

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**Αντίδραση των φύλλων της ελιάς στην παρουσία κόνεως
από καολίνη, χωματοδρόμους και τσιμεντοβιομηχανία**



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Ιωάννα Κουτσοκέρα

ΒΟΛΟΣ 2011

**Αντίδραση των φύλλων της ελιάς στην παρουσία κόνεως από καολίνη,
χωματοδρόμους και τσιμεντοβιομηχανία**

Ιωάννα Κουτσοκέρα

Εξεταστική Επιτροπή:

- 1) Γεώργιος Νάνος, Αναπληρωτής Καθηγητής (ως επιβλέπων μέλος ΔΕΠ)**
- 2) Νικόλαος Τσιρόπουλος, Αναπληρωτής Καθηγητής**
- 3) Αθανάσιος Σφουγγάρης, Επίκουρος Καθηγητής**

ΒΟΛΟΣ, 2011



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

Αριθ. Εισ.: 9502/1
Ημερ. Εισ.: 06-04-2011
Δωρεά: Συγγραφέας
Ταξιδετικός Κωδικός: ΠΤ - ΦΠΑΠ
2011
ΚΟΥ

Στον καθηγητή μου κύριο Γεώργιο Νάνο,

για την πολύτιμη βοήθεια, καθοδήγηση,

και εμπιστοσύνη καθ' όλη τη διάρκεια

της πειραματικής και συγγραφικής περιόδου.

Στην υποψήφια Διδάκτωρ Περσεφόνη Μαλέτσικα,

για την βοήθειά της τόσο στο πειραματικό μέρος όσο και στις άλλες εργαστηριακές

ιδιότητες.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.1 ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
1.2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	8
2.1 ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ	8
2.2 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	9
2.3 ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΚΑΙ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	9
2.4 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΕΛΙΑΣ	11
2.4.1 ΚΛΙΜΑ-ΕΔΑΦΟΣ	11
2.4.2 ΦΥΤΕΥΣΗ	12
2.4.3 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΟΜΗΣ-ΚΛΑΔΕΜΑ	12
2.4.4 ΛΙΠΑΝΣΗ	12
2.4.5 ΕΧΘΡΟΙ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ	13
2.5 ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΦΥΛΛΟΥ	14
2.5.1 ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗ	15
2.5.2 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΤΡΟΠΟΠΟΙΟΥΝ ΤΟ ΡΥΘΜΟ ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗΣ	16
2.5.2.1 ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ	16
2.5.2.2 ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ	18
2.5.3 ΔΙΑΠΝΟΗ	19
2.5.4 ΦΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗΣ	20
2.5.4.1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗΣ	20
2.6 ΜΟΛΥΝΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	21
2.6.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΑ ΦΥΤΑ	22

2.6.2 ΚΥΡΙΟΤΕΡΟΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΡΥΠΑΝΤΕΣ ΚΑΙ ΟΙ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΟΥΣ ΣΤΑ ΦΥΤΑ	22
2.6.3 ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΚΟΝΕΩΣ ΑΠΟ ΤΣΙΜΕΝΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΚΑΙ ΧΩΜΑΤΟΔΡΟΜΟΥΣ	25
2.6.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΜΕ ΜΟΛΥΝΣΗ ΑΠΟ ΚΟΝΕΙΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ ΣΤΑ ΦΥΤΑ	27
2.7 ΚΑΟΛΙΝΗΣ	29
3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	32
3.1 ΦΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ	32
3.2 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΚΟΝΕΩΣ ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ	33
3.3 ΜΕΤΡΗΣΗ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΦΥΛΛΟΥ	33
3.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΥΛΛΟΥ	33
3.5 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΦΥΛΛΟΥ	34
3.6 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗΣ	34
3.7 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗΣ	34
3.8 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΒΛΑΣΤΟΥ	34
3.9 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	35
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	36
4.1 ΒΑΡΟΣ ΚΟΝΕΩΝ ΣΤΑ ΦΥΛΛΑ ΕΛΙΑΣ.....	36
4.2 ΧΡΩΜΑ ΦΥΛΛΟΥ	37
4.3 ΞΗΡΑ ΟΥΣΙΑ ΦΥΛΛΟΥ, ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΦΥΛΛΟΥ, ΚΑΙ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗΣ	40
4.4 ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΤΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΦΥΛΛΟΥ	46
4.5 ΦΘΟΡΙΣΜΟΣ ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗΣ ΦΥΛΛΩΝ	56
4.6 ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΒΛΑΣΤΟΥ ΤΙΣ ΜΕΣΗΜΒΡΙΝΕΣ ΩΡΕΣ ...	59
5.ΣΥΖΗΤΗΣΗ	61

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	66
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	68

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μελετήθηκε η επίδραση κόνεων στη λειτουργία των φύλλων ελιάς κατά τη θερινή περίοδο, όταν η θερμική καταπόνηση είναι έντονη και το Σεπτέμβριο μετά τις πρώτες Φθινοπωρινές βροχές. Δέντρα ελιάς ποικιλίας Αμφίσσης ψεκάστηκαν με καολίνη ή σκονίστηκαν με κόνεις ανόργανου εδάφους από ακαλλιέργητη έκταση ή τσιμέντου περιοδικά και ανάλογα τις βροχοπτώσεις από το Μάιο 2009. Έγιναν μετρήσεις ποικίλων χαρακτηριστικών των φύλλων και παραμέτρων που σχετίζονται με την καταπόνηση. Αυτά τα χαρακτηριστικά περιελάμβαναν μετρήσεις του χρώματος του φύλλου, % ξηράς ουσίας, ειδικό βάρος, συγκέντρωση χλωροφυλλών, λειτουργία των στοματίων και του φωτοσυνθετικού μηχανισμού, φθορισμό χλωροφύλλης και υδατικό δυναμικό βλαστού. Τα φύλλα που ψεκάστηκαν με καολίνη είχαν τη μικρότερη καταπόνηση και επομένως την υψηλότερη παραγωγικότητα. Τα φύλλα που σκονίστηκαν με ανόργανο έδαφος είχαν παρόμοια ή καλύτερη (ιδιαίτερα αργά το Σεπτέμβριο) παραγωγικότητα και ελαφρά μικρότερη καταπόνηση από τα φύλλα του μάρτυρα και επομένως η ύπαρξη αυτής της κόνεως κοντά σε πηγές ρύπανσης δεν φαίνεται να επηρεάζει αρνητικά τη λειτουργία των φύλλων της ελιάς. Τα φύλλα που ψεκάστηκαν με τσιμέντο είχαν παρόμοια λειτουργικότητα με τα φύλλα του μάρτυρα κατά τη θερινή περίοδο, καθώς αργά το Σεπτέμβριο η κόνις τσιμέντου παρέμεινε πάνω στα φύλλα και μείωσε την παραγωγικότητα αυτών.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ελιά (*Olea europaea* L.) αποτελεί το αιώνιο σύμβολο της συμφιλίωσης, της άμιλλας, της σοφίας, και της ειρήνης. Ιστορικά, έπαιξε έναν πολύ σημαντικό ρόλο σε τομείς όπως η θρησκεία, η διατροφή, η ιατρική, ο αθλητισμός και η τέχνη, σηματοδοτώντας την πορεία της σε ένα ανώτερο στάδιο πολιτισμού.

Οι κλιματικές συνθήκες, οι μέθοδοι καλλιέργειας, οι οικονομικές συνιστώσες, οι διατροφικές συνήθειες και οι παραδόσεις καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τη διάδοση της καλλιέργειας. Έτσι, το μεσογειακό οικοσύστημα συγκεντρώνει τις καλύτερες προϋποθέσεις για μια επιτυχημένη καλλιέργεια.

Στην παγκόσμια παραγωγή ελαιολάδου η Ελλάδα έρχεται τρίτη με πρώτη την Ισπανία και δεύτερη την Ιταλία, καθώς και δεύτερη στην παραγωγή βρώσιμης ελιάς.

Στις μέρες μας, η ρύπανση της ατμόσφαιρας είναι ιδιαίτερα εκτεταμένη. Οι παρενέργειες των ρυπαντών μπορεί να προκαλέσουν βλάβες στα φύλλα, ένα από τα πιο σημαντικά μέρη του φυτού καθώς αποτελούν το όργανο της φωτοσύνθεσης και της διαπνοής. Επίσης, οι ρυπαντές μπορούν να προκαλέσουν μειωμένη ανάπτυξη και παραγωγή, μειωμένη αναπαραγωγή, αλλαγές στην ποιότητα των καρπών καθώς και στην ανθεκτικότητα σε αβιοτικές και βιοτικές καταπονήσεις.

Τα σωματίδια σκόνης στην ατμόσφαιρα μπορεί να προέρχονται από τις τσιμεντοβιομηχανίες, από την εξόρυξη ορυκτών ή ακόμα και από τις επιφάνειες των δρόμων κατά την κυκλοφορία των οχημάτων.

Τελευταία, επεκτάθηκε η χρήση σε δενδροκομικές καλλιέργειες ενός λειοτριβημένου ορυκτού, του καολίνη, το οποίο χρησιμοποιείται για τη μείωση της καταπόνησης από ακραίες θερμοκρασίες και τη μείωση των ζημιών από ζωικούς εχθρούς.

Σκοπός της εργασίας ήταν η μελέτη της αντίδρασης μερικών φυσιολογικών παραμέτρων των φύλλων της ελιάς στην παρουσία κόνεως από καολίνη, χωματοδρόμους και τσιμεντοβιομηχανία κατά τη θερινή περίοδο, όταν επικρατούν κατάλληλες συνθήκες για τη μεταφορά και συσσώρευση κόνεως στις φυτικές επιφάνειες.

2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1. Βοτανική Ταξινόμηση

Η ελιά (*Olea europaea* L.) είναι αειθαλής, καρποφόρο δέντρο. Είναι ανώτερο φυτό, αγγειόσπερμο, σπερματοφύτο, δικότυλο, συμπέταλο της τάξης των Στρεψιανθών. Ανήκει στην οικογένεια Oleaceae και το γένος *Olea*.

