998).

Από τους μύκητες σοβαρές ζημιές προκαλεί το κυκλοκόνιο, που προσβάλλει συνήθως τα φύλλα και προκαλείται φυλλόπτωση, το γλοιοσπόριο, που προσβάλλει τους καρπούς, κ.τ.λ. Από τις σημαντικότερες ασθένειες όμως της ελιάς, που είναι δύσκολο να καταπολεμηθεί, είναι η βερτισιλλίωση η οποία προκαλεί τη βαθμιαία μαρανση των νέων βλαστών οι οποίοι στη συνέχεια αποξηραίνονται χωρίς αποφύλλωση (Παναγόπουλος, 1993).

Σημαντικό πρόβλημα αποτελεί και το βακτήριο *Pseudomonas syringae*, που προκαλεί τον καρκίνο της ελιάς, και προσβάλλει τους βλαστούς και τους κλάδους του δένδρου και είναι σχετικά δύσκολο να καταπολεμηθεί (Παναγόπουλος, 1993).

### 1.9 Ποικιλίες ελιάς.

Υπάρχουν πάρα πολλές ποικιλίες ελιάς στον κόσμο καθώς και στην Ελλάδα διότι η ελιά καλλιεργείται από αρχαιοτάτων χρόνων και σε πολλές περιοχές. Πολλές φορές η ίδια ποικιλία φέρεται με διαφορετικά ονόματα και γενικά υπάρχει κάποια σύγχυση όσον αφορά τον πραγματικό αριθμό ποικιλιών.

Η κατάταξη των ποικιλιών γίνεται είτε με βάση το μέγεθος του καρπού (μικρόκαρπη, μεσόκαρπη, μεγαλόκαρπη) είτε με βάση τη χρήση του καρπού (επιτραπέζια, ελαιοποιήσιμη, διπλής χρήσης) (Βασιλακάκης, 1996).

#### A) Μικρόκαρπες ποικιλίες.

1) Κορωνέικη που χρησιμοποιείται αποκλειστικά για παραγωγή καρπού. Η ελαιοπεριεκτικότητά της είναι 20-25%

2) Λιανολιά Κερκύρας με ελαιοπεριεκτικότητα 19-20%. Καρποφορεί ικανοποιητικά αλλά παρενιαυτοφορεί.

#### B) Μεσόκαρπες ποικιλίες.

1) Θρούμπα με ελαιοπεριεκτικότητα μέχρι 30%. Χρησιμοποιείται τόσο για παραγωγή λαδιού όσο και επιτραπέζια.

2) Μεγαρείτικη με ελαιοπεριεκτικότητα 16-25%. Είναι διπλής χρήσης αλλά παρενιαυτοφορεί έντονα.

3) Κολοβή με ελαιοπεριεκτικότητα 22-30%. Κυρίως χρησιμοποιείται για λάδι αλλά και σαν επιτραπέζια.

#### Γ) Μεγαλόκαρπες ποικιλίες.

1) Κονσερβολιά. Χρησιμοποιείται αποκλειστικά ως επιτραπέζια ποικιλία.

2) Καλαμών με ελαιοπεριεκτικότητα 19-25%.

3) Χονδρολιά Χαλκιδικής. Χρησιμοποιείται αποκλειστικά ως επιτραπέζια.

### **1.10 Ποικ. Κονσερβολιά.**

Η Κονσερβολιά είναι γνωστή με διάφορα ονόματα όπως «Βολιώτικη», «Άρτης», «Αμφίσσης», «Πηλίου», «Πατρινή», κ.τ.λ. Είναι η πιο διαδεδομένη ποικιλία για την παραγωγή βρώσιμης ελιάς. Είναι μεγαλόκαρπη ποικιλία. Όταν βρεθεί σε κατάλληλες συνθήκες και τύχει ευνοϊκών μεταχειρίσεων (κατάλληλο κλάδεμα και συχνές αρδεύσεις το καλοκαίρι) δίνει μεγάλο καρπό (5.5 – 8.0 g) που συγκομίζεται πράσινος ή μαύρος. Αντέχει αρκετά στο ψύχος και είναι διαδεδομένη στην κεντρική Ελλάδα.

Στη Θεσσαλία, η καλλιεργούμενη με ελιές έκταση είναι 309.781 στρέμματα που αποτελούν το 6,22 % της συνολικής καλλιεργούμενης έκτασης που είναι 4.979.819 στρέμματα (Στοιχεία του έτους 1998 της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας και της Γεωργικής Στατιστικής Υπηρεσίας). Ο αριθμός των δένδρων στη Θεσσαλία ήταν 6.754.101 το 1995.

Στο νομό Μαγνησίας η συνολική καλλιεργούμενη έκταση είναι 883.244 στρέμματα, εκ των οποίων τα 228.417 στρέμματα (ποσοστό 25,86 %) καλλιεργούνται με ελιές (Στοιχεία του έτους 1998 της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας και της Γεωργικής Στατιστικής Υπηρεσίας). Ο αριθμός των δένδρων στη Μαγνησία το 1995 ήταν 5.001.540.

Συνοψίζοντας, μπορούμε να επισημάνουμε ότι η καλλιέργεια της ελιάς είναι πολύ διαδεδομένη στην Ελλάδα και στο νομό Μαγνησίας. Έτσι,

οποιοσδήποτε παράγοντας (γενετικός, καλλιεργητικός ή περιβαλλοντικός) θα μπορούσε να επηρεάσει θετικά ή αρνητικά την παραγωγικότητα και ποιότητα του ελαιοκάρπου και ελαιόλαδου πρέπει να μελετηθεί, γιατί τα αποτελέσματα της μελέτης θα έχουν ευρεία εφαρμογή και σημαντικό οικονομικό αποτέλεσμα.



## 2. ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΛΙΑΣ

### 2.1 Γενικά για τη φωτοσύνθεση.

Τα φυτά, καθώς και όλοι οι υπόλοιποι αυτότροφοι οργανισμοί, ικανοποιούν τις απαιτήσεις τους σε ενέργεια με τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης. Απορροφούν ηλιακή ενέργεια, με άλλα λόγια φως, και τη μετατρέπουν σε χημική με τη μετατροπή του CO<sub>2</sub> σε οργανικά συστατικά κατά την χημική αντίδραση:



Η όλη αυτή διαδικασία είναι πιο πολύπλοκη απ' όσο φαίνεται στην απλουστευμένη αυτή χημική εξίσωση. Στη πραγματικότητα συντελείται μια σειρά από διαδοχικά φυσικά και χημικά φαινόμενα που δεν έχουν πλήρως διαλευκανθεί ως σήμερα. Η αλυσίδα των επιμέρους αυτών αντιδράσεων οδηγεί στο σχηματισμό της τελικής ουσίας, που κατά κανόνα είναι η γλυκόζη, από το CO<sub>2</sub> της ατμόσφαιρας. Μεγάλο μέρος των αντιδράσεων αυτών είναι ανεξάρτητο της ύπαρξης φωτός, μπορούν δηλαδή να συμβούν στο σκοτάδι, και γι' αυτό ονομάστηκαν από τον Blackman "σκοτεινές αντιδράσεις" και εξαρτώνται από τη θερμοκρασία, σε αντίθεση με τις "φωτεινές αντιδράσεις" που συμβαίνουν παρουσία φωτός και είναι ανεξάρτητες της θερμοκρασίας (Καράταγλης, 1992).

### 2.2 Φωτοσυνθετικές χρωστικές.

Το πρωταρχικό βήμα για τη μετατροπή της φωτεινής ενέργειας σε χημική είναι η απορρόφηση του φωτός που πραγματοποιείται από τις χρωστικές ουσίες των χρωματοφόρων. Μερικές χρωστικές απορροφούν όλα τα μήκη κύματος του φωτός και έτσι εμφανίζονται ως μαύρες, ενώ άλλες απορροφούν μόνο μερικά και αντανακλούν τα υπόλοιπα.

Χρωστικές που συμμετέχουν στις αντιδράσεις απορρόφησης του φωτός κατά τη φωτοσύνθεση είναι κυρίως οι χλωροφύλλες και δευτερευόντως τα καροτενοειδή και οι φυκοβιλίνες. Η χλωροφύλλη απορροφά κυρίως τα ιώδη και κυανά καθώς και τα ερυθρά μήκη φωτός και αντανακλά το πράσινο. Σ' αυτήν οφείλεται το πράσινο χρώμα των φύλλων καθώς και των άλλων μερών των φυτών που φωτοσυνθέτουν.

Υπάρχουν περισσότερα του ενός είδη χλωροφυλλών που διαφέρουν μεταξύ τους μόνο σε λεπτομέρειες της μοριακής τους δομής. Τα είδη είναι τα εξής : a, b, c, d, η βακτηριοχλωροφύλλη και αρκετά άλλα παράγωγά τους.

Η χλωροφύλλη a εμφανίζεται σε όλους τους φωτοσυνθετικούς ευκαρυωτικούς οργανισμούς και στα προκαρυωτικά κυανοβακτήρια, συνεπώς θεωρείται βασικός παράγοντας για την φωτοσύνθεση.

Η χλωροφύλλη b εμφανίζεται επιπλέον στα τραχεόφυτα, τα βρυόφυτα, τα χλωροφύκη και τα ευγλενώδη φύκη και απορροφά διαφορετικό μήκος κύματος φωτός από τη χλωροφύλλη a. Έτσι η χλωροφύλλη b είναι μια δευτερεύουσα χρωστική που βοηθάει στη διερεύνηση του φάσματος του φωτός κατά τη φωτοσύνθεση. Όταν ένα μόριο της χλωροφύλλης b απορροφά φως, το διεγερμένο μόριό της μεταβιβάζει την ενέργεια σ' ένα μόριο της χλωροφύλλης a το οποίο στη συνέχεια τη μετατρέπει σε χημική με τη διεργασία της φωτοσύνθεσης. Γενικά στα φύλλα των πράσινων φυτών, η χλωροφύλλη b αποτελεί το 1/4 της συνολικής περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη.

Στην ακτινιδιά, η σχέση μεταξύ χλωροφύλλης a και b (a/b) ήταν σημαντικά μικρότερη στα σκιαζόμενα φύλλα. Η αυξημένη περιεκτικότητα της χλωροφύλλης b πιθανώς να αυξάνει την ικανότητα των σκιαζόμενων φύλλων να χρησιμοποιούν την περιορισμένη φωτεινή ακτινοβολία που έχουν στη διάθεσή τους για την ομαλή λειτουργία των φωτοσυστημάτων (Grant and Ryugo, 1984).

Η χλωροφύλλη c παίρνει τη θέση της χλωροφύλλης b σε μερικές ομάδες φυκών και ιδιαίτερα στα φαιοφύκη και στα διάτομα.

Δύο άλλες ομάδες χρωστικών που συμμετέχουν στη δέσμευση της ηλιακής ενέργειας είναι τα καροτενοειδή και οι φυκοβιλίνες. Η ενέργεια που απορροφάται από τις συμπληρωματικές αυτές χρωστικές πρέπει να μεταφερθεί στη χλωροφύλλη a την οποία δεν μπορούν να υποκαταστήσουν στη φωτοσύνθεση.

Τα καροτενοειδή είναι ερυθρές, πορτοκαλί ή κίτρινες λιποδιαλυτές χρωστικές που βρίσκονται σε όλους τους χλωροπλάστες και τα κυανοβακτήρια συνδεδεμένες με τη χλωροφύλλη a. Όπως οι χλωροφύλλες έτσι και τα καροτενοειδή των χλωροπλάστων είναι βυθισμένα στις μεμβράνες των θυλακοειδών. Συνήθως βρίσκονται δύο ομάδες καροτενοειδών στους χλωροπλάστες, τα καροτένια και οι ξανθοφύλλες (οι τελευταίες είναι οξυγονούχα παράγωγα των πρώτων). Τα βήτα καροτένια που βρέθηκαν στα φυτά είναι οι κύριες πηγές της βιταμίνης A από τις οποίες τροφοδοτείται τόσο ο άνθρωπος όσο και τα ζώα.

Η τελευταία ομάδα συμπληρωματικών χρωστικών είναι οι φυκοβιλίνες που βρίσκονται στα κυανοβακτήρια και στους χλωροπλάστες των ερυθροφυκών. Αντίθετα προς τα καροτενοειδή, οι φυκοβιλίνες είναι υδατοδιαλυτές και περιλαμβάνουν τις γνωστές χρωστικές φυκοκυανίνη (μπλε) και φυκοερυθρίνη (κόκκινη) (Καράταγλης, 1992).

Σήμερα είναι παραδεκτό ότι στους χλωροπλάστες υπάρχουν δύο σημεία-θέσεις που απορροφούν το φως. Το ένα σημείο-θέση απορροφά

ακτινοβολία με μήκος κύματος μεγαλύτερο από 685nm και είναι γνωστό ως Φωτοσύστημα I (PS I). Το άλλο σημείο-θέση απορροφά ακτινοβολία με μήκος κύματος μικρότερο από 685nm και είναι γνωστό σαν Φωτοσύστημα II (PS II). Στο PS I κυριαρχεί η χλωροφύλλη a ενώ άλλες χρωστικές βρίσκονται σε ασήμαντα ποσοστά. Αντίθετα στο PS II εκτός από τη χλωροφύλλη a, υπάρχουν και απορροφούν ενέργεια η χλωροφύλλη b καθώς και άλλες χρωστικές. Κάθε φωτοσύστημα περιέχει περίπου 200-300 μόρια χλωροφύλλης (Λόλας, 1996).

Από μεταλλαγμένα φυτά που στερούνται χλωροφύλλης b φαίνεται ότι η χλωροφύλλη b δεν είναι απαραίτητη για τη φωτοσύνθεση αλλά ούτε και για την οργανωτική δομή του χλωροπλάστη. Έτσι η χλωροφύλλη b ίσως να χρησιμεύει μόνο στη «συλλογή» ακτινοβολίας και την προστασία της χλωροφύλλης a από φωτοοξειδωση (Λόλας, 1996).

Σε κάθε φωτοσύστημα, όλες οι χρωστικές είναι ικανές να απορροφούν φωτόνια, μόνο ένα μόριο χλωροφύλλης σε κάθε φωτοσύστημα έχει την ιδιότητα να χρησιμοποιεί την ενέργεια στη φωτοχημική αντίδραση. Αυτό το μόριο χλωροφύλλης ονομάζεται κέντρο αντίδρασης του φωτοσυστήματος. Όλα τα άλλα μόρια των χρωστικών χρησιμεύουν στη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας και μεταφορά της από μόριο σε μόριο στο κέντρο αντίδρασης. Στο PS I έχουμε το κέντρο P700 καθώς το μέγιστο απορρόφησης της χλωροφύλλης a είναι τα 700nm ενώ το κέντρο αντίδρασης στο PS II είναι το P680 αφού το άριστο απορρόφησης είναι τα 680nm (Λόλας, 1996).

Όλες οι παραπάνω αντιδράσεις γίνονται πάνω ή μέσα στις μεμβράνες των θυλακοειδών των grana και προυποθέτουν την ύπαρξη φωτός γι' αυτό και ονομάζονται φωτεινές αντιδράσεις (Λόλας, 1996).

Η ενέργεια που παράγεται με μορφή NADPH και ATP από τις φωτεινές αντιδράσεις χρησιμοποιείται για την αναγωγή του άνθρακα στο δεύτερο στάδιο της φωτοσύνθεσης. Η αναγωγή του CO<sub>2</sub> σε γλυκόζη είναι γνωστή ως κύκλος του Calvin (Λόλας, 1996).

### **2.3 Παράγοντες που επηρεάζουν τη φωτοσύνθεση.**

Η φωτοσυνθετική απόδοση ενός φυτού μπορεί να επηρεαστεί από διάφορους παράγοντες, είτε εσωτερικούς, είτε εξωτερικούς, που με τη σειρά τους έχουν επίπτωση στη παραγωγή κάθε καλλιέργειας. Μερικοί από τους παράγοντες επηρεάζουν άμεσα τη φωτοσύνθεση, όπως για παράδειγμα το φως και το CO<sub>2</sub>, ενώ οι άλλοι όπως το νερό και τα θρεπτικά συστατικά, επιδρούν έμμεσα. Αν σ' αυτά συμπεριλάβουμε και τις αλληλεπιδράσεις των διάφορων παραγόντων τότε γίνεται φανερό ότι τα φυτικά είδη παρουσιάζουν σημαντική διαφορά ως προς τη φωτοσυνθετική τους απόδοση ακόμη και όταν αναπτύσσονται κάτω από τις ίδιες συνθήκες περιβάλλοντος (Καράταγλης, 1992).



Οι παράγοντες λοιπόν που επηρεάζουν τη φωτοσύνθεση είναι οι παρακάτω:

### 2.3.1 Εξωτερικοί παράγοντες.

1) **Φως.** Στο σκοτάδι δεν έχουμε καμία φωτοσυνθετική δραστηριότητα, αντίθετα έχουμε αναπνευστική. Συνεπώς το παραγόμενο CO<sub>2</sub> από την αναπνοή ελευθερώνεται στο περιβάλλον δια μέσου των φύλλων. Αυξάνοντας την ένταση του φωτός παρατηρείται αύξηση και της φωτοσυνθετικής ικανότητας. Φυσικά αυτό συμβαίνει έως ένα σημείο της έντασης του φωτός πέρα από το οποίο η φωτοσύνθεση μένει σταθερή.

2) **Θερμοκρασία.** Η φωτοσύνθεση συνδέεται στενά με τη δομή και τη δραστηριότητα του πρωτοπλάσματος. Επειδή όμως η δραστηριότητα του πρωτοπλάσματος εξαρτάται από τη θερμοκρασία είναι φανερό πως και η φωτοσύνθεση θα εξαρτάται από αυτή. Πράγματι, αν ο φωτισμός είναι ο κατάλληλος, αύξηση της θερμοκρασίας έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της φωτοσυνθετικής απόδοσης, μέχρι ένα μέγιστο πέρα από το οποίο η περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί ελάττωση της απόδοσης, η οποία τελικά παύει όταν η αύξηση της θερμοκρασίας φτάσει στο μέγιστο. Αυτό συμβαίνει μάλλον επειδή η υψηλή θερμοκρασία προκαλεί βλάβες στη δομή των πρωτεϊνών στο πρωτόπλασμα και στη θερμοευαισθησία των στομάτων, τόσο στις υψηλές, όσο και στις χαμηλές θερμοκρασίες, με αποτέλεσμα να κλείνουν και συνεπώς να περιορίζουν τη φωτοσύνθεση.

Η άριστη θερμοκρασία φωτοσύνθεσης κυμαίνεται μεταξύ ευρύτατων ορίων και εξαρτάται από το είδος του φυτού καθώς και από το γεωγραφικό πλάτος εξάπλωσης.

3) **Διοξείδιο του άνθρακα.** Η διακύμανση της συγκέντρωσης του CO<sub>2</sub> επηρεάζει τη φωτοσυνθετική απόδοση των φυτών διότι το CO<sub>2</sub> είναι βασικό συστατικό με το οποίο τα φυτά οικοδομούν τις οργανικές τους ενώσεις. Στην ατμόσφαιρα η συγκέντρωσή του είναι σταθερή και ίση με 0.033% του όγκου του αέρα. Έχει βρεθεί ότι όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα του αέρα σε CO<sub>2</sub> τόσο πιο έντονη είναι η φωτοσυνθετική ικανότητα του φυτού για μια συγκεκριμένη ένταση φωτός. Βέβαια πολύ υψηλές συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub>, ανύπαρκτες στη φύση και οικονομικά ασύμφορες να εφαρμοστούν, έχουν ως αποτέλεσμα το κλείσιμο των στομάτων των φύλλων και συνεπώς τη μείωση της φωτοσύνθεσης. Συνεπώς η μικρή περιεκτικότητα του ατμοσφαιρικού αέρα σε CO<sub>2</sub> δρα ως περιοριστικός παράγοντας της φωτοσύνθεσης.

4) **Νερό.** Η διαθέσιμη ποσότητα νερού στο φυτό είναι ένας από τους βασικούς παράγοντες που ρυθμίζουν τη φωτοσύνθεση, αφού η απόδοσή της μειώνεται με την έλλειψη νερού. Το νερό αποτελεί τη βασικότερη πηγή δημιουργίας πρωτονίων που θα χρησιμοποιηθούν για την αναγωγή

του NADP<sup>+</sup> σε NADPH<sub>2</sub>, ενώ συγχρόνως τροφοδοτεί με ηλεκτρόνια το φωτοσύστημα II. Επίσης η έλλειψη νερού μπορεί να αναστείλει τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης με την ελάττωση της επιφάνειας των φύλλων, επειδή πολλά φυτά συστρέφουν τα φύλλα τους ή και προκαλούν φυλλόπτωση για να ελαττώσουν τη φυλλική επιφάνειά τους και συνεπώς τη διαπνοή, με το κλείσιμο των στομάτων και την ελάττωση της υδάτωσης του πρωτοπλάσματος. Η έλλειψη νερού μπορεί ακόμα να αλλάξει την ενυδάτωση των πρωτεϊνών επηρεάζοντας έτσι τη δομή και δραστηριότητά τους. Τέτοιες επιδράσεις έχουν σαν αποτέλεσμα την αλλαγή του μεταβολισμού και, ειδικά για τη περίπτωση της φωτοσύνθεσης, την ελάττωση της απόδοσής της.

Ακόμα και η σχετική υγρασία του αέρα που περιβάλλει ένα φυτό μπορεί να επηρεάσει τη φωτοσυνθετική του ικανότητα με την επίδρασή της στο άνοιγμα στομάτων.

4) **Θρεπτικά στοιχεία.** Η έλλειψή τους έχει τόσο άμεσες όσο και έμμεσες επιπτώσεις στη φωτοσύνθεση. Η έλλειψη N και Mg έχει άμεσες επιπτώσεις στη σύνθεση της χλωροφύλλης, αφού τα στοιχεία αυτά αποτελούν δομικά συστατικά της. Ειδικά έλλειψη N επηρεάζει τη φωτοσύνθεση γιατί επηρεάζει το μέγεθος των φύλλων και τη συμπεριφορά των στομάτων. Έλλειψη Fe επηρεάζει τη φωτοσύνθεση, επειδή ο Fe χρησιμοποιείται ως καταλύτης στο σχηματισμό της χλωροφύλλης. Η έλλειψη P μπορεί επίσης να εμποδίσει σε κάποιο βαθμό τη φωτοσύνθεση, γιατί διαταράσσει το σύστημα μεταφοράς ενέργειας στις μονάδες ADP, ATP (Καράταγλης, 1992).

### 2.3.2 Εσωτερικοί παράγοντες.

1) **Δομή των φύλλων.** Οι δομικοί χαρακτήρες των φύλλων επηρεάζουν τη φωτοσυνθετική απόδοση, επηρεάζοντας τη ποσότητα του CO<sub>2</sub> που φτάνει στους χλωροπλάστες, αφού το μέγεθος, η θέση και η συμπεριφορά των στομάτων μαζί με την έκταση των μεσοκυττάρων χώρων και των χώρων της στοματικής κοιλότητας καθορίζουν την ανταλλαγή αερίων. Επίσης το πάχος της εφυμενίδας και της επιδερμίδας, η παρουσία των επιδερμικών τριχών, η διάταξη των κυττάρων του μεσόφυλλου και η θέση των χλωροπλαστών στα κύτταρα επηρεάζουν την ένταση και τη ποιότητα φωτός που φτάνει στους χλωροπλάστες και κατά συνέπεια και τη φωτοσύνθεση.

2) **Ηλικία των φύλλων.** Η ηλικία των φύλλων επηρεάζει τη φωτοσύνθεση αφού στα πολύ νεαρά φύλλα είναι μικρή και αυξάνεται με την ηλικία μέχρι κάποιο κρίσιμο σημείο το οποίο συνήθως είναι η πλήρης έκπτυξη και ανάπτυξη των φύλλων. Από εκεί και πέρα μειώνεται με την αύξηση της ηλικίας.

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν τη φωτοσύνθεση είναι η υδατική κατάσταση του πρωτοπλάσματος, το μέγεθος των στομάτων, ο αριθμός τους ανά μονάδα επιφάνειας, ο μηχανισμός ελέγχου ανοίγματος των στομάτων, το χρώμα των φύλλων καθώς και η συσσώρευση υδατανθράκων στα κύτταρα του μεσόφυλλου, γιατί η παραγωγή είναι ταχύτερη της μεταφοράς με συνέπεια τη μείωση της φωτοσύνθεσης (feedback inhibition) (Καρατάγλης, 1992).

Έτσι, μπορούμε να συνοψίσουμε ότι οποιοσδήποτε παράγοντας επηρεάζει τη συγκέντρωση χλωροφύλλης και το ρυθμό φωτοσύνθεσης στο φυτό έχει ως αποτέλεσμα την τροποποίηση της παραγωγικότητας του φυτού. Μελέτες στη συγκέντρωση χλωροφύλλης και το ρυθμό φωτοσύνθεσης της ελιάς έχουν γίνει σε άλλες περιοχές της Ελλάδας και του κόσμου και σε άλλες ποικιλίες ελιάς (Χατζησαββίδης και Θεριός, 1998; Frakulli et al, 1998; Gucci et al, 1999; Bonghi et al, 1987).

## 3. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

### 3.1 Γενικά.

Οι εκπομπές ενώσεων στην ατμόσφαιρα μπορεί να είναι σε αέρια ή σε σωματίδια. Για τα σωματίδια και σταγονίδια που βρίσκονται σε διασπορά στην ατμόσφαιρα χρησιμοποιείται πολύ συχνά ο γενικός όρος αιωρούμενα σωματίδια (airborne particulates) ενώ τα κολλοειδούς μεγέθους σωματίδια ονομάζονται και αεροζόλς (aerosols) (Κουϊμτζής κ.α., 1998).

Τα αέρια επειδή είναι ευκίνητα διαχέονται στην ατμόσφαιρα. Τα aerosols βρίσκονται σε διάφορα μεγέθη και είναι δυνατόν να απορροφούν αέρια στην επιφάνειά τους. Από τη στιγμή που μια ένωση βρεθεί στην ατμόσφαιρα εμπλέκεται σε μια σειρά φυσικών διεργασιών, όπως π.χ. διάλυση στον αέρα, οριζόντια ή κάθετη μεταφορά, κ.λ.π., ή χημικών διεργασιών, όπως π.χ. μετατροπή του NO σε NO<sub>2</sub> κ.λ.π. (Αναγνωστόπουλος, 1989).

### 3.2 Αιωρούμενα σωματίδια ή αερολύματα.

#### 3.2.1 Γενικά.

Τα αιωρούμενα σωματίδια (σωματιδιακή ύλη ή αερολύματα) στην ατμόσφαιρα, αν και έχουν διαφορετική προέλευση, έχουν όλα μια κοινή ιδιότητα, ότι αποτελούνται από λεπτώς διαμερισμένα στερεά σωματίδια, τα οποία αιωρούνται στην ατμόσφαιρα. Εδώ όμως έχει σημασία να αναφερθούμε για λίγο στο μέγεθος αυτών των σωματιδίων. Η διάμετρος αυτών ποικίλλει από χιλιοστά μέχρι  $10^{-7}$  cm. Στα σωματίδια αυτά περιλαμβάνονται διάφορες κατηγορίες που φαίνονται στην πιο κάτω παράγραφο (Αναγνωστόπουλος, 1989).

Προέλευση σωματιδίων: (αναφέρονται οι κυριότερες πηγές)

A) Τα αιωρήματα εδαφικής προέλευσης. Οι πηγές αυτών είναι κύρια οι ακάλυπτες από βλάστηση περιοχές.

B) Μικροκρυσταλλικές μορφές αλάτων της θάλασσας (κυρίως NaCl), που προέρχονται από την εξάτμιση του νερού των θαλασσίων σταγόνων στην ατμόσφαιρα πάνω και κοντά σε θάλασσες και ωκεανούς. Το μέγεθός τους είναι περίπου από 1-10 μm, φτάνουν σε ύψος 500 m πάνω από τις θαλάσσιες περιοχές και μεταφέρονται από τους ανέμους.

Γ) Οργανικά αιωρήματα (γύρη, μικρόβια κ.α.). Αυτοί οι ρυπαντές της ατμόσφαιρας έχουν διαμέτρους από  $10^{-5}$ - $10^{-2}$  cm και βρίσκονται σε λεπτό διαμερισμό.



Δ) Καπνοί και στάχτη (τέφρα) που είναι σωματίδια aerosols που προέρχονται από διάφορες καύσεις, οι οποίες λαμβάνουν χώρα στη φύση ή προέρχονται από τον άνθρωπο. Οι φυσικές καύσεις προέρχονται από την καύση δένδρων, θάμνων, γρασιδιού, κ.λ.π., που γίνονται τυχαία ή προγραμματισμένα στη φύση. Τα περισσότερα από τα σωματίδια αυτού του καπνού είναι υδρογονάνθρακες και ρητίνες. Το μικρό τους μέγεθος τους επιτρέπει να εισέρχονται στα κτίρια όπως τα αέρια. Η διαφορά με τα αέρια είναι ότι τα σωματίδια του καπνού έχουν μια μεγάλη κολλητική δύναμη και αποτίθενται σε επιφάνειες, όπου υπάρχουν ρεύματα αέρα.