Το γένος *Olea* περιλαμβάνει τριάντα (30) είδη, από τα οποία μόνο το είδος *Olea europaea* παρουσιάζει οικονομικό ενδιαφέρον. Τα υποείδη της ευρωπαϊκής ελιάς *Olea europaea* είναι η καλλιεργούμενη ελιά (*Olea europaea sativa*) και η άγρια ελιά ή αγριελιά ((*Olea europaea* var. *oleaster* ή *vulgaris*).

Το κύριο χαρακτηριστικό του γένους *Olea* είναι η μακροζωία και η διατήρηση της παραγωγικότητας. Η ελιά φτάνει σε ύψος τα 15-20 μ, στην πράξη όμως με το κλάδεμα αποκτά ύψος 4-5 μ. Το δένδρο της ελιάς χαρακτηρίζεται από τη μακροζωία του. Στην περιοχή της Μεσογείου υπάρχουν δέντρα πολλών εκατονταετηρίδων και μερικά που ξεπερνούν και τη χιλιετηρίδα. Εάν για οποιοδήποτε λόγο καταστραφεί το υπέργειο μέρος, το φυτό αναγεννάται εύκολα με νέα βλάστηση από το λαιμό ή και τις ρίζες (Ανώνυμος, 2002).

Το ριζικό σύστημα είναι επιπόλαιο και φτάνει σε βάθος από 15–20 cm και μέχρι 60–70 cm, ενώ σε λίγες περιπτώσεις μπορεί να φτάσει σε βάθος μέχρι 100–120 cm (Ανώνυμος, 2002). Οι βλαστοί διακρίνονται σε ξυλοφόρους, ανθοφόρους και μικτούς ανάλογα με το είδος των οφθαλμών που φέρουν, ενώ διακρίνονται σε πρώιμους και όψιμους ανάλογα με την εποχή έκπτυξης. Επίσης, αναπτύσσονται λαίμαργοι βλαστοί που φέρουν μόνο ξυλοφόρους οφθαλμούς. Τα άνθη της είναι μικρά, κίτρινα εμφανίζονται σε ταξιανθία βότρυος και ανθίζουν από τα τέλη Απριλίου έως τις αρχές Ιουνίου ανάλογα την περιοχή καλλιέργειας και την ποικιλία.

Ο καρπός της ελιάς είναι δρύπη και αποτελείται από το φλοιό και το εδώδιμο σαρκώδες τμήμα (περικόρπιο), τον πυρήνα (ενδοκάρπιο) και το σπέρμα μέσα στο ενδοκάρπιο. Το χρώμα του καρπού είναι πράσινο και μεταβάλλεται σε μαύρο κατά την πλήρη ωρίμανση ανάλογα με την ποικιλία και το στάδιο ωριμότητας. Το σχήμα και το μέγεθός του καρπού, καθώς επίσης και του πυρήνα, ποικίλλει ανάλογα με την ποικιλία, το φορτίο παραγωγής, τη σύσταση του εδάφους, τις καλλιεργητικές φροντίδες και το υδατικό ισοζύγιο.

2.2 Προέλευση

Η ελιά θεωρείται από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα ο κυριότερος εκπρόσωπος της μεσογειακής βλάστησης δίνοντας το στίγμα της στο τοπίο, ανάμεσα σε πουρνάρια, δάφνες και κουμαριές. Η καταγωγή της ελιάς χάνεται στους θρύλους και στις παραδόσεις των λαών της Μεσογείου. Η ιστορία της ελιάς ανάγεται σε εκατομμύρια χρόνια προ της οργανωμένης ζωής του ανθρώπου στη γη. Αυτό συμπεραίνεται από διάφορες πηγές. Ο de Candolle στη μελέτη του «*Origin des plantes cultivées*», αναφέρει ότι η καλλιέργεια της ελιάς ήταν γνωστή 4000 έτη π.Χ. και ότι το δέντρο κατάγεται από τα παράλια της Μ. Ασίας βασιζόμενος στην ύπαρξη αυτοφυούς βλάστησης άγριας ελιάς καθώς και στα κείμενα αρχαίων συγγραφέων και σε ευρήματα ανασκαφών.

Ο Αναγνωστόπουλος (1951) υποστήριξε, βάσει των ευρημάτων των ανασκαφών της Κνωσού, ότι η πατρίδα της ελιάς είναι η Κρήτη. Την υπόθεση αυτή ενισχύει και το γεγονός ότι, το όνομα της ελιάς είναι ελληνικό και διατηρήθηκε σε όλες τις γλώσσες. Το δένδρο της ελιάς αποτελούσε θείο δώρο για τους αρχαίους Έλληνες αφού σύμφωνα με τη μυθολογία η θεά Αθηνά δώρισε το δέντρο αυτό στην πόλη της Αθήνας. Ο ιστορικός Ηρόδοτος κατά τον 5^ο π.Χ. αιώνα χαρακτηρίζει την Αθήνα ως κέντρο της ελαιοκαλλιέργειας, ενώ ο μεγάλος φιλόσοφος Αριστοτέλης ανήγαγε την καλλιέργεια της ελιάς σε επιστήμη.

2.3. Παγκόσμια και ελληνική κατάσταση

Το μεγαλύτερο μέρος της παγκόσμιας παραγωγής προέρχεται από τη Νότια Ευρώπη, τη Βόρεια Αφρική και την Εγγύς Ανατολή. Πάνω από 750 εκατομμύρια ελαιόδεντρα καλλιεργούνται σε όλο τον κόσμο, το 95% των οποίων σύμφωνα με τον FAO, βρίσκονται στην περιοχή της Μεσογείου, καθώς διαθέτει άριστες εδαφοκλιματικές συνθήκες για την ανάπτυξη της (Πίνακας 1).

Στην Ελλάδα, η ελιά είναι μια καλλιέργεια με πολύ μεγάλη διάδοση. Η εξάπλωση της ελαιοκαλλιέργειας είναι μεγαλύτερη από κάθε άλλο είδος καρποφόρου δέντρου και καταλαμβάνει έκταση που αναλογεί στο 15% περίπου της καλλιεργούμενης γεωργικής γης και στο 75% των εκτάσεων των δενδρωδών καλλιεργειών.

Η παραγωγή ελαιόλαδου αποτελεί σημαντικό γεωργικό και διατροφικό τομέα στην Ευρώπη. Η Ισπανία κατέχει την πρώτη θέση στην παγκόσμια παραγωγή ελαιόλαδου (42%), ενώ τη δεύτερη θέση κατέχει η Ιταλία (20%). Η Ελλάδα είναι ο τρίτος μεγαλύτερος παραγωγός κατέχοντας το 13% της παγκόσμιας παραγωγής ελαιόλαδου. Άλλες χώρες που παράγουν σημαντικά ποσά ελαιόλαδου είναι η Συρία, η Τουρκία, η Τυνησία, το Μαρόκο, η Αργεντινή, οι ΗΠΑ κ.ά.

Πίνακας 1. Οι κυριότερες χώρες παραγωγής ελαιών (πηγή FAO).

Country/Region	Production (in tons)	Cultivated area (in hectares)	Yield (tn/ha)
World	17317089	8597064	20,1
Spain	6160100	2400000	25,7
Italy	3149830	1140685	27,6
Greece	2400000	765000	31,4
Turkey	1800000	594000	30,3
Syria	998988	498981	20,0
Tunisia	500,000	1,500,000	3,3
Morocco	470,000	550,000	8,5
Egypt	318,339	190888	1,67
Algeria	300,000	178,000	1,69
Portugal	280,000	430,000	0,65
Lebanon	180,000	230,000	

2.4. Καλλιέργεια ελιάς

2.4.1 Κλίμα - Έδαφος

Η ελιά καλλιεργείται σε ποικιλομορφία εδαφοκλιματικών συνθηκών σε όλη την εύκρατη και υποτροπική ζώνη μεταξύ 30⁰ και 40⁰ γεωγραφικό πλάτος. Κυρίως, τη συναντάμε στις παραμεσόγειες χώρες, όπου ο χειμώνας είναι ήπιος και το καλοκαίρι ζεστό και ξηρό. Έτσι, η λεκάνη της Μεσογείου παρέχει το καλύτερο περιβάλλον από πλευράς κλιματολογικών και τοπογραφικών συνθηκών για την ελαιοκαλλιέργεια.

Η θερμοκρασία αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που επηρεάζουν την καλλιέργεια της ελιάς. Η ελιά ευδοκίμει σε περιοχές με μέση ετήσια θερμοκρασία 15- 20 °C, ελάχιστη -4 °C, και μέγιστη 40 °C. Χρειάζεται ένα συγκεκριμένο αριθμό χαμηλών θερμοκρασιών διαφορετικό για κάθε ποικιλία για τη διαφοροποίηση των ανθοφόρων οφθαλμών της. Χρονιές ή περιοχές στις οποίες η ελιά δεν καλύπτει τις απαιτούμενες ώρες χαμηλών θερμοκρασιών, η ανθοφορία είναι περιορισμένη ή τα άνθη είναι ατελή (άρρενα). Και η υψηλή θερμοκρασία όμως ιδιαίτερα κατά την περίοδο του καλοκαιριού επηρεάζει αρνητικά την καλλιέργεια της ελιάς προκαλώντας καρπόπτωση.

Η ελιά διαθέτει πολύ καλό μηχανισμό άμυνας στην ξηρασία και γι' αυτό είναι δυνατή η καλλιέργειά της ακόμη και σε συνθήκες μεγάλης ξηρασίας, στις οποίες κανένα άλλο καρποφόρο δένδρο δεν μπορεί να καλλιεργηθεί. Όμως, η άμυνα αυτή είναι σε βάρος της ανάπτυξης και της απόδοσης των δένδρων. Έτσι, με κάθε βελτίωση των συνθηκών υγρασίας του εδάφους, βελτιώνεται θεαματικά και η παραγωγικότητα, καθώς η ελιά έχει την ικανότητα να αξιοποιεί τέλεια κάθε ποσότητα εδαφικού νερού που της προσφέρεται. Όταν όμως η υγρασία του εδάφους αρχίζει να γίνεται υπερβολική, τα ελαιόδεντρα υποφέρουν περισσότερο απ' ότι τα άλλα δένδρα. Υψηλή σχετική υγρασία προκαλεί μυκητολογικά προβλήματα στην ελιά και μειώνει σημαντικά την καρπόδεση κατά την ανθοφορία. Η ελιά αναπτύσσεται κυρίως σε καλά στραγγιζόμενα, βαθιά αμμοπηλώδη εδάφη, που είναι εφοδιασμένα με N, K, P και νερό. Μπορεί όμως να αναπτυχθεί σε εδάφη σχετικά ξηρά και φτωχά, ασβεστώδη, χαλικώδη και πετρώδη (Θεριός, 2005).

2.4.2 Φύτευση

Ανάλογα με το σύστημα εκμετάλλευσης που θα εφαρμοστεί (εντατικό ή μη), αποφασίζεται η πυκνότητα φύτευσης. Για εντατική εκμετάλλευση, σε βαθιά γόνιμα εδάφη και περιοχές με αρκετές βροχοπτώσεις ή με δυνατότητα άρδευσης, γίνεται πυκνή φύτευση με αποστάσεις 6 m - 7 m ή και πολύ μικρότερες ανάλογα το σύστημα διαμόρφωσης και την ποικιλία. Σε επικλινή εδάφη εφαρμόζεται το σύστημα των ισοϋψών καμπύλων, ενώ σε εδάφη με κλίση πάνω από 75% απαιτείται η κατασκευή αναβαθμίδων.

2.4.3 Διαμόρφωση κόμης - Κλάδεμα

Τα σχήματα που κυρίως επικρατούν στην ελιά είναι τα χαμηλά (θάμνος ή χαμηλό κύπελλο), μέτρια ή κανονικά σχήματα (ελεύθερο σφαιρικό, για μηχανική συγκομιδή, άτρακτος, φυτικό τείχος).

Το κλάδεμα των ελαιόδεντρων αποτελεί μια σημαντική εργασία στην καλλιέργεια της ελιάς. Γίνεται κυρίως για να βελτιωθεί ο φωτισμός στην κόμη του δέντρου, για να γίνει πιο εύκολη η συγκομιδή του ελαιοκάρπου και για να μειωθεί η παρενιαυτοφορία.

Εφαρμόζεται συνήθως το κλάδεμα διαμόρφωσης στα νεαρά δένδρα για τη δημιουργία ενός σχήματος άριστης αξιοποίησης του φωτός και ενός ανθεκτικού σκελετού του δένδρου. Το κλάδεμα καρποφορίας γίνεται για την εξασφάλιση όσο το δυνατό σταθερής απόδοσης των δένδρων και επίτευξης καλής ποιότητας καρπού (ειδικά όσον αφορά τις επιτραπέζιες ποικιλίες). Τέλος, στα ηλικιωμένα κυρίως δένδρα εφαρμόζεται το κλάδεμα ανανέωσης για την αποφυγή της εξάντλησης με τα χρόνια και την επαναφορά των δένδρων σε λειτουργικά σχήματα και μεγέθη.

2.4.4 Λίπανση

Η λίπανση στην ελιά γίνεται για την επίτευξη ισόρροπης βλάστησης και ανθοφορίας-καρποφορίας. Η ελιά είναι απαιτητική σε άζωτο ώστε να αντιδρά σχεδόν πάντα στην αζωτούχο λίπανση με έντονη βλάστηση, υψηλό ποσοστό τέλειων ανθέων, υψηλή καρπόδεση και καλή καρποφορία. Η έλλειψη αζώτου οδηγεί σε μειωμένη καρποφορία ή σε παρενιαυτοφορία. Η ελιά δεν έχει βρεθεί να αντιδρά τις περισσότερες φορές στη φωσφορική λίπανση. Αυτό είναι προφανές από τις χαμηλές ανάγκες της καλλιέργειας σε φώσφορο αλλά και από τις ιδιότητες πολλές φορές των

εδαφών να δεσμεύουν το φώσφορο και να τον αποδεσμεύουν σταδιακά με τα χρόνια. Οι απαιτήσεις της ελιάς σε κάλιο είναι υψηλές και γι' αυτό η λίπανση με κάλιο πρέπει να γίνεται τακτικά ανάλογα με τις εκροές του στοιχείου. Ελλείψεις μαγνησίου και ψευδαργύρου έχουν βρεθεί αρκετές φορές διεθνώς στην ελιά και είναι πιθανή η ανάγκη λίπανσης με τα ανωτέρω στοιχεία πολλών εντατικών ελαιώνων. Υπεράνω όλων το βόριο αποτελεί το στοιχείο που λείπει πολύ συχνά από πολλές περιοχές καλλιέργειας της ελιάς στην Ελλάδα. Το βόριο βοηθά στην καλύτερη προσρόφηση και μετακίνηση των άλλων ανόργανων στοιχείων και για αυτό βοηθά σημαντικά την ανάπτυξη και παραγωγικότητα του ελαιόδεντρου.

2.4.5 Εχθροί και ασθένειες

Οι σημαντικότεροι εχθροί της ελιάς είναι ο δάκος (*Bactrocera oleae*), ο πυρηνοτρήτης (*Prays oleae*), το λεκάνιο (*Saissetia oleae*) και η βαμβακάδα της ελιάς (*Euphyllura olivina*). Και τα τέσσερα είναι διαδεδομένα ευρέως στην περιοχή της Μεσογείου προκαλώντας σημαντικές οικονομικές απώλειες.

Ο δάκος (*Bactrocera oleae*) αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους εχθρούς της ελιάς. Η προνύμφη του εντόμου διατρέφεται από τον καρπό προκαλώντας πρόιμη καρπόπτωση και μείωση της παραγωγής. Για την αντιμετώπισή του γίνεται δακοκτονία με κρατική μέριμνα σε όλες τις ελαιοπαραγωγικές περιοχές της Ελλάδας.

Ο πυρηνοτρήτης (*Prays oleae*) προσβάλλει άνθη, φύλλα, βλαστούς, και καρπό και προκαλεί καρπόπτωση. Η καταπολέμησή του γίνεται την άνοιξη με εντομοκτόνα.

Το λεκάνιο (*Saissetia oleae*) προσβάλλει τόσο τα φύλλα, όσο και τα κλαδιά, όπου εγκαθίσταται μόνιμα. Για την αντιμετώπισή του μπορεί να απαιτηθούν 1-2 ψεκασμοί Ιούλιο-Αύγουστο.

Η βαμβακάδα της ελιάς (*Euphyllura olivina*) οφείλεται στη συσσώρευση της λευκής κηρώδους ουσίας που εκκρίνει η άπτερη πράσινη προνύμφη του εντόμου προκαλώντας ανθόρροια. Έχει 3-4 γενιές το χρόνο και αντιμετωπίζεται με διασυστηματικά εντομοκτόνα παράλληλα με τον πυρηνοτρήτη, όπου και όταν αυτός προκαλεί ζημιές.

Οι σημαντικότερες ασθένειες της ελιάς είναι η βερτισιλλίωση, η καρκίνωση (φυματίωση), το κυκλοκόνιο και η μουμιοποίηση των καρπών.

Βερτισιλλίωση υπάρχει σχεδόν σε όλες τις ελαιοκομικές χώρες και προκαλείται από το μύκητα *Verticillium dahliae*. Το παθογόνο προσβάλλει τα αγγεία του ξύλου των δένδρων, προκαλώντας ξήρανση κλαδίσκων, κλάδων και ολόκληρων δένδρων. Τα συμπτώματα της ασθένειας εμφανίζονται όταν τα φύλλα σε έναν ή περισσότερους κλάδους του δέντρου μαραίνονται ξαφνικά κατά τη βλαστική περίοδο.

Καρκίνωση (ή Φυματίωση) είναι η μοναδική βακτηριακή ασθένεια της ελιάς. Προκαλείται από το *Pseudomonas syringae* pv *savastanoi*. Στα προσβεβλημένα τμήματα του δέντρου (κλαδιά, βραχίονες, κορμός) εμφανίζονται όγκοι, οι οποίοι αρχικά είναι μικροί, με λεία επιφάνεια και αργότερα παραμορφώνονται.

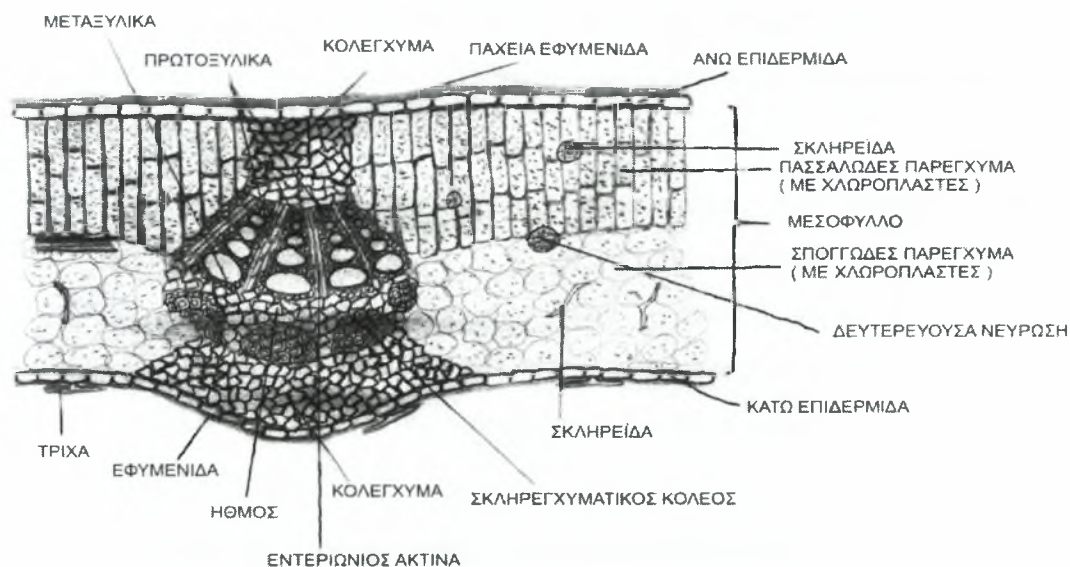
Η σημαντικότερη ασθένεια φυλλώματος προκαλείται από το μύκητα *Cycloconium oleaginum*, που βρίσκεται σε όλες τις μεσογειακές χώρες και στην Καλιφόρνια. Προκαλεί φυλλόπτωση και αναπτύσσεται σε υγρές περιοχές.