Ε) Σωματίδια από ανθρώπινες δραστηριότητες.

Τα διάφορα aerosols ταξινομούνται σύμφωνα με τον τύπο και τις ιδιότητές τους. Τα λεπτά υγρά σωματίδια ονομάζονται σύννεφα, ενώ τα στερεά σωματίδια λέγονται σκόνη ή καπνός (όταν προέρχονται από καύσεις). Η ομίχλη αποτελείται από μεγάλη συγκέντρωση μικρών σταγόνων ύδατος, ενώ καπνός και ομίχλη μαζί ονομάζεται καπνομίχλη. Η ατμόσφαιρα έχει ένα δικό της μηχανισμό άμυνας, στις ρυπάνσεις με σκόνες και καπνούς. Όταν αυξηθεί σημαντικά ο αριθμός τους, αρχίζουν συνεχείς βροχές που μεταφέρουν τη σκόνη πάλι στην επιφάνεια της γης.

### 3.2.2 Γενικές επιδράσεις των aerosols.

- 1) Καταλυτική συμπεριφορά. Όσο μικρότερη είναι η διάμετρος του σωματιδίου τόσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνειά του. Αυτό έχει ως συνέπεια να γίνονται ενεργά και να καταλύονται χημικές αντιδράσεις.
- 2) Φαινόμενα ανακλάσεως. Το μέγεθος των σωματιδίων παίζει επίσης μεγάλο ρόλο στην ανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας. Γενικά τα σωματίδια ελαττώνουν την ορατότητα, καθώς και την ηλιακή ακτινοβολία που φθάνει στη γη.
- 3) Επίδραση στο κλίμα.
- 4) Βιολογική επίδραση. Όταν τα σωματίδια επικάθονται πάνω στα φυτά εμποδίζουν την κυκλοφορία του  $\text{CO}_2$  και  $\text{O}_2$  που εμπλέκονται στο μηχανισμό της φωτοσύνθεσης. Παρεμποδίζουν επίσης την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας στο φυτικό ιστό με σημαντικές συνέπειες στη φυσιολογία του. Στην περίπτωση των ζώων τα σωματίδια προκαλούν προβλήματα στο αναπνευστικό τους σύστημα.

### 3.2.3 Χημική σύνθεση των αεροζόλ της τροπόσφαιρας.

Μελέτες δείχνουν ότι επικρατούν ιόντα  $\text{NH}_4^+$  και  $\text{SO}_4^{2-}$  σε μια ιονική αναλογία που υποθέτει την παρουσία του  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  στα αεροζόλ. Το  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  είναι πολύ διαδεδομένο στην ατμόσφαιρα. Στα 'γήινα'



aerosols βρίσκουμε κυρίως  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , ενώ σε βιομηχανικές περιοχές τα ιόντα  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{NH}_4$  και  $\text{Cl}^-$  είναι τα σπουδαιότερα. Στις πόλεις με μεγάλο κυκλοφοριακό δίκτυο είναι και ενώσεις των  $\text{Pb}^{+2}$ ,  $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{Mn}^{+2}$  και  $\text{NO}^{-3}$ . Τέλος, μια μεγάλη τάξη οργανικών ενώσεων βρέθηκε στα aerosols της ατμόσφαιρας. Αυτή περιλαμβάνει αλκάνια από  $\text{C}_{18}$  μέχρι  $\text{C}_{34}$ , τουλάχιστον 30 πολυκυκλικούς υδρογονάνθρακες και πολλές ετεροκυκλικές ενώσεις (Αναγνωστόπουλος, 1989).

### 3.3 Οξείδια του θείου.

Το θείο υπάρχει στην ατμόσφαιρα σε τρεις κυρίως μορφές ενώσεών του, δηλαδή ως  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  και με τη μορφή θειικών αλάτων (Αναγνωστόπουλος, 1989). Το θείο με τη μορφή των ενώσεών του έχει φυσικές πηγές από τις οποίες εκλύεται και διαφεύγει στην ατμόσφαιρα, όπως επίσης με άλλες διεργασίες επανέρχεται στη γη. Σ' αυτόν τον κύκλο επεμβαίνει ο άνθρωπος με τις δικές του δραστηριότητες και φορτίζει τον κύκλο αυτό με αποτέλεσμα να παραμένουν έξω από τον κύκλο του θείου μεγάλες ποσότητες των ενώσεών του, πράγμα που όπως θα δούμε έχει καταστρεπτικές συνέπειες.

Το  $\text{SO}_2$  και τα θειικά άλατα που προέρχονται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες συνιστούν το μεγαλύτερο μέρος του ολικού θείου που μεταφέρεται στη γη (περίπου  $10^8$  τόνοι το χρόνο) (Αναγνωστόπουλος, 1989). Οι ανθρωπογενείς πηγές εκπέμπουν κυρίως  $\text{SO}_2$  (περισσότερο από 90% του  $\text{SO}_2$  εκπέμπεται από ανθρωπογενείς πηγές),  $\text{SO}_3$  και  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (Κουϊμτζής κ.α., 1998). Σε αέρια μορφή ( $\text{SO}_2$  και  $\text{H}_2\text{S}$ ) το θείο μεταφέρεται αρκετά γρήγορα στην ατμόσφαιρα. Όταν όμως οξειδωθεί, η μεταφορά περιορίζεται, καθόσον το θείο βρίσκεται τότε στη μορφή στερεών θειικών αλάτων ή ως 'ομίχλη' θειικού οξέος.

Η κυριότερη πηγή του ατμοσφαιρικού  $\text{SO}_2$  είναι η καύση φυσικών καυσίμων, που όλα περιέχουν θειούχες ενώσεις ή θείο ως προσμίξεις, π.χ. ο άνθρακας και το μαζούτ περιέχουν πάνω από 3% θείο, ενώ τα πετρέλαια περιέχουν περίπου 0.05% θείο. Άλλη πηγή είναι η μεταλλουργία θειούχων ορυκτών (Αναγνωστόπουλος, 1989).

Άλλες πηγές θείου είναι οι ωκεανοί που εκπέμπουν μεγάλες ποσότητες οργανικών θειούχων ενώσεων, υδροθείου και, κυρίως, θειικών αλάτων. Οι θειούχες ενώσεις οξειδώνονται στην ατμόσφαιρα προς  $\text{SO}_2$ . Η συμμετοχή των ηφαιστείων και των φυσικών πυρκαγιών στην εκπομπή θειούχων ενώσεων είναι σχετικά μικρή (Κουϊμτζής κ.α., 1998).

Το  $\text{SO}_2$  έχει δυσάρεστη και πνιγηρή οσμή. Σε υψηλές συγκεντρώσεις (μεγαλύτερες από 20ppm) επιδρά στο αναπνευστικό σύστημα και είναι δυνατό να προκαλέσει τη δημιουργία πνευμονικού οιδήματος. Σε χαμηλές συγκεντρώσεις (0.1-0.7ppm) αλλά σε μακροχρόνια βάση παρατηρείται αύξηση των αναπνευστικών νοσημάτων. Η ταυτόχρονη

παρουσία καπνού (αιθάλης) και ομίχλης επιτείνει τα φαινόμενα και αυξάνει τη θνησιμότητα (Κουϊμτζής κ.α., 1998).

### 3.4 Υδρόθειο.

Η ύπαρξη σχεδόν όλου του υδρόθειου (~10<sup>8</sup> τον/χρόνο) έχει τις πηγές της στη φύση από την αναερόβια αποσύνθεση οργανικών ενώσεων ή από την αναγωγή των SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> με τη βοήθεια βακτηριδίων. Είναι πολύ τοξικό και επικίνδυνο για τον άνθρωπο αλλά λόγω της δυσάρεστης οσμής του γίνεται εύκολα αντιληπτό (Αναγνωστόπουλος, 1989).

### 3.5 Όξινη βροχή.

Με τον όρο όξινη βροχή εννοούμε τη βροχή με pH χαμηλότερο του φυσιολογικού. Ως φυσιολογικό pH για την καθαρή βροχή θεωρείται η τιμή 5.6 η οποία αντιστοιχεί στο pH του απεσταγμένου νερού που βρίσκεται σε ισορροπία με το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας (Κουϊμτζής κ.α., 1998).

Το φαινόμενο της όξινης βροχής δεν είναι μόνο τοπικό, γιατί οι ρυπογόνες ενώσεις ταξιδεύουν αρκετά χιλιόμετρα (μέχρι και 1000 km) λόγω των ανέμων, οπότε δημιουργούνται προβλήματα σε περιοχές της ίδιας χώρας, που δεν είναι βιομηχανικές, ή ακόμη εγείρονται προβλήματα σε γειτονικές χώρες. Το φαινόμενο, δηλαδή, αυτό έχει διασυνοριακό χαρακτήρα.

Τα οικολογικά αποτελέσματα από την όξινη βροχή δεν είναι εύκολο να εκτιμηθούν. Έχει διαπιστωθεί πως το φαινόμενο αυτό έχει επιπτώσεις σε όλα σχεδόν τα συστατικά της βιόσφαιρας: το έδαφος, τα δάση και τις καλλιέργειες, τις λίμνες και την υδρόβια ζωή, τα διάφορα υλικά, τα κτίρια, τους σωλήνες ύδρευσης και τα μνημεία (Κουϊμτζής κ.α., 1998).

Η όξινη βροχή απομακρύνει θρεπτικά συστατικά από τα φυλλώματα και το έδαφος, οξινίζει τις λίμνες και τους ποταμούς, και γενικά επιδρά σε μεταβολικές διεργασίες που έχουν σχέση με το pH (κατάλυση κ.λ.π.) σε πολλούς μικροοργανισμούς. Επίσης η όξινη βροχή επιδρά στη διάβρωση βασικών υλικών όπως είναι τα μέταλλα, το μάρμαρο κ.α. Είναι ακόμη γνωστή η καταστροφική επίδρασή της όξινης βροχής στα αρχαία ελληνικά μαρμάρινα μνημεία λόγω της μετατροπής του CaCO<sub>3</sub> σε CaSO<sub>4</sub> (Αναγνωστόπουλος, 1989).

### 3.6 Θειικά άλατα.

Τα θειικά άλατα σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα από την οξείδωση του SO<sub>2</sub>. Ένα μέρος των θειικών αλάτων της ατμόσφαιρας παραμένει με τη μορφή βελονοειδών μικροκρυστάλλων (εισερχόμενοι στους πνεύμονες

προκαλούν μικροτραύματα) και ένα μέρος καθιζάνει και βρίσκεται στις σκόνες των δρόμων στις πόλεις. Με τη βοήθεια του ανέμου ένα μέρος επανέρχεται στην ατμόσφαιρα. Στην εξοχή, όταν υπάρχουν πλούσια όξινα εδάφη κυρίως σε θειικά άλατα, ένα μέρος αυτών με τη βοήθεια του ανέμου εισέρχεται στην ατμόσφαιρα. Αυτά καθιζάνουν εκ νέου με τη μορφή της όξινης βροχής, η οποία σε περιπτώσεις καταιγίδων μεταφέρεται αρκετές φορές στις πόλεις (Αναγνωστόπουλος, 1989).

### 3.7 Διοξείδιο του άνθρακα.

Το διοξείδιο του άνθρακα είναι ένα ρυπογόνο αέριο της ατμόσφαιρας και παράγεται είτε από τη φύση (βιολογική αποσύνθεση) με υπολογισμένη ετήσια εκπομπή  $10^{13}$  τόννους είτε από ανθρώπινες δραστηριότητες (καύση) με υπολογισμένη ετήσια παραγωγή  $13 \times 10^9$  τόννους (Αναγνωστόπουλος, 1989).

Η καύση των φυσικών καυσίμων ως πηγή ενέργειας είναι ο κυριότερος τρόπος ρύπανσης της ατμόσφαιρας με  $\text{CO}_2$ .

Η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα συνεχώς αυξάνεται κατά σταθερό ποσοστό. Θεωρητικά το φαινόμενο αυτό μπορεί έμμεσα να οδηγήσει στην αύξηση της γήινης θερμοκρασίας και ονομάζεται το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Η αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα επίσης είναι πιθανό να επηρεάσει τη φωτοσύνθεση.

### 3.8 Μονοξείδιο του άνθρακα.

Αυτό το αέριο παράγεται κατά την ατελή καύση ανθρακούχων καυσίμων. Η μεγαλύτερη πηγή μονοξειδίου από καύση είναι οι μηχανές εσωτερικής καύσεως. Άλλες ανθρωπογενείς πηγές του  $\text{CO}$  είναι οι εγκαταστάσεις θέρμανσης και διάφορες άλλες βιομηχανικές εφαρμογές όπως, για παράδειγμα, οι φούρνοι σύντηξης (Κουϊμτζής κ.α., 1998).

Επίσης,  $\text{CO}$  παράγεται και από δύο μεγάλες φυσικές πηγές - ατμοσφαιρικές αντιδράσεις π.χ. από την αποσύνθεση φυτών και από την έκλυση από τους ωκεανούς (Αναγνωστόπουλος, 1989).

Το  $\text{CO}$  είναι αέριο άχρωμο, άοσμο και άγευστο. Σε υψηλές συγκεντρώσεις (μεγαλύτερες από 100ppm) είναι και θανατηφόρο. Η τοξική του δράση οφείλεται στη μεγάλη χημική συγγένεια που έχει με την αιμογλοβίνη (Hb) του αίματος. Η αιμογλοβίνη δρα ως μεταφορέας του οξυγόνου από τους πνεύμονες στα κύτταρα του σώματος και του  $\text{CO}_2$  από τα κύτταρα στους πνεύμονες. Έτσι η παρουσία του  $\text{CO}$  στον αέρα που εισπνέουμε περιορίζει την οξυγόνωση των κυττάρων επειδή αντικαθιστά το οξυγόνο στην οξυαιμογλοβίνη ( $\text{O}_2\text{-Hb}$ ) και σχηματίζει την καρβοξυαιμογλοβίνη ( $\text{CO-Hb}$ ).

Η ανοξαιμία, η οποία προκαλείται, εκδηλώνεται αρχικά στον εγκέφαλο με κεφαλαλγίες, ναυτίες κ.τ.λ. Με συνεχή έκθεση σε μεγάλες συγκεντρώσεις CO παρατηρείται ξαφνική απώλεια συνείδησης χωρίς αναπνευστικές διαταραχές, η οποία συνεχιζόμενη προκαλεί τον θάνατο (Κουϊμτζής κ.α., 1998).

### 3.9 Όζον.

Το όζον αποτελεί το σημαντικότερο δευτερογενή αέριο ρύπο της τροπόσφαιρας και το κυριότερο συστατικό του φωτοχημικού νέφους.