Γλοισπόριο είναι ασθένεια που προκαλείται από το μύκητα *Gleosporium olivarum*. Προσβάλλονται οι ώριμοι καρποί (και λιγότερο οι άωροι) και σε μικρότερο ποσοστό τα φύλλα. Εμφανίζονται κηλίδες σκούρου χρώματος, οι οποίες σταδιακά εξαπλώνονται και καλύπτουν ολόκληρο τον καρπό, ενώ παράλληλα παρατηρείται συρρίκνωση του καρπού.

2.5. Φυσιολογία φύλλου

Τα φύλλα της ελιάς είναι βραχύμισχα, επιμήκη, λογχοειδή, λειόχειλα με βαθύ πράσινο χρώμα στην πάνω και σταχτί ασημί στην κάτω επιφάνεια λόγω της ύπαρξης πολυκύτταρων τριχών διατεταγμένων σε 6–8 στρώματα. Οι τρίχες της πάνω επιφάνειας είναι κατά πολύ λιγότερες και διατάσσονται σε ένα αραιό στρώμα. Η διάταξη των φύλλων είναι κατ' εναλλαγή σε δύο κάθετες σειρές. Η ανατομική οργάνωση των φύλλων είναι η χαρακτηριστική των αείφυλλων σκληρόφυλλων της μεσογειακής χλωρίδας, με πυκνά διατεταγμένα και μικρού μεγέθους κύτταρα, και περιορισμένους μεσοκυττάρους χώρους. Η επιδερμίδα είναι μονόστρωμη και καλύπτεται από ισχυρή εφυμενίδα, ενώ το πασσαλώδες παρέγχυμα αναπτύσσεται σε 4–5 στρώσεις κυττάρων (Εικόνα 1). Ανάλογο πάχος διαθέτει και η περιοχή του σπογγώδους παρεγχύματος. Στο μεσόφυλλο είναι χαρακτηριστική η παρουσία

πολυάριθμων ιδιοβλαστικών σκληρεΐδων μεγάλου μήκους με παχιά κυτταρικά τοιχώματα.



Εικόνα 1. Εγκάρσια τομή ελάσματος φύλλου με περιγραφή των μερών που αποτελούν το έλασμα.

Για την καλύτερη κατανόηση των φυσιολογικών διεργασιών των φύλλων γίνεται μια σύντομη ανασκόπηση αυτών και κατόπιν θα συσχετιστούν με τη βιβλιογραφία που αναφέρεται στην επίδραση κόνεως στα φύλλα ελιάς.

2.5.1. Φωτοσύνθεση

Είναι η πιο σπουδαία φυσιολογική λειτουργία των φυτών και βασική λειτουργία της ζωής, διότι μ' αυτή, η ηλιακή ενέργεια μετατρέπεται σε χημική και μάλιστα με υψηλό συντελεστή απόδοσης. Στη γλώσσα της χημείας πρόκειται για απόσπαση υδρογόνου από το νερό με απελευθέρωση οξυγόνου. Το υδρογόνο μεταφέρεται στο διοξείδιο του άνθρακα για την δημιουργία μιας οργανικής ένωσης.

Η συνολική εξίσωση που εκφράζει την φωτοσύνθεση είναι:



Το νερό που χρησιμοποιείται προέρχεται από το έδαφος απ' όπου απορροφάται από το ριζικό σύστημα. Το διοξείδιο του άνθρακα λαμβάνεται άμεσα από την

ατμόσφαιρα. Αυτό εισέρχεται στα φύλλα τα οποία αποτελούν το όργανο της φωτοσύνθεσης από τα στομάτια τα οποία θα πρέπει να είναι ανοικτά για να πραγματοποιηθεί η φωτοσύνθεση. Απαραίτητη προϋπόθεση για τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας με τη φωτοσύνθεση σε χημική είναι η απορρόφηση φωτός. Αυτή η μετατροπή πραγματοποιείται στα πράσινα φυτά κυρίως από εξειδικευμένες φωτο-απορροφητικές πράσινες χρωστικές, τις χλωροφύλλες και άλλες χρωστικές όπως τα καροτενοειδή και τις φυκοβιλίνες.

Υπάρχουν περισσότερα από ένα είδη χλωροφύλλης που διαφέρουν μόνο σε πλευρικές ομάδες της μοριακής τους δομής. Στους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς υπάρχουν οι χλωροφύλλες a και b. Κάθε χρωστική απορροφά ακτινοβολία συγκεκριμένου μήκους κύματος με αποτέλεσμα να επέρχεται αλλαγή στο μόριο της. Η χλωροφύλλη a βρίσκεται σε ποσότητα 2,5 έως 3 φορές μεγαλύτερη από τη χλωροφύλλη b (Λόλας, 2007).

2.5.2. Παράγοντες που τροποποιούν το ρυθμό φωτοσύνθεσης

Οι παράγοντες που προκαλούν τροποποίηση στο άνοιγμα των στομάτων με αποτέλεσμα να επηρεάζουν το ρυθμό φωτοσύνθεσης, μπορεί να είναι εξωτερικοί και εσωτερικοί και η επίδρασή τους να είναι άμεση (φως, CO₂) ή έμμεση (θρεπτικά ιόντα, νερό).

2.5.2.1. Εξωτερικοί παράγοντες

Φως

Η λειτουργία της φωτοσύνθεσης απαιτεί φως. Η αύξηση της έντασης του φωτός είναι ανάλογη με τη φωτοσυνθετική απόδοση ενός φυτού. Ωστόσο υπάρχει κάποια τιμή έντασης του φωτός πέρα από την οποία ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης παραμένει σταθερός. Η τιμή αυτή αναφέρεται ως σημείο φωτοκορεσμού, δηλαδή η μεγαλύτερη ένταση του φωτός πάνω από την οποία δεν έχουμε καμία αύξηση στην πρόσληψη CO₂. Το 80% της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε ένα φύλλο απορροφάται, ενώ από το υπόλοιπο 20% ένα μέρος αντανακλάται από την επιφάνεια του φύλλου και ένα άλλο το διαπερνά. Ένα μέρος της απορροφούμενης ηλιακής ακτινοβολίας μετατρέπεται σε θερμότητα που αυξάνει τη θερμοκρασία του φύλλου και μόνο το 0,5% έως 3,5% του συνόλου της φωτεινής ενέργειας που προσπίπτει στο φύλλο χρησιμοποιείται για τη φωτοσύνθεση.

Η ένταση του φωτός που φτάνει στα διάφορα σημεία του φυλλώματος ενός δέντρου ποικίλει. Η ένταση του φωτός που φτάνει στο φύλλωμα μιας ελιάς στη διάρκεια του καλοκαιριού και κατά τις μεσημβρινές ώρες εκφράζεται σε ποσοστά της ολικής έντασης του φωτός στην ατμόσφαιρα.

Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος επηρεάζει τη δομή και τη λειτουργία του κυττάρου άρα και τη φωτοσύνθεση. Παρουσία φωτός η φωτοσυνθετική απόδοση αυξάνει με την αύξηση της θερμοκρασίας. Ωστόσο υπάρχει μια τιμή θερμοκρασίας πέρα από την οποία προκαλείται ελάττωση της καθαρής φωτοσύνθεσης, η οποία τελικά παύει όταν η αύξηση της θερμοκρασίας συνεχιστεί. Το παραπάνω φαινόμενο αποδίδεται στη φωτοαναπνοή, στις βλάβες που προκαλούν στα κύτταρα οι υψηλές θερμοκρασίες καθώς και στη θερμοευαισθησία των στομάτων που σε υψηλές θερμοκρασίες κλείνουν περιορίζοντας τη φωτοσυνθετική απόδοση.

Έχει παρατηρηθεί ότι σε χαμηλή ένταση του φωτός, αύξηση της θερμοκρασίας δεν προκαλεί ανάλογη αύξηση της φωτοσυνθετικής απόδοσης. Σε υψηλή ένταση φωτός, αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί αύξηση της φωτοσύνθεσης μέχρι κάποια μέγιστη τιμή πέρα από την οποία η φωτοσυνθετική απόδοση μειώνεται. Η άριστη θερμοκρασία φωτοσύνθεσης ποικίλει και εξαρτάται από το είδος του φυτού και από το γεωγραφικό πλάτος εξάπλωσής του.

Διοξείδιο του άνθρακα (CO_2)

Η παρουσία CO_2 αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για το σχηματισμό των οργανικών ενώσεων κατά τη φωτοσύνθεση. Διακυμάνσεις στη συγκέντρωση του CO_2 επηρεάζουν τη φωτοσυνθετική απόδοση των φυτών. Έτσι, όσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση του CO_2 στην ατμόσφαιρα, τόσο πιο έντονη είναι η φωτοσυνθετική απόδοση των φυτών για μια συγκεκριμένη ένταση φωτισμού. Ωστόσο, πολύ υψηλές συγκεντρώσεις CO_2 προκαλούν το κλείσιμο των στομάτων και κατά συνέπεια εμποδίζουν την πρόσληψή του από τα φυτά. Η συγκέντρωση του CO_2 στην ατμόσφαιρα είναι συνήθως σταθερή και δεν υπερβαίνει το 0,038% του όγκου της. Αλλά οι καύσεις από ανθρώπινες δραστηριότητες εμπλουτίζουν τοπικά και σε παγκόσμιο επίπεδο ραγδαία την ατμόσφαιρα με CO_2 , ιδιαίτερα τις τελευταίες δεκαετίες.

Νερό

Το νερό αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης. Η έλλειψη νερού αναστέλλει τη φωτοσύνθεση καθώς: α) επηρεάζει τη δομή και τη λειτουργία των κυττάρων, β) ελαττώνει την επιφάνεια των φύλλων (σε συνθήκες ξηρασίας πολλά φυτά, όπως η ελιά, συστρέφουν τα φύλλα τους για να μειώσουν τις απώλειες νερού λόγω διαπνοής), και γ) πριν από όλα τα προηγούμενα, προκαλεί το κλείσιμο των στομάτων. Η έλλειψη νερού αλλάζει την ενυδάτωση των πρωτεϊνών, συμπεριλαμβανομένων προφανώς και των πρωτεϊνών που συμμετέχουν στη φωτοσύνθεση και επηρεάζει κατά συνέπεια τη λειτουργία τους. Κατά τις θερμές ώρες της ημέρας παρατηρείται συχνά το φαινόμενο του προσωρινού μαρασμού που οφείλεται στο κλείσιμο των στομάτων (μεσημβρινή κάμψη).

Η σχετική υγρασία του αέρα στο περιβάλλον του φυτού επηρεάζει τη φωτοσυνθετική του απόδοση. Σε χαμηλή υγρασία αέρα η άριστη θερμοκρασία για τη φωτοσύνθεση είναι μικρότερη από την αντίστοιχη σε υψηλή υγρασία.

Θρεπτικά στοιχεία

Η έλλειψη των βασικών θρεπτικών στοιχείων των φυτών παρεμποδίζει το μηχανισμό της φωτοσύνθεσης. Μειωμένη διαθεσιμότητα αζώτου και μαγνησίου δυσχεραίνει το σχηματισμό της χλωροφύλλης, καθώς τα παραπάνω στοιχεία αποτελούν δομικά συστατικά της (χλωροφύλλη a - $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$). Παράλληλα το άζωτο συμμετέχει στη σύνθεση των πρωτεϊνών και επηρεάζει το μέγεθος των φύλλων και τη λειτουργία των στομάτων. Ο σίδηρος, αν και δεν αποτελεί δομικό στοιχείο της χλωροφύλλης, συμβάλλει στο σχηματισμό της και συνεπώς η έλλειψή του επηρεάζει έμμεσα τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα του φυτού. Ανεπαρκείς, τέλος, ποσότητες φωσφόρου διαταράσσουν το σύστημα μεταφοράς ενέργειας (ADP, ATP) παρεμποδίζοντας το μηχανισμό της φωτοσύνθεσης.

2.5.2.2. Εσωτερικοί παράγοντες

Η κατασκευή και διάταξη των φύλλων, η ηλικία, το μέγεθος, ο αριθμός και η συμπεριφορά των στομάτων καθώς και η συγκέντρωση της περιεχόμενης χλωροφύλλης των φύλλων επηρεάζουν τη φωτοσυνθετική απόδοση των φυτών. Αναλυτικότερα, στα νεαρά φύλλα η φωτοσυνθετική απόδοση είναι μικρή. Αυξάνει συνήθως με την αύξηση της ηλικίας τους μέχρι την πλήρη ανάπτυξή τους και στη

συνέχεια προοδευτικά μειώνεται. Το πάχος της εφυμενίδας και της επιδερμίδας, η παρουσία επιδερμικών τριχών, η διαμόρφωση του μεσόφυλλου καθορίζουν την ένταση του φωτός που φτάνει στους χλωροπλάστες και άρα επηρεάζουν τη φωτοσύνθεση.

Το μέγεθος και η θέση των στομάτων σε συνδυασμό με την έκταση των μεσοκυττάρων χώρων επιδρούν στο ρυθμό ανταλλαγής των αερίων και συνεπώς στην ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που φτάνει στους χλωροπλάστες.

2.5.3 Διαπνοή

Η διαπνοή είναι μια άλλη φυσιολογική λειτουργία του φυτού που χρειάζεται ηλιακή ενέργεια όπως η φωτοσύνθεση. Στη φωτοσύνθεση γίνεται δέσμευση της ηλιακής ενέργειας. Στη διαπνοή η ηλιακή ακτινοβολία χρησιμεύει ως πηγή πληροφορίας.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη διαπνοή είναι οι:

Θερμοκρασία

Οι ρυθμοί διαπνοής ανεβαίνουν όσο ανεβαίνει η θερμοκρασία ειδικά στις εποχές ανάπτυξης των φυτών, όταν ο αέρας είναι ζεστός.

Σχετική υγρασία

Όσο αυξάνει η σχετική υγρασία του αέρα που περιβάλλει το φυτό, ο ρυθμός διαπνοής πέφτει. Είναι πιο εύκολο να εξατμιστεί νερό σε ξηρό παρά σε υγρό αέρα.

Άνεμος

Αύξηση της ταχύτητας του ανέμου κοντά στο φυτό αυξάνει τη διαπνοή.

Φως

Όσο αυξάνεται η ένταση του φωτός αυξάνεται η θερμοκρασία του φύλλου και κατά συνέπεια η διαπνοή.

Παράγοντες του φυτού

Σημαντικό παράγοντα στη διαπνοή αποτελούν: α) τα φύλλα ως προς το μέγεθος, το σχήμα, τον προσανατολισμό, τη δομή και την επιφάνεια κάλυψής τους, β) τα στόματα όσον αφορά τον αριθμό τους, το μέγεθος και τη θέση τους, και γ) η σχέση ρίζα/βλαστός. Το μεγάλο ριζικό σύστημα ευνοεί την πρόσληψη του νερού και αυξάνει τη διαπνοή.

2.5.4 Φθορισμός της χλωροφύλλης

Η φωτεινή ενέργεια που απορροφάται από τα μόρια χλωροφύλλης σε ένα φύλλο μπορεί να υποβληθεί σε μία από τις τρεις διαδικασίες. Ένα μέρος της μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης (φωτοχημεία), ένα μέρος της πλεονάζουσας ενέργειας μπορεί να διαχέεται ως θερμότητα και ένα άλλο μπορεί να εκπέμπεται ως φως - φθορισμός χλωροφύλλης. Αυτή η επανεκπομπή του φωτός καλείται φθορισμός χλωροφύλλης. Οι τρεις αυτές διαδικασίες ανταγωνίζονται μεταξύ τους έτσι ώστε οποιαδήποτε αύξηση της αποτελεσματικότητας του ενός θα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης των άλλων δύο. Ως εκ τούτου, με τη μέτρηση του φθορισμού της χλωροφύλλης παρέχονται αρκετές πληροφορίες όσον αφορά τη διάχυση θερμότητας και τη φωτοχημεία (Maxwell και Johnson, 2000).

Η πρώτη μέτρηση του φθορισμού της χλωροφύλλης παρατηρήθηκε για πρώτη φορά από τους Kautsky and Hirsch το 1931. Ο φθορισμός αυξάνεται όταν η φωτοχημική απόδοση της φωτοσύνθεσης παρεμποδίζεται για οποιοδήποτε λόγο, για παράδειγμα όταν δεν υπάρχει διαθέσιμος οξειδωμένος δέκτης ηλεκτρονίων σε κάποιο σημείο στην πορεία της μεταφοράς των ηλεκτρονίων. Το μεγαλύτερο μέρος του φθορισμού εκπέμπεται από τις χρωστικές της κεραίας του Φωτοσυστήματος II, κι αυτό γιατί το PSII έχει ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό. Όταν τα κέντρα του είναι 'κλειστά', τότε αυτά τα ίδια τα κέντρα αποσβένουν αρκετά αποτελεσματικά το φθορισμό. Όταν ο φωτοσυνθετικός μηχανισμός, μετά από την προσαρμογή του στο σκοτάδι, δεχτεί την επίδραση συνεχούς φωτισμού, τότε ο φθορισμός του αυξάνεται από το αρχικό του επίπεδο (F_0) σε ένα μέγιστο επίπεδο (F_m) και στη συνέχεια μειώνεται βαθμιαία μέχρι ένα σταθερό επίπεδο (F_s).

2.5.4.1 Μέτρηση του φθορισμού της χλωροφύλλης

Συνήθως η αρχική μέτρηση F_0 αποτελεί το ελάχιστο επίπεδο φθορισμού. Κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης, τα κέντρα αντίδρασης στο PSII είναι 'ανοικτά' και υπάρχει μια ελεύθερη ροή ηλεκτρονίων. Κάθε φωτόνιο που απορροφάται από ένα μόριο χλωροφύλλης μετατοπίζει ένα ηλεκτρόνιο από τη θεμελιώδη σε μία διεγερμένη κατάσταση. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας τα κέντρα αντίδρασης στο PSII βρίσκονται σε 'ανοικτή' κατάσταση

Όταν ένας παλμός κορεσμού φωτός στέλνεται σε ένα φωτοσυνθετικό δείγμα, τότε προκαλείται σε αυτό ο μέγιστος φθορισμός. Το οξειδωμένο κέντρο αντίδρασης θα είναι εντελώς 'ανοιγμένο' με την αύξηση της μεταφοράς των ηλεκτρονίων (περισσότερο φως). Τα κέντρα αντίδρασης είναι τώρα 'κλειστά' και ο αποδέκτης ηλεκτρονίων (QA) ανάγεται εντελώς. Η ροή των ηλεκτρονίων εμποδίζεται επειδή η ποσότητα των QA δεν μπορεί να μεταφέρει τα ηλεκτρόνια αρκετά γρήγορα έτσι ώστε να συμβαδίσει με την εισροή των φωτονίων με αποτέλεσμα να εμφανίζεται η μέγιστη κβαντική απόδοση του PSII (Fm). Σε αυτή την κατάσταση, η εκπομπή φθορισμού είναι μέγιστη.