Για πολλά χρόνια το O<sub>3</sub> ήταν γνωστό ως φυσικό συστατικό της γήινης ατμόσφαιρας. Σχετικά μεγάλες συγκεντρώσεις όζοντος υπάρχουν στη στρατόσφαιρα, όπου παράγεται από τη φωτόλυση του οξυγόνου. Από τα μεγάλα αυτά ύψη, το όζον μεταφέρεται στη χαμηλότερη ατμόσφαιρα, από όπου απομακρύνεται με χημικές αντιδράσεις ή απόθεση στην επιφάνεια της γης.

Η αναγνώριση του O<sub>3</sub> ως ρύπου της ατμόσφαιρας των αστικών περιοχών έγινε στα τέλη της δεκαετίας του 1940, όταν παρατηρήθηκαν ασυνήθιστα υψηλές συγκεντρώσεις του κατά τη διάρκεια επεισοδίου ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο Los Angeles. Σήμερα είναι γνωστό ότι το όζον είναι προϊόν του φωτολυτικού κύκλου των οξειδίων του αζώτου και ότι στο σχηματισμό του συμβάλλουν σημαντικά οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες που εκπέμπονται με τα καυσαέρια των αυτοκινήτων.

Ιδιαίτερα μεγάλη σημασία έχουν οι καταστροφικές επιδράσεις του φωτοχημικού νέφους στη βλάστηση. Οι καταστροφικές επιδράσεις οφείλονται στα οξειδωτικά, όπως το όζον, το PAN και το NO<sub>2</sub>. Η μεγαλύτερη φυτοτοξικότητα εμφανίζει το PAN, το οποίο προσβάλλει τα νεαρά φύλλα προσδίδοντάς τους μπρούντζινη γυαλιστερή επιφάνεια. Ευτυχώς το PAN υπάρχει συνήθως στην ατμόσφαιρα σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις. Το NO<sub>2</sub> βρίσκεται σε υψηλότερες συγκεντρώσεις, αλλά η φυτοτοξικότητά του είναι πολύ μικρότερη. Έτσι το O<sub>3</sub> αποτελεί τη μεγαλύτερη οξειδωτική απειλή για τη βλάστηση.

Η φυτοτοξικότητα του O<sub>3</sub> εκδηλώνεται συχνά με χαρακτηριστικές κίτρινες κηλίδες στην επιφάνεια των φύλλων (π.χ. των εσπεριδοειδών) ή με αναστολή της ανάπτυξης των φυτών χωρίς άλλα συμπτώματα.

Γενικά έκθεση σε συγκέντρωση O<sub>3</sub> περίπου 60 ppb μπορεί προσωρινά να μειώσει στο μισό την ταχύτητα φωτοσύνθεσης σ' ένα φυτό. Οι καταστροφές που προκαλεί το O<sub>3</sub> στις σοδειές σε πολλές περιοχές, όπως π.χ. στην Καλιφόρνια, έχουν μεγάλο οικονομικό κόστος. Για την προστασία της βλάστησης από το O<sub>3</sub> έχουν θεσπιστεί και αντίστοιχα όρια (200 μg m<sup>-3</sup> ως μέση ωριαία τιμή και 65 μg m<sup>-3</sup> ως μέση τιμή 24ώρου) (Κουϊμτζής κ.α., 1998).



### 3.10 Οξείδια του αζώτου και φωτοχημική καπνομίχλη.

Γενικά το άζωτο σχηματίζει πολλές ενώσεις που έχουν φυσική προέλευση όπως η αμμωνία, τα οξείδια του αζώτου και άλλες. Οι ενώσεις αυτές παραμένουν ανεξάρτητες μεταξύ τους και έχουν το δικό τους κύκλο μετατροπής (Αναγνωστόπουλος, 1989).

#### 3.10.1 Διαζωτοξείδιο $N_2O$ .

Η σημαντικότερη πηγή ατμοσφαιρικού  $N_2O$  είναι η έκλυση του από το έδαφος. Το  $N_2O$  είναι αυτό καθ' αυτό ένα ρυπαντικό αέριο. Η σημασία του στον τομέα της Χημείας της αέριας ρύπανσης βρίσκεται στην φωτοαποσύνθεσή του σε  $NO$  που είναι ένας σημαντικός ρύπος (Αναγνωστόπουλος, 1989).

#### 3.10.2 Αμμωνία.

Συνήθως η  $NH_3$  βρίσκεται στην ατμόσφαιρα με τη μορφή αλάτων, όταν όμως είναι ελεύθερη τότε το  $O_3$  εύκολα την οξειδώνει σε προϊόντα όπως: π.χ.  $N_2$ ,  $N_2O$ ,  $NH_4NO_3$  (Αναγνωστόπουλος, 1989).

#### 3.10.3 Μονοξείδιο ( $NO$ ) και διοξείδιο του αζώτου ( $NO_2$ ).

Η παρουσία των οξειδίων αυτών στην ατμόσφαιρα οφείλεται τόσο σε φυσικές όσο και σε ανθρωπογενείς πηγές. Αν και η συμμετοχή των ανθρωπογενών πηγών όπως η καύση του άνθρακα, του πετρελαίου, του μαζούτ, του φυσικού αερίου ή άλλων, είναι πολύ μικρή σε σχέση με τις φυσικές πηγές, πρέπει να σημειωθεί ότι οι εκπομπές τους συγκεντρώνονται σε ορισμένες περιοχές και ιδιαίτερα στην ατμόσφαιρα των μεγαλουπόλεων (Κουϊμτζής κ.α., 1998).

Τα  $NO_x$  βρίσκονται στα καυσαέρια, όπου το  $NO$  επικρατεί γιατί ο σχηματισμός του ευνοείται σε υψηλές θερμοκρασίες. Το  $NO$  σχηματίζεται στα καυσαέρια στην περιοχή της φλόγας από το άζωτο και το οξυγόνο του αέρα που χρησιμοποιείται για την καύση. Η πιο σπουδαία πηγή εκπεμπόμενης μάζας  $NO$  είναι το αυτοκίνητο, εφόσον η μηχανή εσωτερικής καύσης εργάζεται σε υψηλή θερμοκρασία (Αναγνωστόπουλος, 1989).

Και τα δύο οξείδια θεωρούνται τοξικές ενώσεις. Πειραματόζωα εκτεθειμένα σε μεγάλες συγκεντρώσεις  $NO$  παρουσιάζουν παράλυση και σπασμούς του νευρικού συστήματος.

Ωστόσο το  $NO_2$  είναι πιο τοξικό. Ερεθίζει τα μάτια και τους πνεύμονες. Αντιδρά με τους υδρατμούς των βρόγχων και των κυψελίδων και προκαλεί ερεθισμό. Το βασικό σύμπτωμα είναι πνευμονικό οίδημα που,

όταν η συγκέντρωση του  $\text{NO}_2$  είναι μεγαλύτερη των 150ppm, προκαλεί το θάνατο. Σε συγκέντρωση μεγαλύτερη από  $200\mu\text{g}/\text{m}^3$  γίνεται αισθητό στην όσφρηση (Κουϊμτζής κ.α., 1998).

#### 3.10.4 Φωτοχημική καπνομίχλη.

Οι πιο σπουδαίες αντιδράσεις στην ατμόσφαιρα των αζωτοξειδίων αποτελούν μια ομάδα αντιδράσεων γνωστή ως φωτοχημική καπνομίχλη (photochemical smog). Μια τυπική φωτοχημική καπνομίχλη σχηματίζεται σε ζεστό, ηλιόλουστο καιρό και χαρακτηρίζεται από ομίχλη, σχηματισμό όζοντος, ερεθισμό των ματιών και καταστροφή της βλάστησης.

Τα βασικά χαρακτηριστικά μιας φωτοχημικής καπνομίχλης είναι τα εξής: α) εκπομπή οξειδίων του αζώτου και υδρογονανθράκων στην ατμόσφαιρα, β) κατανάλωση των οξειδίων του αζώτου και συγχρόνως αύξηση οξειδωτικών όπως του όζοντος, του οξυγόνου και άλλων και γ) η οξείδωση των υδρογονανθράκων που παράγει μια μεγάλη ποικιλία ενώσεων που σχηματίζουν aerosols και ενώσεις που ερεθίζουν τα μάτια.

Γενικά ο σχηματισμός 'νέφους' προϋποθέτει παραγωγή  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$  και χημικές αντιδράσεις με υδρογονάνθρακες.

Ένα σπουδαίο ρυπαντικό αέριο που βρίσκεται στη φωτοχημική καπνομίχλη είναι το  $\text{SO}_2$  το οποίο οξειδώνεται από το ατομικό οξυγόνο, το όζον, το  $\text{NO}_2$  ή τις οξυγονούχες ρίζες και σχηματίζει ομίχλη που ελαττώνει την ορατότητα (Αναγνωστόπουλος, 1989).

Επίσης σημαντικοί δευτερογενείς ρύποι της φωτοχημικής καπνομίχλης είναι και τα νιτρικά υπεροξυακύλια (PAN) τα οποία παρουσιάζουν σημαντική βιολογική δραστηριότητα. Προκαλούν καταστροφή των φύλλων των φυτών σε πάρα πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις και προκαλούν επίσης ερεθισμό των ματιών και του αναπνευστικού συστήματος των ανθρώπων. Η βλάστηση καταστρέφεται σε συγκεντρώσεις PAN  $0.01\text{mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ . Συνήθως τα PAN προσβάλλουν τα νεαρά φυτά.

#### 3.11 Βαρέα μέταλλα.

Τα τοξικά μέταλλα στο περιβάλλον (μόλυβδος, βανάδιο, μαγγάνιο, αρσενικό, νικέλιο, κάδμιο, υδράργυρος, βηρύλλιο, σελήνιο), αναφέρονται συχνά ως 'βαρέα μέταλλα', επειδή αρχικά, τα πρώτα χαρακτηριστικά παραδείγματα ήταν ο μόλυβδος και ο υδράργυρος. Έχει αποδειχθεί πως ο μόλυβδος είναι τοξικός. Ο σημαντικότερος ρυπαντής είναι οι ενώσεις του μολύβδου που προστίθενται στη βενζίνη των αυτοκινήτων (Αναγνωστόπουλος, 1989).

Κανένα μέχρι τώρα μέταλλο δεν έχει διεισδύσει στο περιβάλλον σε τέτοια έκταση ώστε να αποτελέσει εκτεταμένο κίνδυνο. Ωστόσο το κάθε

ένα έχει ανιχθευθεί σε τοξικά επίπεδα σε συγκεκριμένα μέρη τα τελευταία χρόνια. Τα μέταλλα, σε αντίθεση με τις περισσότερες τοξικές οργανικές ενώσεις, δεν αποικοδομούνται και γι' αυτό συσσωρεύονται στο περιβάλλον. Τελικά, ένα μέρος αυτών καταλήγει με τη βιολογική τροφική αλυσίδα έως τον άνθρωπο, στον οποίο προκαλούν οξείες ή χρόνιες βλάβες (Κουϊμτζής κ.α., 1998).

### **3.11.1 Τοξικότητα του μολύβδου.**

Η τοξικότητα του μολύβδου είναι ανάλογη με την ποσότητά του στους μαλακούς ιστούς και όχι με αυτήν στο αίμα ή στα κόκκαλα. Ο μολύβδος μπορεί να παραμένει στο ανθρώπινο σώμα για πολλά χρόνια και, έτσι, μπορεί να συσσωρεύεται στο σώμα.

Σε υψηλά επίπεδα, ο μολύβδος είναι ένα γενικό μεταβολικό δηλητήριο (Κουϊμτζής κ.α., 1998). Σήμερα έχει πολύ καλά διαπιστωθεί η επίδραση του μολύβδου σε βιολογικά και βιοχημικά σχήματα όπως π.χ. παρεμπόδιση ενζύμων, διακοπή μεγάλου αριθμού μεταβολικών μηχανισμών (σχηματισμός αιμίνης) και συνεργικά φαινόμενα. Είναι επίσης φανερό ότι ο μολύβδος επηρεάζει περισσότερο τον εγκέφαλο και τα νεφρά (χρόνια νεφρίτιδα). Η επίδραση είναι περισσότερο σοβαρή στον εγκέφαλο των εμβρύων, αφού ο μολύβδος συσσωρεύεται στον ιππόκαμπο του εγκεφάλου, που επηρεάζει τις ικανότητες εκμάθησης του ανθρώπου.

Ανόργανες πηγές μολύβδου μπορούν να εισέλθουν στον ανθρώπινο οργανισμό από τις τροφές ή την αναπνοή και στη συνέχεια να απορροφηθούν από το γαστροεντερικό σύστημα ή τους πνεύμονες αντίστοιχα (Αναγνωστόπουλος, 1989).

### **3.11.2 Η ρύπανση από κάδμιο.**

Το κάδμιο είναι περισσότερο τοξικό από τον μολύβδο, πλην όμως δεν χρησιμοποιείται τόσο πολύ. Το κάδμιο συνοδεύει έστω και σε ελάχιστες ποσότητες τον ψευδάργυρο και με αυτόν τον τρόπο εισέρχεται σιγά-σιγά στο περιβάλλον μας αφού ο ψευδάργυρος είναι ένα μέταλλο μεγάλης κατανάλωσης.

Τις μεγαλύτερες ποσότητες καδμίου, ο άνθρωπος τις παίρνει με την τροφή. Επίσης το κάπνισμα είναι πηγή καδμίου για τους καπνιστές.

Το κάδμιο συσσωρεύεται στο συκώτι και στα νεφρά όπου σε μεγάλες ποσότητες δημιουργεί δυσλειτουργίες και μπορεί να οδηγήσει και στην καταστροφή τους (Αναγνωστόπουλος, 1989).

### **3.11.3 Η ρύπανση από υδράργυρο.**

Ο υδράργυρος είναι το πιο τοξικό μέταλλο από τα 'βαρέα' μέταλλα και δημιουργεί σοβαρά προβλήματα δηλητηρίασεως.

Η παγκόσμια παραγωγή του υδραργύρου δεν είναι μεγάλη όμως όταν τα άλατά του βρεθούν στο περιβάλλον αλκυλιώνονται είτε από μικροοργανισμούς είτε με τη βοήθεια ενζύμων και εισέρχονται πιο εύκολα στο οικοσύστημα από το οποίο ο άνθρωπος παραλαμβάνει αρκετά μεγάλες ποσότητες.

Όλες οι μορφές του υδραργύρου συγκεντρώνονται στο συκώτι και στα νεφρά που δημιουργούν προβλήματα σε μεγάλες συγκεντρώσεις (Αναγνωστόπουλος, 1989).

### **3.12 Αλογόνα.**

Τα αλογόνα περιλαμβάνουν, εκτός από τα γνωστά στοιχεία φθόριο, χλώριο και βρώμιο, τα υδραλογόνα και τους αλογονομένους υδρογονάνθρακες όπως για παράδειγμα κάποια εντομοκτόνα και ζιζανιοκτόνα και τα λεγόμενα freons (Αναγνωστόπουλος, 1989).

#### **3.12.1 Φθορίδια.**

Φυσικές πηγές φθοριδίων είναι άλατα προερχόμενα από τη θάλασσα, προϊόντα οξειδώσεως ενώσεων του φθορίου με  $O_3$  και τα αέρια που προέρχονται από τις εκρήξεις των ηφαιστειών.

Οι ατμοσφαιρικές επιδράσεις των φθοριδίων εξαρτώνται κατά ένα μεγάλο μέρος από τη διαλυτότητά τους στο νερό που καθορίζει και την ικανότητά τους να ενσωματώνονται στα φυτά και στα ζώα. Τα φθορίδια προκαλούν αλλοιώσεις του μεταβολισμού των φυτών, βλάβες στο φύλλωμα και μεταβολές στην αύξηση, ανάπτυξη και απόδοσή τους (Αναγνωστόπουλος, 1989).

#### **3.12.2 Χλωρίδια.**

Το μοριακό χλώριο είναι ένα τοξικό αέριο, όμως στην ατμόσφαιρα βρίσκεται κυρίως στην ιονική μορφή. Το χλώριο προκαλεί την οπή του όζοντος στη στρατόσφαιρα (Αναγνωστόπουλος, 1989).

#### **3.12.3 Freons.**

Το ενδιαφέρον τους στην ατμόσφαιρα έγκειται στο γεγονός ότι αντιδρούν με το στρατοσφαιρικό  $O_3$ . Τα Freons προέρχονται από ανθρώπινες δραστηριότητες και έχουν μεγάλο χρόνο παραμονής στην ατμόσφαιρα. Η καταστροφή της στιβάδας του όζοντος έχει δυσμενείς



συνέπειες για τον άνθρωπο, αφού αυξάνεται η υπεριώδης ακτινοβολία που φθάνει στη γη. Η υπεριώδης ακτινοβολία προκαλεί καρκίνο του δέρματος και καταρράκτη στα μάτια μας. Επίσης επηρεάζει και τα ζώα και τα φυτά. Με την καταστροφή του όζοντος θα επηρεαστεί και το κλίμα της γης, αφού καταστρέφεται η αντιθερμική μας «σκεπή» που είναι η στρατόσφαιρα (Αναγνωστόπουλος, 1989).

### **3.13 Υδρογονάνθρακες.**

Από το σύνολο των αέριων υδρογονανθράκων που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα, το 85% είναι μεθάνιο και προέρχεται κυρίως από την αναερόβια μικροβιακή αποικοδόμηση οργανικής ύλης στα νερά, τα ιζήματα και το έδαφος. Η βλάστηση αποτελεί τη σημαντικότερη φυσική πηγή υδρογονανθράκων εκτός μεθανίου στην ατμόσφαιρα (Κουϊμτζής κ.α., 1998).

Ωστόσο υδρογονάνθρακες παράγονται και από διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες όπως καύση πετρελαίου, αποτεφρώσεις, εξατμίσεις διαλυτικών κ.τ.λ.

### **3.14 Αμίαντος.**

Ο αμίαντος είναι μια σοβαρή περίπτωση κατά την οποία όταν εισπνέονται σωματίδια από την ατμόσφαιρα και πιο συγκεκριμένα από την ατμόσφαιρα των εργοστασίων όπου γίνονται διάφορα παρασκευάσματα με την χρήση αμιάντου, έχει αποδειχθεί ότι οδηγεί σε διάφορα είδη καρκίνου των πνευμόνων (Αναγνωστόπουλος, 1989).

### **3.15 Σκόνη Τσιμέντου.**

Με τον όρο τσιμέντο προσδιορίζεται μια μεγάλη κατηγορία υδραυλικών κονιών, συγκολλητικών δηλαδή υλών, οι οποίες έχουν την δυνατότητα να σκληρύνονται μέσα στο νερό (Λεγάκης, 1987).

Κοινό χαρακτηριστικό όλων των τσιμέντων είναι ότι προέρχονται από τη καύση μίγματος ασβεστολιθικών και αργιλοπυριτικών πετρωμάτων (Λεγάκης, 1987).

Πηγή εισόδου της σκόνης τσιμέντου στην ατμόσφαιρα αποτελεί κατά κύριο λόγο η βιομηχανία παραγωγής τσιμέντου.

Η επίδραση της σκόνης τσιμέντου στην ανάπτυξη, παραγωγικότητα και φυσιολογία των φυτών έχει μελετηθεί σε φυτά μεγάλης καλλιέργειας, ετήσια λαχανοκομικά και δασικά δένδρα. Η σκόνη τσιμέντου μείωσε την παραγωγικότητά τους και τη συγκέντρωση χλωροφύλλης σε διάφορα μη ψυχανθή φυτά όπως σιτάρι, βαμβάκι, (Pandey and Kumar, 1996; Satao *et al*, 1993). Επίσης μείωσε την ανάπτυξη νεαρών δασικών δένδρων (Iqbal

and Shafiq, 1995) και τη συγκέντρωση χλωροφύλλης στα κωνοφόρα (Mandre and Tuulmets, 1997).

### 3.15.1 Τύποι τσιμέντων.

#### 3.15.1.1 Τύπος τσιμέντων πόρτλαντ.

Το τσιμέντο πόρτλαντ κατέχει την πρώτη θέση στην παραγωγή τσιμέντων γενικά. Στις περισσότερες χώρες που παρασκευάζεται αναγνωρίζονται μερικοί τύποι που έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά. Οι πιο ενδιαφέρουσες μεταβλητές είναι η ταχύτητα σκληρύνσεως, η ταχύτητα και η ολική εκλυόμενη θερμότητα κατά την ενυδάτωση και η αντίσταση του εκσκληρυσμένου τσιμέντου στη προσβολή από διαλύματα θεικών αλάτων. Αυτά τα χαρακτηριστικά επηρεάζονται από τη σχετική αναλογία των ορυκτολογικών συστατικών του κλίνκερ και από φυσικούς συντελεστές όπως η λεπτότητα αλέσεως. Γενικά οι προδιαγραφές για τους ιδιαίτερους τύπους τσιμέντων πόρτλαντ βασίζονται σε τριών ειδών δοκιμές (Προσωπική επικοινωνία με τον διευθυντή του Περιφερειακού Ελέγχου Υλικών Δημοσίων Έργων Περιφέρειας Θεσσαλίας).

A) Δοκιμές που γίνονται στο άνυδρο τσιμέντο, όπως η χημική ανάλυση, αδιάλυτο υπόλειμμα, ο προσδιορισμός της κατανομής μεγέθους των κόκκων κ.τ.λ.

B) Δοκιμές που αφορούν τη συμπεριφορά του τσιμέντου στη διάρκεια της ενυδατώσεως, π.χ. μέτρηση του χρόνου πήξεως ή της θερμότητας ενυδατώσεως κ.τ.λ.

Γ) Δοκιμές που γίνονται στην εκσκληρυσμένη πάστα, π.χ. η μέτρηση της αντοχής σε θλίψη ή της αντιστάσεως σε θειικά άλατα κ.τ.λ.

Ειδικά για τις δοκιμές (B) και (Γ) οι συνθήκες της δοκιμής πρέπει να είναι αυστηρά καθορισμένες. Συνήθως χρησιμοποιείται συνδυασμός των τριών ομάδων δοκιμών.

#### 3.15.1.2 Άλλοι τύποι τσιμέντων.

Εκτός από τους παραπάνω τύπους τσιμέντων κατασκευάζονται και μερικοί άλλοι για ειδικές χρήσεις. Λευκά τσιμέντα κατασκευάζονται από υλικά χωρίς Fe, όπως ο ασβεστόλιθος και ο καολίνης, και περιέχουν  $C_3S$ ,  $C_2S$  και  $C_3A$ . Στα τσιμέντα που χρησιμοποιούνται για τη στεγανοποίηση των τοιχωμάτων στις γεωτρήσεις πετρελαίων επιδιώκεται μεγαλύτερη λεπτότητα από τη συνήθη και χαμηλός λόγος A/F ώστε να μην υπάρχει  $C_3A$  και η φάση του φερίτου να περιέχει λιγότερο A. Άλλοι τύποι τσιμέντων λιγότερο διαδεδομένοι είναι τα τσιμέντα σκωρίας (slag cements), τα διογκωμένα τσιμέντα (expansive cements), τα ποζολάνικα



τσιμέντα (pozzolanic cements), τα τσιμέντα τοιχοποιίας (masonry cements), τα αργιλικά τσιμέντα (aluminous cements), τα Mg-Oxychlorid ή Sorel cements, τα Sr-aluminate cements, τα Ba-aluminates cements (πυρίμαχα τσιμέντα) κ.τ.λ.

Συνοψίζοντας, η ατμοσφαιρική ρύπανση συνεχώς διογκώνεται, κύρια λόγω των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, με αποτέλεσμα να επηρεάζει όλο και περισσότερο τα έμβια όντα της γης. Μελέτες πάνω στους ατμοσφαιρικούς ρυπαντές είναι απαραίτητες για να κατανοήσουμε τους κινδύνους που απειλούν ανθρώπους, ζώα και φυτά, και πιθανόν να προστατευτούμε.

## 4. ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΡΥΠΑΝΤΩΝ ΣΤΑ ΦΥΤΑ

### 4.1 Γενικά.

Τα φυτά προμηθεύονται τα στοιχεία που χρειάζονται για την αύξηση και την ανάπτυξή τους από την ατμόσφαιρα, τον ήλιο και το έδαφος. Ωστόσο στο περιβάλλον υπάρχουν, όπως προαναφέρθηκε, και ουσίες που είναι τοξικές για τα φυτά. Επίσης κάποια από τα χημικά στοιχεία βρίσκονται σε ενώσεις που είναι σημαντικά επικίνδυνες για τα φυτά.

Σήμερα τα φυτά βρίσκονται εκτεθειμένα σε πολύ μεγαλύτερες συγκεντρώσεις τοξικών ουσιών σε σχέση με το παρελθόν, γεγονός που είναι αποτέλεσμα διάφορων, ανθρώπινων κυρίως, δραστηριοτήτων. Η κατάσταση φαίνεται να γίνεται σοβαρότερη εξαιτίας της προσθήκης στο περιβάλλον ουσιών που είναι εντελώς ξένες προς τα φυτά. Μια σειρά από ιδιαίτερα φυτοτοξικά υλικά εισέρχονται στο περιβάλλον, στην ατμόσφαιρα, στο νερό, στο έδαφος, σαν αποτέλεσμα των βιομηχανικών διαδικασιών, των καυσαερίων των αυτοκινήτων, της χρήσης των διαφόρων χημικών φυτοπροστατευτικών ουσιών που εισρέουν στη γεωργία κ.τ.λ.

Η κατάσταση γίνεται ιδιαίτερα κρίσιμη τα τελευταία χρόνια με την αλόγιστη χρήση εκ μέρους του ανθρώπου όλων εκείνων που του πρόσφερε η επιστήμη για να ζει καλύτερα. Έτσι, η εκρηκτική αύξηση των αυτοκινήτων και συνεπώς των εκπομπών των καυσαερίων, η ολοένα αυξανόμενη βιομηχανική παραγωγή, η αλόγιστη χρήση των διαφόρων χημικών που έχει στη διάθεσή της η γεωργία, έχουν δυσμενείς συνέπειες για τα φυτά και για τον ίδιο τον άνθρωπο.

### 4.2 Αντίδραση των φυτών στους ρυπαντές.

Όταν ένα φυτό έρθει σε επαφή με ένα ρυπαντή, τότε εμφανίζονται ή όχι διάφορες αντιδράσεις και συμπτώματα, σε κάποιο μέρος του φυτού, χαρακτηριστικά του ρυπαντή που δίνουν τη δυνατότητα για αναγνώριση του αιτίου που το προκάλεσε και το διαχωρισμό του από άλλους πιθανούς βιοτικούς ή αβιοτικούς παράγοντες. Ωστόσο πολλές φορές τα συμπτώματα της έκθεσης του φυτού σε ένα ρυπαντή δεν είναι τόσο χαρακτηριστικά στα πρώτα στάδια, γι' αυτό απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στο καθορισμό του αιτίου που τα προκάλεσε.

### 4.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την έκθεση του ρυπαντή.

#### 4.3.1 Ο τύπος της σύνθεσης της ουσίας που βρίσκεται στην ατμόσφαιρα.

Οι ρυπαντές δεν είναι το ίδιο επικίνδυνοι για τα φυτά. Βέβαια, η γενίκευση είναι δύσκολη ωστόσο μπορούμε να πούμε πως οι χημικές ενώσεις του SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> είναι τυπικά λιγότερο τοξικές, διότι μπορούν και μεταβολίζονται μέσα στο φυτό, σε σχέση με το O<sub>3</sub>, για παράδειγμα, το οποίο δε μπορεί να μεταβολισθεί μέσα στο φυτό (Weber et al, 1994).

Γενικά αναφέρεται πως οι κυριότεροι και πιο επικίνδυνοι ρύποι, είτε λόγω της φυτοτοξικότητας τους είτε λόγω της συχνής παρουσίας τους, θεωρούνται τα αιωρούμενα υγρά ή στερεά σωματίδια (aerosols), το SO<sub>2</sub>, οξείδια του N (NO<sub>x</sub>), το CO, το O<sub>3</sub>, οι υδρογονάνθρακες, ο μόλυβδος και ο αμιάντος. Επίσης ρυπαντές είναι και αυτοί που δεν δημιουργούνται από την καύση αλλά από την ίδια παραγωγική διαδικασία όπως H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, Cl<sub>2</sub>, Br<sub>2</sub>, διάφορα βαρέα μέταλλα, σκόνη και τσιμεντόσκονη. Λιγότερο επικίνδυνοι ρυπαντές θεωρούνται τα καυσαέρια των αυτοκινήτων, η σκόνη και η NH<sub>3</sub>.

#### 4.3.2 Η συγκέντρωση, διάρκεια και συχνότητα εμφάνισης του ρυπαντή.

Η έκθεση στους ρυπαντές χαρακτηρίζεται από τη συγκέντρωση, τη διάρκεια και τη συχνότητα της εμφάνισης του ρυπαντή. Η συγκέντρωση των ρυπαντών επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, όπως το ποσοστό σύνθεσης που αποβάλλεται στην ατμόσφαιρα στη μονάδα του χρόνου, τη πηγή της μόλυνσης, την ταχύτητα του ανέμου κατά τη διασπορά και την ατμοσφαιρική σταθερότητα. Είναι φανερό πως ακόμη και αν μια χημική ένωση ή ουσία είναι τοξική, η παρουσία της και μόνο στην ατμόσφαιρα δεν είναι αρκετή να προξενήσει βλάβες στα φυτά αν η συγκέντρωσή της, η διάρκεια και η συχνότητα εμφάνισής της δεν είναι στα επίπεδα που απαιτούνται για να προκληθεί ζημιά.