Η διαφορά μεταξύ των εντάσεων φθορισμού με τα 'κλειστά' και 'ανοικτά' κέντρα αντίδρασης είναι γνωστή ως μεταβλητός φθορισμός χλωροφύλλης ($F_v = F_m - F_0$). Αυτό αντιστοιχεί στο μέρος της απορροφημένης φωτεινής ενέργειας που θα χρησιμοποιούνταν στη φωτοσύνθεση εάν όλα τα κέντρα αντίδρασης ήταν στην 'ανοικτή' κατάσταση.

Οι Genty και συνεργάτες του (1989) έδειξαν ότι ο λόγος F_v/F_m απέδιδε κατευθείαν την ιδεατή κβαντική ικανότητα του φυτού. Ο λόγος του φθορισμού F_v/F_m είναι ανάλογος του κβαντικού επιπέδου της φωτοχημείας της φωτοσύνθεσης. Η μείωση του λόγου F_v/F_m είναι ενδεικτική του αποτελέσματος κάποιων περιβαλλοντικών εξωτερικών παραγόντων, και αυτή η αλλαγή δείχνει απώλεια της φωτοχημικής απόδοσης. Η ευνοϊκότερη τιμή του λόγου F_v/F_m για τα περισσότερα είδη φυτών είναι $0,83 \pm 0,05$ (Krause and Weis, 1991). Τιμές χαμηλότερες από αυτή δείχνουν ότι το φυτό είναι εκτεθειμένο σε κάποιου είδους καταπόνηση.

2.6. Μόλυνση Περιβάλλοντος

Όλο και πιο έντονη γίνεται στις μέρες μας η παρουσία στην ατμόσφαιρα ρύπων σε ποσότητα, συγκέντρωση και διάρκεια, που έχουν ως αποτέλεσμα την αλλοίωση της δομής, της σύστασης και των χαρακτηριστικών της ατμόσφαιρας. Η ρύπανση της ατμόσφαιρας, γνωστή και ως φωτοχημικό νέφος, είναι μίγμα ρυπαντών που σχηματίζονται όταν αλληλεπιδρούν λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας. Η απελευθέρωση ρύπων στην ατμόσφαιρα οφείλεται τόσο σε φυσικές διεργασίες (ηφαίστεια, βιολογικές δραστηριότητες, πυρκαγιές) όσο και σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες (βιομηχανία, παραγωγή ενέργειας, θέρμανση, κ.λπ.). Οι κυριότεροι

ρυπαντές είναι αέρια όπως SO_2 , NO_x , O_3 , βαρέα μέταλλα, και κόνις, η οποία συχνά περιέχει βαρέα μέταλλα (Farmer, 1993, Nanos and Ilias, 2007).

Αυξημένες συγκεντρώσεις των παραπάνω ρύπων μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και τα οικοσυστήματα και γενικά μπορούν να καταστήσουν το περιβάλλον ακατάλληλο για τις επιθυμητές χρήσεις του. Στα φυτά μπορούν να προκαλέσουν σταδιακή μείωση της φωτοσυνθετικής ικανότητας των φύλλων, το κλείσιμο των στομάτων και κυρίως μείωση της αύξησης και της παραγωγικότητας αυτών (Larcher, 1995).

2.6.1 Επίδραση της ρύπανσης στα φυτά

Η επίδραση της ρύπανσης στα φυτά εξαρτάται από παράγοντες που σχετίζονται με τον τύπο και τις συνθήκες έκθεσης, όπως η δομή των ενώσεων που εκλύονται ή και σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα, από τη συγκέντρωση των ενώσεων, τη διάρκεια και τη συχνότητα της έκθεσης καθώς και τη μετεωρολογία και την τοπογραφία της περιοχής. Ακόμα, με παράγοντες που έχουν σχέση με την αντίδραση των φυτών όπως: η ανθεκτικότητα ή η ευαισθησία του φυτικού οργανισμού, και οι επικρατούσες κλιματικές και εδαφικές (ακόμα και καλλιεργητικές) συνθήκες κατά την έκθεση. Οι βλάβες στα φυτά αυξάνονται με την επαναλαμβανόμενη έκθεσή τους στους ρυπαντές καθώς και με την έκθεσή τους σε υψηλές συγκεντρώσεις για μικρό χρονικό διάστημα. Μικρότερες είναι οι βλάβες από ρύπους που έχουν την ικανότητα να μεταβολιστούν από τα φυτά (πχ NO_x , SO_2). Επιπλέον, το φυτό παθαίνει ζημιά από ρύπους όταν κάποια μετρήσιμη αντίδραση που συνδέεται με τη χρήση του φυτού βλάπτεται π.χ. η απόδοση σε καρπούς, ή όταν μειώνεται είτε η χρησιμότητα του από τον άνθρωπο είτε η αξία του ως μέλος κάποιου οικοσυστήματος.

2.6.2. Κυριότεροι ατμοσφαιρικοί ρυπαντές και οι επιδράσεις τους στα φυτά

Αναλυτικότερα, ανάλογα με τον τρόπο παραγωγής τους, οι ρύποι διακρίνονται σε πρωτογενείς και δευτερογενείς. Οι πρωτογενείς ρύποι εκπέμπονται απευθείας από τις διάφορες πηγές στην ατμόσφαιρα όπως τα αιωρούμενα σωματίδια (κόνις), καπνός, σωματίδια βαρέων μετάλλων όπως μολύβδου (Pb) και νικελίου (Ni), το διοξείδιο του θείου (SO_2), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), οι υδρογονάνθρακες, το χλώριο (Cl_2) και το φθόριο (F_2).

Οι δευτερογενείς ρύποι σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα από τους πρωτογενείς με χημικές αντιδράσεις που γίνονται είτε μεταξύ τους είτε με τα φυσικά συστατικά της ατμόσφαιρας με συμμετοχή του ηλιακού φωτός, της θερμοκρασίας και της υγρασίας. Σημαντικότεροι είναι α) τα αιωρούμενα σωματίδια, β) το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) γ) το μονοξείδιο του αζώτου (NO), δ) το διοξείδιο του αζώτου (NO₂), στ) το διοξείδιο του θείου (SO₂), και ε) το όζον (O₃).

α) Αιωρούμενα σωματίδια: Είναι υλικά σε στερεή ή υγρή μορφή (διαμέτρου $2 \cdot 10^{-3}$ – 200 μm), που μπορούν να αιωρούνται στην ατμόσφαιρα για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Προέρχονται κυρίως από βιομηχανικές δραστηριότητες, όπως βιομηχανίες τσιμέντου, λατομεία, ανθρακωρυχεία καθώς και από εξόρυξη μετάλλων. Επίσης, προέρχονται από τα αυτοκίνητα ή από τις επιφάνειες των δρόμων. Οι επιδράσεις τους εξαρτώνται τόσο από το μέγεθός τους (όσο μικρότερα είναι, τόσο πιο επικίνδυνα) αλλά και από τη χημική τους σύσταση. Μπορούν να προκαλέσουν έντονα αναπνευστικά προβλήματα στην υγεία των ανθρώπων αλλά και σοβαρές βλάβες στα φυτά όπως νέκρωση των φύλλων και των βλαστών, μείωση της φωτοσυνθετικής ικανότητας και άλλες εμφανείς ή μη ζημιές στους φυτικούς ιστούς.

β) Μονοξείδιο του άνθρακα (CO): Πρόκειται για άχρωμο και άοσμο αέριο που εκπέμπεται ως προϊόν ατελούς καύσεως από πάσης φύσεως μηχανές, π.χ. μηχανές αυτοκινήτων.

γ) Διοξείδιο του θείου (SO₂): Αποτελεί ένα από τα τοξικά αέρια που προκαλεί τη μεγαλύτερη ζημιά στη φυτική παραγωγή. Είναι άχρωμο και άοσμο σε χαμηλές συγκεντρώσεις, αλλά με έντονη μυρωδιά σε υψηλότερες. Φυσικά προέρχεται από τα ηφαίστεια, αλλά οι ανθρωπογενείς και βλαβερές πηγές του είναι οι εκπομπές από τις κεντρικές θερμάνσεις, τα διυλιστήρια πετρελαίου, τις χημικές βιομηχανίες και τα πετρελαιοκίνητα οχήματα. Η είσοδος του SO₂ στα φυτά γίνεται μέσω των ανοικτών στομάτων. Μπορεί να προκαλέσει ζημιές στις κυτταρικές μεμβράνες, παρεμπόδιση της λειτουργίας του ενζύμου Rubisco και της καρβοξυλάσης του PEP, καθώς και αποδόμηση των φωτοσυνθετικών χρωστικών. Σε χαμηλές συγκεντρώσεις (45 mg SO₂/m³) προκαλεί άνοιγμα των στομάτων χωρίς να επιδρά στην καθημερινή λειτουργία των στομάτων. Σε υψηλές συγκεντρώσεις (πάνω από 1300 mg SO₂/m³) προκαλεί κλείσιμο των στομάτων.

δ) Μόλυβδος (Pb): Προέρχεται από την καύση απορριμμάτων, τις βαριές βιομηχανίες και από πηγές καυσίμων με μόλυβδο.

στ) Διοξείδιο του αζώτου (NO₂): Πρόκειται για ένα αέριο με ιδιάζουσα μυρωδιά και καφέ χρώμα, χαρακτηριστικό του ουρανού, όταν βρίσκεται σε υψηλές συγκεντρώσεις. Προέρχεται μέσω χημικών αντιδράσεων, παρουσία της ηλιακής ακτινοβολίας, από το μονοξείδιο του αζώτου (NO), το οποίο παράγεται από αυτοκίνητα, φορτηγά και βιομηχανικούς καυστήρες. Αποτελεί τον κύριο ρύπο του νέφους και της όξινης βροχής.

ε) Όζον (O₃): Αέριο άοσμο και άχρωμο. Στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας παίζει τον ευεργετικό ρόλο της προστασίας της γης από τη βλαβερή υπεριώδη ακτινοβολία, αλλά στα κατώτερα στρώματα αποτελεί τον κυριότερο ρύπο του φωτοχημικού νέφους. Αποτελεί το προϊόν χημικών αντιδράσεων μεταξύ του οξυγόνου (O₂), πτητικών οργανικών ενώσεων και οξειδίων του αζώτου παρουσία ηλιακής ακτινοβολίας και υψηλής θερμοκρασίας. Σε βιοχημικό επίπεδο έχει τις δυσμενέστερες επιπτώσεις από όλους τους ρύπους στα φυτά, καθώς επιδρά στην ανάπτυξή τους, προκαλεί μεγάλες ζημιές στη δασική βλάστηση και μειώνει την αγροτική παραγωγή. Ένα συχνά παρατηρούμενο σύμπτωμα είναι το εύθραυστο των μεμβρανών και ειδικά του πλασμαλήμματος καθώς και η δυσλειτουργία των χλωροπλαστών. Επίσης, έχει παρατηρηθεί νέκρωση στην κάτω επιφάνεια των φύλλων και χλώρωση γύρω και κοντά στα στόματα. Η παραγωγή ώριμων φρούτων έχει βρεθεί ότι επηρεάζεται αρνητικά από την έκθεση των δένδρων στο όζον. Άλλες μελέτες έχουν δείξει ότι επηρεάζεται η ορμονική ισορροπία μέσα στα φυτά (Weder et al., 1994). Στο έλατο, για παράδειγμα, ένα από τα πρώτα συμπτώματα είναι η αύξηση της πτώσης των ώριμων φύλλων. Επίσης στο πεύκο, έκθεση σε μεγάλες συγκεντρώσεις όζοντος οδηγεί σε μειωμένη παραγωγή πευκοβελόνων καθώς και στην πτώση τους η οποία συνεχίζεται και μετά την αφαίρεση του ρυπαντή.

Κόνις τσιμέντου: Η κυριότερη πηγή εισόδου της κόνεως τσιμέντου στην ατμόσφαιρα είναι οι βιομηχανίες παραγωγής τσιμέντου οι οποίες είναι ιδιαίτερα ρυπογόνες.

Το τσιμέντο, ή επίσημα σκυροκονίαμα, είναι ένα υδραυλικό συνδετικό κονίαμα. Δηλαδή είναι ένα λεπτό διαμερισμένο ανόργανο υλικό (κόνις) που σε ανάμειξη με νερό σχηματίζει μια πάστα η οποία πήζει και σκληραίνει μέσω αντιδράσεων και διεργασιών ενυδάτωσης και μετά τη σκλήρυνση διατηρεί την αντοχή και τη

σταθερότητα ακόμα και μέσα στο νερό. Ο όρος τσιμέντο ή τσιμεντοκονία αναφέρεται στη συνδετική κόνη, συνήθως πριν την ανάμιξη με νερό, χωρίς άλλα αδρανή πρόσθετα όπως άμμο και χαλίκι. Κοινό χαρακτηριστικό όλων των τσιμεντών είναι ότι προέρχονται από την καύση μίγματος λειοτριβημένων ασβεστολιθικών και αργιλοπυριτικών πετρωμάτων (Λεγάκης, 1987).

Διάφοροι τοξικοί ρύποι όπως αρσενικό, αμίαντος, βενζόλιο: Προέρχονται κυρίως από χημικές βιομηχανίες και οικοδομικά υλικά.

2.6.3. Αντιδράσεις των φυτών από την παρουσία κόνεως από τσιμεντοβιομηχανίες και γωματόδρομους

Η κόνη αποτελείται από στερεά υλικά πολύ μικρά σε μέγεθος, ώστε να μπορούν εύκολα να μεταφέρονται με τον άνεμο.

Η εναπόθεση κόνεως στη βλάστηση καλλιεργούμενη ή φυσική μπορεί να προκαλέσει σημαντικές φυσικές (λόγω σκίασης ή παρεμπόδισης της λειτουργίας των στομάτων) ή χημικές επιδράσεις στην επιφάνεια των φυτών ή μπορεί να εκδηλωθεί με αλλαγές στη χημεία του εδάφους. Έχουν παρατηρηθεί συμπτώματα όπως βλάβες στο φύλλωμα, μειωμένη ανάπτυξη και παραγωγή, μειωμένη αναπαραγωγή, καθώς και αλλαγές στην ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. Ακόμα, έχουν παρατηρηθεί μεταβολές σε φυσιολογικές λειτουργίες του φυτού, όπως στην παραγωγή υδατανθράκων μέσω της φωτοσύνθεσης, συγκέντρωση ανόργανων στοιχείων και απορρόφηση νερού από το έδαφος, επηρεάζοντας έτσι την ανάπτυξη του φυτού. Άλλα συμπτώματα που έχουν καταγραφεί είναι η χαμηλή περιεκτικότητα σε διατροφικά συστατικά στο φύλλωμα, ο τραυματισμός του φυλλώματος και η πρόωρη γήρανση.

Η είσοδος των σωματιδίων της κόνεως γίνεται κατά το μεγαλύτερο μέρος μέσω των στομάτων, όπως το CO₂ για τη φωτοσύνθεση, και διαλύονται στο εξωκυττάριο νερό στο χώρο του αποπλάστη. Επομένως, η είσοδος κόνεως, από όπου και αν προέρχεται, μπορεί να μπλοκάρει τη λειτουργία των στομάτων και ενδεχομένως να μειώσει τους ρυθμούς της φωτοσύνθεσης και της διαπνοής. Η απόθεση αδρανούς κόνεως στα φυτά βρέθηκε πως επηρεάζει τη φωτοσύνθεση, τη λειτουργία των στομάτων και την παραγωγικότητα.

Σύμφωνα με έρευνα που πραγματοποιήθηκε για την επίδραση κόνεως από τσιμέντο σε φύλλα ελιάς, τα αποτελέσματα έδειξαν αύξηση της περιεκτικότητας σε ξηρή ουσία και αύξηση του ειδικού βάρους των φύλλων ανάλογα με την ηλικία του φύλλου και την περιεκτικότητα κόνεως (Nanos and Ilias, 2007). Στην ίδια εργασία η παρουσία κόνεως από τσιμέντο μείωσε τη συνολική περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη και το λόγο χλωροφύλλης a/b. Έτσι, ο ρυθμός φωτοσύνθεσης μειώθηκε καθώς και η παραγωγή υδατανθράκων (Nanos and Ilias, 2007). Επιπλέον, μειώθηκε ελαφρώς ο ρυθμός διαπνοής και η κίνηση H₂O και CO₂ μέσω των στομάτων, ενώ η εσωτερική συγκέντρωση CO₂ στα φύλλα παρέμεινε σταθερή και αυξήθηκε η θερμοκρασία του φύλλου. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η κόνις από τσιμέντο προκάλεσε ουσιαστικές αλλαγές στη φυσιολογία του φύλλου γεγονός που μπορεί να οδηγήσει και σε μειωμένη παραγωγή καρπών.

Σημαντικό ρόλο παίζει και το μέγεθος των σωματιδίων της κόνεως. Συγκεκριμένα, βρέθηκε ότι η κόνις από τσιμεντοβιομηχία έχει διάμετρο κάτω από 30 μm. Ενώ η κόνις που προέρχεται από αστικούς δρόμους έχει διάμετρο 3-100 μm και αυτή που προέρχεται από τις εξατμίσεις των οχημάτων 3-30 μm. Επίσης, βρέθηκε ότι οι μη ασφαλοστρωμένοι δρόμοι παράγουν μεγαλύτερα επίπεδα κόνεως από τους ασφαλοστρωμένους (Farmer, 1993). Για τους χωμάτινους δρόμους βρέθηκε ότι υπάρχει μία γρήγορη μεταβολή στο μέγεθος των σωματιδίων της κόνεως που αιωρούνται σε απόσταση 8 m από το δρόμο καθώς αυτή η απόσταση οδηγεί στην απώλεια των σωματιδίων με μέγεθος μεγαλύτερο από 50 μm διάμετρο. Στα 30 m μέτρα απόσταση από το δρόμο χάνονται επίσης αυτά που έχουν διάμετρο μεγαλύτερη των 20 μm.

Η κόνις τσιμέντου έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζει αρνητικά το έδαφος. Εδάφη γύρω από τα εργοστάσια τσιμέντου παρουσίασαν αυξημένα επίπεδα εδαφικού pH (Mandre et al., 1998). Σε μια μελέτη που έγινε σε εδάφη κοντά σε βιομηχανίες τσιμέντου διαπιστώθηκε ότι τα επίπεδα χρωμίου, πυριτίου, σιδήρου και ασβεστίου είχαν αυξηθεί σημαντικά. Τα επίπεδα μόλυνσης μειώθηκαν δραματικά με την απόσταση από τα εργοστάσια

Η χημική σύσταση της κόνεως ποικίλλει. Η σύσταση κόνεων που προέρχονται από τσιμεντοβιομηχανίες, χωματόδρομους ή από λατομεία είναι αλκαλική με υψηλά

επίπεδα ασβεστίου, ενώ υπάρχουν και κόνεις όπου η σύσταση τους είναι χημικά αδρανής.

2.6.4. Αποτελέσματα από διάφορες μελέτες με μόλυνση από κόνεις τσιμέντου στα φυτά

Αποτελέσματα από την απόθεση κόνεως τσιμέντου σε ετήσια φυτά

Έρευνες έδειξαν ότι η απόθεση κόνεως τσιμέντου προκάλεσε μπλοκάρισμα των στομάτων στην άμπελο (*Vitis vinifera*) (Pierce, 1909), παρεμπόδιση της βλαστικότητας της γύρης στα σμέουρα (*Rubus idaeus*) (Anderson, 1914), ενώ στα τεύτλα (*Beta vulgaris*) (Czaja, 1961) παρατηρήθηκε πλασμόλυση των κυττάρων στα φύλλα και θάνατος του φυτού. Οι Shukla et al. (1990) παρατήρησαν στο γογγύλι (*Brassica campestris*) μείωση της ανάπτυξης.