Υψηλές συγκεντρώσεις ατμοσφαιρικών ρυπαντών που εμφανίζονται τις ώρες της ημέρας που τα στομάτια των φυτών είναι πλήρως ανοιχτά είναι περισσότερο επιβλαβείς από εκείνες που εμφανίζονται κατά τη διάρκεια της νύχτας. Ακόμη φυτά που έχουν εκτεθεί σε βλαβερές συγκεντρώσεις ρύπων για λίγες ώρες κατά τη διάρκεια της ημέρας φαίνεται πως χρησιμοποιούν τις ώρες της νύχτας σαν χρόνο για την αποκατάσταση των ζημιών (Larcher, 1995).

Διάφορες μελέτες έχουν δείξει πως υψηλές συγκεντρώσεις ρυπαντών για σύντομο χρονικό διάστημα προκαλούν περισσότερες βλάβες στο φυτό από ότι μια χαμηλή συγκέντρωση ρυπαντών για περισσότερο διάστημα



ακόμη και αν η τελική ποσότητα του ρυπαντή είναι η ίδια. Φαίνεται πως οι αρνητικές επιδράσεις των ρυπαντών στην ανάπτυξη ενός φυτού και οι οπτικές ζημιές στη βλάστηση είναι αποτέλεσμα συχνής έκθεσης σε υψηλές σχετικά συγκεντρώσεις ρυπαντών (Weder et al, 1994).

#### **4.3.3 Η τοπογραφία και η μετεωρολογία-κλιματολογία της περιοχής.**

Οι ατμοσφαιρικοί παράγοντες που ελέγχουν την κίνηση, τη συχνότητα της διάλυσης του ρυπαντή καθώς και τη μετακίνησή του από την ατμόσφαιρα, ασκούν μεγάλη επίδραση στη συγκέντρωσή του. Για παράδειγμα, ο άνεμος μπορεί να αποτελέσει αιτία για τη μεταφορά του ρυπαντή και την ύπαρξή του σε υψηλές συγκεντρώσεις σε περιοχές όπου δεν είναι πηγές μόλυνσης και δεν συνηθίζονται οι υψηλές συγκεντρώσεις του ρυπαντή.

Επίσης άπνοια, αναστροφή θερμοκρασίας και άλλα φαινόμενα που προκαλούν στάσιμες αέριες μάζες αυξάνουν την ένταση βλάβης από τους ρυπαντές λόγω μεγαλύτερης συγκέντρωσής τους στην ατμόσφαιρα κοντά σε περιοχές με υψηλές εκπομπές ρύπων (Λόλας, 1996).

#### **4.4 Παράγοντες που επηρεάζουν την αντίδραση του φυτού κατά την έκθεσή του στον ρυπαντή.**

Τα είδη των φυτών διαφέρουν στη δεκτικότητά τους στους διάφορους ρυπαντές. Για παράδειγμα τα ψυχανθή, όπως το τριφύλλι και η μηδική, είναι περισσότερο δεκτικά στο O<sub>3</sub> από τα αγρωστώδη, όπως το καλαμπόκι και το σιτάρι. Επόμενο είναι να παρουσιάζουν διαφορές στη δεκτικότητα στους ρυπαντές και διαφορετικές καλλιεργούμενες ποικιλίες (Weder et al, 1994).

Η δεκτικότητα ενός φυτού σε ένα ρυπαντή μπορεί να επηρεαστεί από κλιματικούς παράγοντες, όπως η υγρασία, η θερμοκρασία του αέρα, η ένταση του φωτός καθώς και η φωτοπερίοδος.

Όμοια, εδαφικοί παράγοντες όπως η υγρασία εδάφους, τα θρεπτικά συστατικά του εδάφους και η συγκέντρωση του εδαφικού οξυγόνου μπορούν να επηρεάσουν την αντίδραση των φυτών. Παρόλο που η αντίδραση των φυτών σε μεμονωμένους κλιματικούς και εδαφικούς παράγοντες διαφέρει σημαντικά, αυτοί οι παράγοντες που επηρεάζουν τη λειτουργία των στομάτων θεωρείται ότι ελέγχουν σε μεγάλο βαθμό την αντίδραση των φυτών στους ρυπαντές.

Τα συμπτώματα των ζημιών ποικίλουν και συνήθως δεν είναι συγκεκριμένα. Το ίδιο στοιχείο μπορεί να προκαλέσει διαφορετικά συμπτώματα σε διαφορετικά είδη φυτών και διαφορετικοί ρυπαντές μπορούν να προκαλέσουν όμοια συμπτώματα. Επίσης η ζημιά που προκαλείται εξαρτάται από τα διάφορα stress που υποβάλλεται το φυτό

την ίδια χρονική στιγμή. Για παράδειγμα, δένδρα που υποβάλλονται σε έκθεση σε διάφορους ρυπαντές, έχει παρατηρηθεί πως εμφανίζουν μεγαλύτερες ζημιές όταν υποφέρουν παράλληλα από ξηρασία ή παγωνιά σε σχέση με τα υγιή δένδρα (Larcher, 1995).

Η άμεση ζημιά αναγνωρίζεται από την εμφάνιση χλώρωσης, αποχρωματισμό των φύλλων, νέκρωση διάφορων ιστών ή οργάνων ή και θάνατο ολόκληρου του φυτού. Η χρόνια βλάβη, ωστόσο, χωρίς εμφανή συμπτώματα οδηγεί σε μειωμένη παραγωγικότητα και αναποτελεσματική γονιμότητα (στείρωση γύρης). Στα δένδρα, η ανάπτυξη ειδικά του καμβίου είναι λιγότερο έντονη. Το φύλλωμα γίνεται αραιότερο, η κίνηση του νερού από τις ρίζες προς τα φύλλα εμποδίζεται κάθε χρόνο και περισσότερο, το δένδρο εξασθενεί και σταδιακά πεθαίνει.

#### **4.5 Κυριότεροι ρυπαντές και οι επιδράσεις τους στα φυτά.**

##### **4.5.1. Όζον (O<sub>3</sub>).**

Η είσοδος του όζοντος στα φυτά σε βιοχημικό επίπεδο έχει σημαντικές δυσμενείς επιπτώσεις. Ένα συχνά παρατηρούμενο σύμπτωμα είναι το εύθραυστο των μεμβρανών και ειδικά του πλασμαλήματος. Η δυσλειτουργία των μεμβρανών επηρεάζει ένα μεγάλο αριθμό λειτουργιών του κυττάρου οι οποίες εμφανίζονται μέσα από τη μείωση των διαθέσιμων μεταβολιτών. Έκθεση των φύλλων στο όζον οδηγεί σε μείωση της φωτοσυνθετικής ικανότητας και της αναπνοής και σε επιτάχυνση της γήρανσης. Τα επίπεδα του όζοντος που βρέθηκαν σε διάφορα περιβάλλοντα δεν φαίνεται να μειώνουν τη φωτοσύνθεση αμέσως αλλά τα φυτά χρειάζονται να εκτεθούν πολλές ημέρες σε αυτά τα επίπεδα για να προκαλέσουν αντιδράσεις. Δεν είναι απόλυτα εξακριβωμένο αν το όζον επιδρά άμεσα πάνω στους χλωροπλάστες. Ωστόσο αλλαγές στη λειτουργία των χλωροπλάστων είναι καθαρά σύμπτωμα που οφείλεται στην έκθεση των φυτών στο όζον (Weder et al, 1994).

Η παραγωγή ώριμων φρούτων έχει βρεθεί ότι επηρεάζεται αρνητικά από την έκθεση των δένδρων στο όζον. Η γύρη είναι πιθανότατα η πιο ευαίσθητη απ' όλα τα υπόλοιπα μέρη του φυτού στην έκθεση του όζοντος. Πολλές *in vitro* μετρήσεις έχουν δείξει ότι η ζωτικότητα της γύρης είναι πολύ ευαίσθητη σε συγκεντρώσεις από 0,006-1ppm (Weder et al, 1994).

Άλλες μελέτες έχουν δείξει ότι επηρεάζεται η ορμονική ισορροπία μέσα στα φυτά (Weder et al, 1994).

#### 4.5.2 Διοξείδιο του Θείου (SO<sub>2</sub>).

Από τα τοξικά αέρια το διοξείδιο του θείου είναι αυτό που προκαλεί τις μεγαλύτερες ζημιές στα φυτά. Η είσοδος του SO<sub>2</sub> στα φυτά γίνεται μέσω των ανοικτών στομάτων. Σε χαμηλές συγκεντρώσεις (45mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>) προκαλεί άνοιγμα των στομάτων χωρίς να επιδρά στη καθημερινή λειτουργία των στομάτων. Σε υψηλές συγκεντρώσεις (πάνω από 1300mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>) προκαλεί κλείσιμο των στομάτων. Αυτό γίνεται με δύο τρόπους: α) άμεσα, με τις ζημιές που προκαλούνται στα αποφρακτικά κύτταρα των στομάτων και β) έμμεσα, με διαμόρφωση της εσωτερικής συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στο φύλλο, πιθανότατα λόγω παρεμπόδισης της κανονικής φωτοσυνθετικής λειτουργίας. Το φαινόμενο αυτό αποτελεί και την εξήγηση για τις αντικρουόμενες παρατηρήσεις όσον αφορά την αύξηση της διαπνοής ή τη μείωσή της.

Τα περισσότερα φυτά είναι ικανά με διάφορες ενεργές ή παθητικές διαδικασίες να μειώσουν την τοξικότητα του διοξειδίου του θείου. Κάποια χαρακτηριστικά και λειτουργικές δραστηριότητες των φυτών χωρίς να έχουν άμεση σχέση με τον ρυπαντή, παρέχουν προστασία από το stress που προκαλεί το διοξείδιο του θείου. Η κανονική αύξηση των νέων φύλλων κάθε χρόνο δείχνει πως τα φυλλοβόλα δένδρα διατρέχουν λιγότερους κινδύνους σε σχέση με τα αειθαλή τα οποία δέχονται την επίδραση του συγκεκριμένου ρυπαντή και το χειμώνα που η ποσότητά του στην ατμόσφαιρα είναι αυξημένη.

#### 4.5.3 Ατμοσφαιρικοί οξειδωτές (NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, δευτερογενείς φωτοοξειδωτές).

Εισέρχονται στο φύλλο από τα ανοιχτά στόματα και ενεργούν πιο γρήγορα από το διοξείδιο του θείου. Προκαλείται τοξικότητα των φύλλων και σύντομα τα φύλλα νεκρώνονται. Στη φύση αυτή η ομάδα των ρυπαντών εμφανίζεται σε συνδυασμούς και σε ποικίλες χημικές ενώσεις. Σε εμφανείς περιπτώσεις ζημιάς είναι πολύ δύσκολο να καθοριστεί αν το αίτιό της είναι πράγματι οι φωτοοξειδωτές.

#### 4.5.4 Βαρέα μέταλλα (Zn, Pb, Ni, Co, Cr, Cu).

Τα βαρέα μέταλλα δημιουργούν μακροχρόνια προβλήματα. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι αυτά μένουν στο οικοσύστημα για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η τοξικότητά τους οφείλεται στην παρεμβολή τους, με την ηλεκτρονική μεταφορά, στην αναπνοή, τη φωτοσύνθεση και την απενεργοποίηση των ζωτικών ενζύμων με αποτέλεσμα το ενεργειακό τους πεδίο να χαμηλώνει, να μειώνεται η πρόσληψη των μεταλλικών θρεπτικών στοιχείων και να προκαλείται έτσι ανάσχεση της αύξησης και της ανάπτυξης των φυτών.



#### 4.5.5 Σκόνη τσιμέντου.

Η επίδραση της σκόνης τσιμέντου στην ανάπτυξη, παραγωγικότητα και φυσιολογία των φυτών έχει μελετηθεί σε φυτά μεγάλης καλλιέργειας, σε λαχανοκομικά ετήσια και σε δασικά είδη. Η σκόνη τσιμέντου μείωσε την παραγωγικότητα και τη συγκέντρωση χλωροφύλλης σε διάφορα μη ψυχανθή φυτά, όπως σιτάρι, βαμβάκι κ.τ.λ. (Pandey and Kumar, 1996; Satao et al, 1993). Επίσης μείωσε την ανάπτυξη νεαρών δασικών δένδρων (Iqbal and Shafiq, 1995) και τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης στα κωνοφόρα (Mandre and Tuulmets, 1997). Μείωσε ακόμα την ποσότητα παραγωγής καθώς και την περιεκτικότητα σε βιταμίνη C καρπών διάφορων φρούτων (Saralabai and Vivekandan, 1997). Στα ψυχανθή τα αποτελέσματα διέφεραν ανάλογα με το είδος (Satao et al, 1994; Saralabai and Vivekandan, 1995). Στο κρεμμύδι καταγράφηκαν χρωμοσωμικές ανωμαλίες και η έρευνα έδειξε πως η σκόνη τσιμέντου έχει ακόμα και κυτοτοξικές και μεταλακτικές ιδιότητες (Ignacimuthu and Muraleytharan, 1994).

Στην ελιά, η εφαρμογή σκόνης τσιμέντου το πρώτο έτος εφαρμογής είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της ξηράς ουσίας και το ειδικό βάρος του φύλλου ενώ μειώθηκε η σχέση χλωροφύλλη a/ χλωροφύλλη b καθώς και η συνολική χλωροφύλλη στα σκονισμένα φύλλα. Επίσης η διαπνοή μειώθηκε ελαφρά, η θερμοκρασία του φύλλου αυξήθηκε και η εσωτερική συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> παρέμεινε αμετάβλητη ενώ η αντίσταση του φύλλου στη κίνηση των υδρατμών και του CO<sub>2</sub> αυξήθηκε (Ζωγράφου, κ.α. 1998).

Στην ελιά η σκόνη έχει επίσης ως αποτέλεσμα την αύξηση του πλυθυσμού του ασπιδιωτού σε ελαιώνες που βρίσκονται κοντά σε χωματοόδρομους ή νταμάρια των οποίων η σκόνη ευνοεί διπλά την ανάπτυξη του πλυθυσμού του εντόμου ευνοώντας την εγκατάσταση των κινουμένων σταδίων του ασπιδιωτού και παρεμποδίζοντας τη δράση των παρασίτων και επομένως την αύξηση του παρασιτισμού (Μιχελάκης, 1994).

Στην περιοχή κοντά στο Βόλο λειτουργεί το μεγαλύτερο βιομηχανικό συγκρότημα παραγωγής τσιμέντου στα Βαλκάνια. Γύρω από το εργοστάσιο υπάρχει εκτεταμένη έκταση καλυμμένη με ελαιόδενδρα. Σε αυτά είναι εμφανής η μόλυνση από αερομεταφερόμενη σκόνη τσιμέντου καθώς ένα στρώμα τσιμέντου καλύπτει σχεδόν μόνιμα τα φύλλα. Η μακροχρόνια επίδραση της μόλυνσης αυτής σε ελαιόδενδρα δεν έχει μελετηθεί. Στο Εργαστήριο Δενδροκομίας του Π.Θ. μελετήθηκε η επίδραση της σκόνης τσιμέντου την πρώτη χρονιά εφαρμογής της (1998) σε διάφορα φυσιολογικά χαρακτηριστικά του ελαιόδένδρου. Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη κάποιων φυσιολογικών παραμέτρων του ελαιόδένδρου μετά από τρεις συνεχείς χρονιές εφαρμογής σκόνης τσιμέντου.

## B. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Το πειραματικό μέρος της εργασίας διεξήχθη στη περιοχή του Βόλου σε ελαιώνα με δένδρα ηλικίας 40 - 50 ετών. Τα ελαιόδενδρα είναι ποικιλίας Κονσερβολιά και βρίσκονται 10km μακριά από το εργοστάσιο τσιμεντών. Το παρακάτω πείραμα έγινε το καλοκαίρι του 2000. Οι μετρήσεις και οι διάφορες αναλύσεις έγιναν στο Εργαστήριο Δενδροκομίας και στο Εργαστήριο Χημείας του Τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Οι πειραματικοί κλάδοι ήταν ηλικίας 7 - 10 ετών και διαμέτρου περίπου 4 - 6cm. Η επιλογή των κλάδων έγινε από 10 δένδρα όμοιας ανάπτυξης και παραγωγής, πλήρως τυχαιοποιημένα και προς όλες τις κατευθύνσεις. Σε αυτούς τους κλάδους έγινε εφαρμογή σκόνης τσιμεντού στις 12 Απριλίου, στις 22 Μαΐου και στις 25 Ιουνίου 2000 και οι κλάδοι ήταν συνεχώς καλυμμένοι με την τσιμεντόσκονη. Πάρθηκαν δύο μετρήσεις για τον υπολογισμό της χλωροφύλλης και της ξηράς ουσίας στις 25 και 26 Ιουλίου 2000 και μία για τη μέτρηση του ρυθμού της φωτοσύνθεσης στις 25 Ιουλίου 2000. Τα δένδρα βρισκόταν σε πλήρη άνθηση στις 15 Μαΐου 2000.

Η εφαρμογή σκόνης έγινε με τη βοήθεια τυρόπανου, για καλύτερη επίταση της σκόνης, με ελαφρύ φύσημα πάνω από τους πειραματικούς κλάδους. Τα φύλλα των κλάδων (πάνω και κάτω επιφάνεια) ήταν ήδη ελαφρώς υγρά λόγω της διασποράς νερού με μικρό ψεκαστήρα.

Στις 25 Ιουλίου 2000 πραγματοποιήθηκε η μέτρηση του ρυθμού φωτοσύνθεσης στον αγρό και συλλέχθηκαν τα κατάλληλα φύλλα για τον υπολογισμό της ξηράς ουσίας και της χλωροφύλλης που έγινε στο εργαστήριο. Για τη μέτρηση του ρυθμού φωτοσύνθεσης χρησιμοποιήθηκε αναλυτής υπεριώδους ακτινοβολίας (CI-301Ps, C.I.D. Inc., Vancouver, USA). Μετρήθηκε ο ρυθμός φωτοσύνθεσης σε φύλλα με σκόνη και σε φύλλα χωρίς σκόνη (μάρτυρας) από παρακείμενους βλαστούς.

Κάθε μεταχείριση περιείχε φύλλα δύο ηλικιών και τρία φύλλα από κάθε ηλικία. Χρησιμοποιήθηκαν τρία φύλλα ετήσια ώριμα, ηλικίας έως πέντε μηνών, δύο διετή φύλλα από βλαστό χωρίς καρπό και ένα φύλλο από βλαστό με καρπό. Μετρήθηκε η φωτοσύνθεση 3 φύλλων από κάθε ηλικία κάθε μεταχείρισης. Τα ίδια φύλλα συλλέχθηκαν και τοποθετήθηκαν σε χάρτινα σακουλάκια και διατηρήθηκαν σε σκιερό μέρος κατά την μεταφορά τους στο εργαστήριο όπου και έγιναν οι υπόλοιποι υπολογισμοί.

Στις 26 Ιουλίου έγινε συλλογή φύλλων, 3 για κάθε ηλικία κάθε μεταχείρισης με τον ίδιο τρόπο που αναφέρθηκε πιο πάνω για επανάληψη των ανωτέρω μετρήσεων.

Στο εργαστήριο τα φύλλα χωρίστηκαν σε τριάδες ανάλογα με την ηλικία τους, ετήσια και διετή, και έγιναν οι παρακάτω μετρήσεις:

#### **1) Μέτρηση της επιφάνειας των φύλλων.**

Σχεδιάστηκε το περίγραμμα κάθε φύλλου σε μιλιμετρικό χαρτί. Μετρήθηκαν και τα 6 φύλλα κάθε μεταχείρισης και υπολογίστηκε ο μέσος όρος κάθε τριάδας φύλλων ο οποίος χρησιμοποιήθηκε για τη στατιστική ανάλυση.

#### **2) Μέτρηση του βάρους σκόνης των φύλλων.**

Μετρήθηκε το βάρος της σκόνης 3 φύλλων και των δύο ηλικιών κάθε μεταχείρισης. Η μέτρηση έγινε με τη βοήθεια βούρτσας με την οποία απομακρύνθηκε η σκόνη κάθε φύλλου και ζυγίστηκε σε ζυγό ακριβείας με ακρίβεια τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων.

#### **3) Υπολογισμός της ξηράς ουσίας.**

Από τα ελάσματα των φύλλων κάθε τριάδας φύλλων κόπηκαν 6 δίσκοι, δύο από κάθε φύλλο, με διακορευτή (borer) διαμέτρου 9mm. Η επιφάνεια του κάθε δίσκου είναι  $0,636\text{cm}^2$ . Τοποθετήθηκαν σε προζυγισμένα petri και ζυγίστηκε το νωπό τους βάρος σε ζυγό ακριβείας. Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε ξηραντήρα για 24 ώρες στους  $108^\circ\text{C}$  και ξαναζυγίστηκαν καθώς και το άδειο petri και υπολογίστηκε η ξηρά ουσία. Επιπλέον υπολογίστηκε το ειδικό βάρος φύλλου (SLW, Specific Leaf Weight) ως ο λόγος του ξηρού βάρους 6 δίσκων σε mg προς την επιφάνεια 6 δίσκων σε  $\text{cm}^2$ . Δεδομένου ότι είναι γνωστή η συνολική επιφάνεια του φύλλου, το ξηρό βάρος όλου του φύλλου υπολογίστηκε με αναγωγή : ξηρό βάρος 6 δίσκων \* συνολική επιφάνεια φύλλου / 6,36 .

#### **4) Μέτρηση της χλωροφύλλης a και b.**

Από κάθε τριάδα φύλλων κόπηκαν 3 δίσκοι, ένας από κάθε φύλλο, με τον τρόπο που προαναφέρθηκε, και ο καθένας κόπηκε στη μέση. Ζυγίστηκε το νωπό βάρος των μισών δίσκων και κατόπιν τοποθετήθηκαν σε δοκιμαστικούς σωλήνες με 15ml 95% αιθανόλη. Βιδώθηκαν τα πώματα και τοποθετήθηκαν στο υδατόλουτρο στους  $80^\circ\text{C}$  για 2 ώρες. Στη συνέχεια ψύχθηκαν στο σκοτάδι και μετρήθηκε, μετά από ανακίνηση, η απορρόφησή τους σε φασματόμετρο στα 665nm και στα 649nm με τη βοήθεια γυάλινης κυψελίδας.

Ο υπολογισμός της χλωροφύλλης a και b έγινε με τους παρακάτω τύπους:

Χλωροφύλλη α : 13,7\*A665-5,76\*A649

Χλωροφύλλη β : 25,8\*A649-7,6\*A665

και εκφράζεται σε  $\mu\text{g/ml}$  αιθανόλης ή εκφράζεται σε  $\text{mg}$  χλωροφύλλης /  $\text{g}$  ξηρού βάρους βάσει των τύπων:

15\* χλωροφύλλη α / (1000 \* ξηρό βάρος 3 μισών δίσκων σε g)

15\* χλωροφύλλη β / (1000 \* ξηρό βάρος 3 μισών δίσκων σε g)

Η στατιστική ανάλυση περιελάμβανε ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) με δύο παράγοντες, τη μεταχείριση με ή χωρίς σκόνη και την ηλικία (ενός ή δύο ετών) των φύλλων. Χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS (SPSS 9.0) και υπολογίστηκαν οι ελάχιστες σημαντικές διαφορές για τη μεταχείριση (με ή χωρίς σκόνη) και για το συνολικό (LSD overall).



## Γ. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η επιφάνεια των φύλλων δε διέφερε σημαντικά ούτε μεταξύ των φύλλων του μάρτυρα και των σκονισμένων φύλλων ούτε μεταξύ των δύο ηλικιών (Πίνακας 1).

Δηλαδή φύλλα διετή ή ετήσια έχουν τη ίδια επιφάνεια και συγκεκριμένα περίπου  $8 \text{ cm}^2$  ανά φύλλο για την ποικιλία Κονσερβολιά. Επίσης μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η εφαρμογή σκόνης τσιμέντου επί τριετία δεν μετέβαλλε το μέγεθος των φύλλων στη συγκεκριμένη ποικιλία ελιάς.

Η ποσότητα σκόνης που βρέθηκε ανά 3 φύλλα ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στα φύλλα που δέχθηκαν σκόνη από τα φύλλα του μάρτυρα, όπως ήταν αναμενόμενο (Πίνακας 1). Φύλλα ηλικίας ενός έτους είχαν σημαντικά μικρότερη ποσότητα σκόνης από τα φύλλα ηλικίας δύο ετών. Μεταξύ των δύο ηλικιών των φύλλων του μάρτυρα δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές ενώ στα φύλλα που δέχθηκαν σκόνη, οι διαφορές στη ποσότητα σκόνης που υπήρχε πάνω στα φύλλα ήταν σημαντικά περισσότερη στα φύλλα δύο ετών από τα ετήσια φύλλα.

Η ποσότητα σκόνης ανά  $\text{cm}^2$  επιφάνειας φύλλου, ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στα σκονισμένα φύλλα από τα φύλλα του μάρτυρα (Πίνακας 1). Επίσης μεταξύ των δύο ηλικιών του μάρτυρα δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές ενώ στα φύλλα που δέχθηκαν σκόνη τα διετή φύλλα είχαν σημαντικά περισσότερη ποσότητα σκόνης από τα ετήσια φύλλα.

Η ποσότητα σκόνης που βρέθηκε ανά φύλλο ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στα φύλλα που δέχθηκαν σκόνη από εκείνα του μάρτυρα (Πίνακας 1).

Έτσι τα διετή φύλλα του μάρτυρα είχαν 23% περισσότερη σκόνη από τα φύλλα ενός έτους. Αυτό μας δείχνει ότι η συσσώρευση σκόνης κατά τη θερινή περίοδο είναι μεγαλύτερη στα παλιά φύλλα απ' ό τι στα καινούρια παρότι τα παλιά φύλλα βρίσκονται πιο εσωτερικά στη κόμη (προστατευμένα) από τα νέα φύλλα και θα υποθέταμε ότι θα δέχονταν λιγότερη σκόνη. Έτσι φαίνεται ότι μέρος της σκόνης που είχαν τα διετή φύλλα από το προηγούμενο έτος δεν εκπλύθηκε κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου και του χειμώνα. Η τελευταία υπόθεση είναι και η περισσότερο πιθανή όταν τα διετή φύλλα που δέχτηκαν σκόνη και την προηγούμενη χρονιά είχαν τον Απρίλιο ορατά υπολείμματα σκόνης ακόμη επάνω τους. Και φυσικά τον Ιούλιο είχαν 94% περισσότερη σκόνη από τα ετήσια φύλλα που σκονίζονταν συγχρόνως.



Πίνακας 1. Επίδραση της εφαρμογής σκόνης τσιμέντου σε δένδρα ελιάς ποικιλίας κονσερβολιάς στη ποσότητα σκόνης σε τρία φύλλα, στη ποσότητα σκόνης σε κάθε φύλλο και στη ποσότητα σκόνης ανά cm<sup>2</sup> επιφάνειας φύλλου και των δύο ηλικιών. Η ANOVA έγινε με δύο παράγοντες (μεταχειρίσεις και ηλικία) και η Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά (ΕΣΔ) υπολογίστηκε για τον ένα παράγοντα και για το σύνολο (N=48).

Μεταχειρίσεις	Ηλικία	mg σκόνης σε 3 φύλλα	mg σκόνης ανά φύλλο	Επιφάνεια Φύλλου (cm <sup>2</sup> )	Σκόνη σε μg ανά cm <sup>2</sup>
Μάρτυρας	1	1,000	0,333	8,1	46,5
	2	1,233	0,411	8,7	54,9
Σκόνη	1	3,667	1,222	7,8	155,1
	2	7,100	2,367	7,5	271,1
ΕΣΔ <sub>0,05</sub> μεταχ.		0,686	0,228	1,3	19,7
ΕΣΔ <sub>0,05</sub> συν.		0,970	0,323	1,9	27,9

Η περιεκτικότητα των φύλλων σε ξηρά ουσία βρέθηκε να είναι μεγαλύτερη στα διετή φύλλα απ' ότι στα ετήσια φύλλα (Πίνακας 2). Ωστόσο δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές στη περιεκτικότητα των φύλλων σε ξηρά ουσία μεταξύ των ετησίων φύλλων του μάρτυρα και των ετησίων φύλλων που δέχθηκαν σκόνη ούτε στα φύλλα δύο ετών του μάρτυρα και εκείνων που δέχθηκαν σκόνη. Δηλαδή παρατηρήθηκε ότι υπάρχουν διαφορές στη ποσότητα της ξηράς ουσίας μεταξύ των ηλικιών κάθε μεταχείρισης και όχι μεταξύ των μεταχειρίσεων.

Επομένως, καθόσον το μέγεθος των φύλλων είναι παρόμοιο σε διετή και ετήσια φύλλα, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι τα διετή φύλλα συνεχίζουν να συσσωρεύουν ξηρά ουσία ακόμα και πέραν του έτους δημιουργίας τους. Επίσης βλέπουμε ότι η περιεχόμενη ξηρά ουσία στα φύλλα το έτος 2000 κυμαίνεται μεταξύ 52% και 55% όταν η καρποφορία των δένδρων ήταν υπερβολική. Αντίστοιχα, το 1998, όταν η καρποφορία ήταν μέτρια προς κανονική, η περιεχόμενη ξηρά ουσία στα ίδια δένδρα και ηλικίες φύλλων ήταν αρκετά υψηλότερη (59% - 66%). Αυτή η μείωση της περιεκτικότητας των φύλλων σε ξηρά ουσία τη χρονιά που τα δένδρα είχαν υπερβολική καρποφορία ίσως είναι το αποτέλεσμα της μετακίνησης υδατανθράκων από τα φύλλα προς το καρπό, αλλά ίσως είναι και το αποτέλεσμα του συνδυασμού έντονης ξηρασίας το έτος 2000 (μειωμένης παραγωγής ξηράς ουσίας) και υπερβολικής καρποφορίας.

Η εφαρμογή σκόνης δεν επηρέασε το ειδικό βάρος του φύλλου. Επίσης βρέθηκε ότι τα διετή φύλλα είχαν μεγαλύτερο ειδικό βάρος φύλλου από τα ετήσια φύλλα (Πίνακας 2). Τα διετή φύλλα του μάρτυρα είχαν 22% μεγαλύτερο ειδικό βάρος φύλλου από τα ετήσια φύλλα, ενώ τα διετή φύλλα στα οποία εφαρμόστηκε σκόνη είχαν 18% μεγαλύτερο ειδικό βάρος φύλλου από τα ετήσια φύλλα.

Παρόμοια, όπως και για την περιεχόμενη στα φύλλα ξηρά ουσία, το ειδικό βάρος των φύλλων το έτος 2000 ήταν κατά πολύ μικρότερο (περίπου το μισό) από το ειδικό βάρος των φύλλων στα ίδια δένδρα το έτος 1998 για πιθανούς λόγους όπως αναφέρθηκε παραπάνω για την ξηρά ουσία.

Πίνακας 2. Επίδραση της εφαρμογής σκόνης τσιμέντου σε δένδρα ελιάς ποικιλίας κονσερβολιάς στο ποσοστό ξηράς ουσίας και στο ειδικό βάρος φύλλου φύλλων ηλικίας ενός έτους και δύο ετών. Η ANOVA έγινε με δύο παράγοντες, μεταχειρίσεις και ηλικία, και η Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά σε επίπεδο 0,05 υπολογίστηκε για τον ένα παράγοντα και για το σύνολο (N=48)

Μεταχειρίσεις	Ηλικία	Ξηρά Ουσία ( % )	Ειδικό Βάρος Φύλλου σε $mg \cdot cm^{-2}$
Μάρτυρας	1	51,930	10,279
	2	54,893	12,516
Σκόνη	1	52,813	10,624
	2	54,737	12,528
ΕΣΔ <sub>0,05</sub> μεταχ.		1,279	0,690
ΕΣΔ <sub>0,05</sub> συν.		1,809	0,975

Μεταξύ των μεταχειρίσεων δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές στη ποσότητα χλωροφύλλης a (Πίνακας 3). Η ποσότητα της χλωροφύλλης a βρέθηκε ότι είχε μειωθεί κατά 9% στα διετή φύλλα του μάρτυρα και 18% στα διετή φύλλα που δέχθηκαν σκόνη.

Η ποσότητα της χλωροφύλλης b δεν άλλαξε σημαντικά ούτε μεταξύ των μεταχειρίσεων ούτε μεταξύ των δύο ηλικιών (Πίνακας 3).

Η συνολική χλωροφύλλη βρέθηκε να έχει μειωθεί στα διετή φύλλα και των δύο μεταχειρίσεων. Τα διετή φύλλα του μάρτυρα είχαν 8% λιγότερη ποσότητα χλωροφύλλης από τα ετήσια φύλλα ενώ τα διετή φύλλα που δέχθηκαν σκόνη είχαν 14% λιγότερη χλωροφύλλη από τα ετήσια φύλλα που δέχθηκαν σκόνη. Μεταξύ των μεταχειρίσεων δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές στη συνολική χλωροφύλλη (Πίνακας 3).

Ο λόγος χλωροφύλλη a/ χλωροφύλλη b δεν άλλαξε μεταξύ των φύλλων ενός έτους και των φύλλων δύο ετών του μάρτυρα. Στα φύλλα όμως που είχε εφαρμοσθεί σκόνη, ο λόγος χλωροφύλλη a/ χλωροφύλλη b βρέθηκε σημαντικά μικρότερος στα διετή φύλλα από τα ετήσια (περίπου 10%), ενώ τα ετήσια φύλλα με σκόνη δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές με τα φύλλα του μάρτυρα τόσο των ετησίων φύλλων όσο και των φύλλων δύο ετών (Πίνακας 3).

Συμπερασματικά φαίνεται ότι η εφαρμογή σκόνης δεν επηρέασε τη συγκέντρωση χλωροφύλλης στα φύλλα κλάδων ελιάς οι οποίοι δέχθηκαν επί τριετία σκόνη τσιμέντου. Αντίθετα, το 1998 στους ίδιους κλάδους

κατά την πρώτη χρονιά εφαρμογής σκόνης, μειώθηκε η περιεχόμενη χλωροφύλλη a και η συνολική, ενώ αυξήθηκε μερικά η χλωροφύλλη b. Μείωση χλωροφύλλης (συνολική αλλά και η χλωροφύλλη a και η χλωροφύλλη b) έχει βρεθεί με εφαρμογή σκόνης τσιμέντου σε διάφορα ετήσια φυτά και με εφαρμογή ενός έτους σε κωνοφόρα (Pandey and Kumar, 1996; Satao et al, 1993; Iqbal and Shafiq, 1995)

Επομένως, η ελιά είναι πιθανόν να έχει κάποιο μηχανισμό δημιουργίας αντοχής σε τύπους καταπόνησης όπως είναι η σκόνη τσιμέντου, ούτως ώστε, μετά από σειρά ετών ύπαρξης της σκόνης, η χλωροφύλλη να βρίσκεται σε παρόμοια ή και υψηλότερη συγκέντρωση στα φύλλα που σκονίζονται σε σχέση με τον μάρτυρα.

Τέλος, στα διετή φύλλα λόγω σκίασης, παρατηρήθηκε μείωση της χλωροφύλλης a και ελάχιστη μείωση της χλωροφύλλης b με αποτέλεσμα η συνολική χλωροφύλλη να μειωθεί και ο λόγος χλωροφύλλη a/ χλωροφύλλη b να μειωθεί επίσης. Παρόμοια αποτελέσματα έχουν βρεθεί και στην ακτινιδιά (Grant and Ryugo, 1984).

Πίνακας 3: Επίδραση σκόνης τσιμέντου σε δένδρα ελιάς ποικιλίας κονσερβολιάς στη ποσότητα της χλωροφύλλης a, στη ποσότητα χλωροφύλλης b, στη συνολική χλωροφύλλη και στο λόγο χλωροφύλλης a/ χλωροφύλλη b. Η ANOVA έγινε με δύο παράγοντες, μεταχειρίσεις και ηλικία, και η Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά σε επίπεδο 0,05 υπολογίστηκε για τον ένα παράγοντα και για το σύνολο (N=48).

Μεταχειρίσεις	Ηλικία	Χλωροφύλλη a (mg·g <sup>-1</sup> ξ.ο.)	Χλωροφύλλη b (mg·g <sup>-1</sup> ξ.ο.)	Συνολική Χλωροφύλλη (mg·g <sup>-1</sup> ξ.ο.)	Λόγος a/b
Μάρτυρας	1	2,237	0,677	2,913	3,306
	2	2,058	0,627	2,685	3,389
Σκόνη	1	2,331	0,702	3,033	3,328
	2	1,985	0,663	2,648	3,006
ΕΣΔ <sub>0,05</sub> μεταχ.		0,174	0,064	0,234	0,189
ΕΣΔ <sub>0,05</sub> συν.		0,245	0,090	0,331	0,267

Τέλος σε παρακείμενο μικρό δένδρο μετρήθηκε ο ρυθμός φωτοσύνθεσης. Ο μέσος όρος της φωτοσύνθεσης στα φύλλα του μάρτυρα ήταν 20.28 ενώ στα φύλλα με σκόνη ήταν 2.6. Όταν έγινε προσπάθεια να μετρηθεί η φωτοσύνθεση και άλλες φυσιολογικές λειτουργίες σε ώριμα δένδρα τέλη Ιουλίου με έντονες ξηροθερμικές συνθήκες και υπερβολική παραγωγή, παρά την στάγδην άρδευση, η φωτοσύνθεση ήταν πολύ χαμηλή και δεν παρουσιάζεται.

## Δ. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### 1. Ελληνική Βιβλιογραφία.

**Αναγνωστόπουλος, Α., 1989.** Η Ρύπανση του Περιβάλλοντος, Δημοσίευση Θεσσαλονίκη [χ.ε.] 1989, 2<sup>η</sup> έκδοση, σελ. 64-194.

**Βασιλακάκης, Μ., 1996.** Στοιχεία Γενικής και Ειδικής Δενδροκομίας. Εκδόσεις Δεδούσης, Θεσσαλονίκη, σελ. 453-465.

**Ζωγράφου Μ., Νάνος ΓΔ, Ηλίας Η., 1998.** Επίδραση της σκόνης βιομηχανίας τσιμέντου στη φυσιολογία της ελιάς, (*Olea europaea L.* cv Κονσερβολιά). Πρακτικά 7<sup>ου</sup> Επιστημ. Συν. Ελλην. Βοτανικής Εταιρείας, σελ. 294-298.

**Καρατάγλης, Σ., 1992.** Φυσιολογία Φυτών. Εκδόσεις Art of Text, σελ. 157-204.

**Κουϊμτζής, Θ., Φυτιάνος, Κ., Σαμαρά-Κωνσταντίνου, Κ. 1998.** Χημεία Περιβάλλοντος, University Studio Press, Θεσσαλονίκη, σελ. 48-49, 65-84, 131, 233-259.

**Λεγάκη, Α., 1987.** Δομικά Υλικά. Ίδρυμα Ευγενίδου, σελ. 219.

**Μιχελάκης, Στ., 1994.** Προσπάθεια μείωσης των αεροψεκασμών και εφαρμογή βιολογικών μεθόδων αντιμετώπισης των εντομολογικών εχθρών των ελιάς στη λεκάνη της Μεσογείου. 1<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Βιολογικής Γεωργίας, Καλαμάτα. Εκδόσεις ΔΗΩ, σελ. 149-159.

**Σφακιωτάκης, Ε., 1987.** Δενδρώδεις Καλλιέργειες. Ίδρυμα Ευγενίδου, σελ. 189-201.

**Τζανακάκης, Μ.Ε., Κατσόγιαννος, Β.Ι., 1998.** Έντομα Καρποφόρων Δένδρων και Αμπέλου, Αγροτύπος ΑΕ, σελ. 225-281.

**Χατζησαββίδης Χ. Και Θεριός Ι., 1998.** Η επίδραση διάφορων συγκεντρώσεων βορίου στην αύξηση, χημική σύσταση και φωτοσύνθεση τεσσάρων ποικιλιών ελιάς. Πρακτ. 18<sup>ου</sup> Επιστ. Συνεδ. ΕΕΕΟ, σελ. 185-188.

### 2. Ξένη Βιβλιογραφία.

**Bongi G., Mencuccini M., Fontanazza G., 1987.** Photosynthesis of olive leaves: Effect of light flux density, leaf age, temperature, peltates, and H<sub>2</sub>O vapor pressure deficit on gas exchange. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112 (1): σελ. 143-148.

**Grant, J., Ryugo, K., 1984.** Influence of within-canopy shading on net photosynthetic rate, stomates conductance and chlorophyll content of kiwifruit leaves. Hortscience Vol. 19 (6): 834-836,



**Gucci R., Massai R., Casano S., and Costagli G., 1999.** The effect of leaf age on CO<sub>2</sub> assimilation and stomatal conductance of field-grown olive trees. *Acta Hort.* 474: σελ. 289-292.

**Frakulli F., Βογιατζής Δ. και Πρίτσα Θ., 1998.** Η επίδραση των επιβραδυντήρων paclobutrazol και triapethenol στην ημερήσια υδατοκατανάλωση και τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης δενδρυλλίων ελιάς (*Olea europea*). Πρακτ. 18<sup>ο</sup> Επιστ. Συνεδ. ΕΕΕΟ, σελ. 227-230.

**Ignacimuthu S., Muraleytharan V., 1994.** Effect of cement kiln dust on root tip cells of *Allium cepa*. *Ecotoxicology and Environ. Monitoring* 4: (3-4), σελ. 263-265.

**Iqbal M., Abdin MZ., Mahmooduzzafar, Yunus M., Agrawal M., 1997.** Resistance mechanisms in plants against air pollution. In: *Plant Response to Air Pollution*. σελ. 195-225.

**Iqbal MZ., Shafiq M., 1995.** Effect of cement dust pollution on the growth of some tree species. *Pakistan Sci. and Industrial Res.* (publ. 1997), 38:(9-10), σελ. 368-370.

**Larcher W., 1995.** *Physiological Plant Ecology*. Springer-Verlag, Berlin, 3<sup>rd</sup> ed. σελ. 506.

**Mandre M., Tuulmets L., 1997.** Pigment changes in Norway spruce induced by dust pollution. *Water, Air and Soil pollution*. 91:(3-4) σελ. 247-258.

**Pandey DD., Kumar, 1996.** Impact of cement dust pollution on biomass, chlorophyll, nutrients and grain characteristics of wheat. *Environment and Ecology*. 14:(4), σελ. 872-875.

**Saralabai VC., Vivekandan M., 1997.** Effect of electrostatic precipitator dust (EPS) on pollen fertility and crop productivity, *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*. 9:(1) σελ. 67-69.

**Satao RN., Kene HK., Nalamwar RV., Ulemale RB., 1993.** Effect of cement dust pollution on growth and yield of cotton. *Annals and Plant Physiology*. 7:(1), σελ. 73-77.

**Weber JA., Tingey DT., Andersen CP., 1994.** Plant response to air pollution. In: RE Wilkinson. (Ed.) *Plant-Environment Interactions*. Marcel-Decker Inc. NY, σελ. 357-383.