Οι Singh & Rao (1981) στο σιτάρι (*Triticum aestivum*) διαπίστωσαν ότι η απόθεση κόνεως τσιμέντου προκάλεσε μείωση της διαπνοής και της ανάπτυξης, ενώ σε μια άλλη ερευνητική εργασία οι ίδιοι διαπίστωσαν στο ίδιο είδος μείωση της παραγωγής και της ανάπτυξης, καθώς και μείωση της πρόσληψης N, Ca, και αύξηση της πρόσληψης P (Singh & Rao, 1968).

Άλλες έρευνες έδειξαν ότι η κόνις τσιμέντου μείωσε την παραγωγικότητα και τη συγκέντρωση χλωροφύλλης σε διάφορα φυτά όπως το βαμβάκι (Pandey and Kumar, 1996, Satao et al., 1993).

Οι επιδράσεις κόνεως στα φυτά μπορούν να επιφέρουν αλλαγές και στη χημική σύσταση του εδάφους. Συγκεκριμένα, οι Singh & Rao (1981) παρατήρησαν ότι η εφαρμογή κόνεως τσιμέντου προκάλεσε στα ανώτερα στρώματα του εδάφους αύξηση του pH από 7,3 σε 7,8. Επίσης, αυξήθηκε η διαθεσιμότητα των φωσφορικών, του ασβεστίου και του μαγγανίου στο έδαφος. Στις μπάμιες παρατηρήθηκε μείωση της συγκομιδής κατά 30%, λόγω μειωμένης καρπόδεσης. Στο σιτάρι, την αραχίδα, το βαμβάκι και το σουσάμι μειώθηκε η παραγωγή και η ποιότητα του σπόρου.

Αποτελέσματα από την απόθεση κόνεως τσιμέντου σε πολυετή φυτά

Έρευνα που έγινε σε δενδρώδεις καλλιέργειες έδειξε πως η κόνις από τσιμέντο μπορεί να προκαλέσει τραυματισμό των φύλλων και του φλοιού, μειωμένη καρπόδεση και γενικότερα μείωση της ανάπτυξης (Farmer, 1993).

Σε μελέτη που έγινε στα είδη δαμασκηλιά (*Prunus avium*), μηλιά (*Malus * domestica*) και αχλαδιά (*Pyrus communis*) βρέθηκε πως η κόνις στην επιφάνεια του στίγματος μείωσε σημαντικά την καρπόδεση και τελικά την παραγωγή καρπών καθώς τα διαλύματα κόνεως ανέστειλαν τη βλάστηση της γύρης (Anderson, 1914).

Σε έρευνα που έγινε για την επίδραση της κόνεως από τσιμέντο στη φυσιολογία των φύλλων ελιάς (Nanos and Pias, 2007) τα αποτελέσματα έδειξαν αύξηση της περιεκτικότητας σε ξηρή ουσία και αύξηση του ειδικού βάρους των φύλλων ανάλογα με την ηλικία του φύλλου και την περιεκτικότητα σε σκόνη. Επίσης η σκόνη από τσιμέντο μείωσε τη συνολική περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη και το λόγο της χλωροφύλλης α/β. Έτσι μειώθηκε ο ρυθμός φωτοσύνθεσης καθώς και η παραγωγή. Επιπλέον μειώθηκε ελαφρώς ο ρυθμός διαπνοής και η κίνηση H₂O και O₂ μέσω των στομάτων. Η εσωτερική συγκέντρωση CO₂ στα φύλλα παρέμεινε σταθερή και αυξήθηκε η θερμοκρασία του φύλλου (Nanos and Pias, 2007).

Σε μια άλλη έρευνα όπου μελετήθηκαν τα δασικά είδη *Acer pseudoplatanus*, *Prunus spinosa*, *Corylus avellana*, *Salix viminalis*, *Picea abies* και *Pinus sylvestris* περιγράφεται ο τραυματισμός των φύλλων από κόνι τσιμέντου. Συγκεκριμένα, η κόνις σχηματίζει μια κρούστα στην επιφάνεια των φύλλων η οποία διαλύεται απελευθερώνοντας Ca(OH)₂ στους μεσοκυττάριους χώρους με αποτέλεσμα να προκαλείται καταστροφή των κυττάρων, ξεφλούδισμα του φλοιού και νέκρωση των φύλλων (Czaja, 1962).

Σε μια έρευνα των Fluckiger et al. (1982) για την επίδραση κόνεως από αστικούς δρόμους στο είδος *Fraxinus excelsior* παρατηρήθηκε μείωση της φωτοσύνθεσης και αύξηση της θερμοκρασίας του φύλλου.

Σε δένδρα κωνοφόρων στην Κεντρική Ευρώπη παρουσία κόνεως από τσιμέντο παρατηρήθηκε μείωση της παραγωγικότητας ή αλλαγή της περιεκτικότητας των φύλλων σε ανόργανα στοιχεία (Farmer, 1993). Επίσης μείωσε την ανάπτυξη νεαρών δασικών δένδρων (Iqbal and Shafiq, 1995) και τη συγκέντρωση χλωροφύλλης στα κωνοφόρα (Mandre and Tuulmets, 1997).

2.7. Καολίνης

Τα τελευταία χρόνια επεκτείνεται η χρήση σε δενδροκομικές καλλιέργειες ενός ορυκτού, του καολίνη. Πρόκειται για ένα υλικό το οποίο μπορεί να μειώσει τις ζημιές από ζωικούς εχθρούς και την καταπόνηση από ακραίες θερμοκρασίες.

Γενική Περιγραφή

Ο καολίνης προέρχεται από ένα μη πορώδες, λειοτριβημένο ορυκτό τον καολινίτη. Ο χημικός του τύπος είναι $(Al_4SiO_{10}[OH]_8)$, μια μορφή aluminium-silicate). Ουσιαστικά, πρόκειται για λευκή άργιλο η οποία δεν διογκώνεται με το νερό, δεν είναι τραχιά, διασπείρεται εύκολα στο νερό και είναι χημικά αδρανής για ένα μεγάλο εύρος pH (Bostanian and Racette, 2008).

Ο καολίνης έχει εξαιρετική αντανakλαστική ιδιότητα και μελετήθηκε κατά καιρούς σαν εντομοαπωθητικό στη βιολογική γεωργία, καθώς δημιουργεί ένα λεπτό στρώμα στην επιφάνεια των φυτών που ψεκάζεται (Glenn & Puterka, 2005). Επίσης, τα σωματίδια του καολίνη μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στην κατασκευή χαρτιού, στη ζωγραφική, και στα καλλυντικά.

Ο επεξεργασμένος καολίνης πωλείται με την εμπορική ονομασία Surround WP (Engelhard Corporation, Iselin, NJ, USA) στις Η.Π.Α. και με την ονομασία SCREEN στην Ελλάδα. Το αιώρημα σε νερό ψεκάζεται επάνω στο φυτό και, αφού εξατμισθεί το νερό, ένα λευκό στρώμα παραμένει στο φυτό. Ο ψεκασμός γίνεται με κλασικά ψεκαστικά μηχανήματα και απαιτείται επανάληψη του μετά από πολύ δυνατή βροχή ή τη δημιουργία νέας βλάστησης ή όταν χρησιμοποιείται σε ξηρές περιοχές. Σκευάσματα όπως ο καολίνης δρουν αποτελεσματικότερα όταν χρησιμοποιούνται προληπτικά παρά σαν θεραπευτικά σκευάσματα.

Ο καολίνης χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1999 για την αντιμετώπιση της ψύλλας αλλά και άλλων εντόμων στην αχλαδιά (Glenn et al., 2002). Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει πολλές και σημαντικές έρευνες οι οποίες στοχεύουν στη χρησιμοποίηση του καολίνη στη γεωργία αλλά και στην ανάδειξη των προτερημάτων που προσφέρει.

Ο αυστηρός περιορισμός διαθεσιμότητας και χρήσης των οργανοφωσφορικών εντομοκτόνων σε κηπευτικές και δενδροκομικές καλλιέργειες σε συνδυασμό με την ανθεκτικότητα που παρουσιάζουν τα αρθρόποδα στα χημικά εντομοκτόνα οδήγησαν

στην ανάγκη ανάπτυξης νέου τύπου προστατευτικών ή αποτρεπτικών φιλικών προς το περιβάλλον σκευασμάτων όπως τον καολίνη και την ευρύτερη τεχνολογία με το όνομα particle film technology.

Η δράση του καολίνη βασίζεται στην πρόληψη των ζημιών από τα έντομα καθώς τα απωθεί να κινηθούν, τραφούν και ωοτοκήσουν δημιουργώντας ένα προστατευτικό στρώμα για το φυτό. Συγχρόνως, μειώνει την μακροζωία και αυξάνει τη θνησιμότητα των αρθροπόδων. Επίσης, τα έντομα αδυνατούν να αναγνωρίσουν τα φυτά ξενιστές αφού είναι καλυμμένα από τα σωματίδια καολίνη. Ο καολίνης σύμφωνα με μελέτες δεν βλάπτει ωφέλιμους οργανισμούς (αλλά συχνά παρεμποδίζει την ωοτοκία τους σε ψεκασμένα φυτά) όπως τα αρπακτικά και τους γαιοσκώληκες αλλά κυρίως χρησιμοποιείται για τον έλεγχο του πληθυσμού των αφίδων και διάφορων άλλων αρθροπόδων. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα του αποπροσανατολισμού της καρπόκαψας (*Cydia pomonella*) και η μη απόθεση των αυγών του θηλυκού που οδήγησε σε μείωση των προσβολών στους καρπούς μηλιάς και αχλαδιάς. Σε μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο αγρόκτημα του Βελεστίνου του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας σε καλλιέργεια ροδακινιάς έγινε σύγκριση τριών εναλλακτικών σκευασμάτων για τον έλεγχο του πληθυσμού των αφίδων. Τα σκευάσματα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν Surround WP (καολίνης PFT), Savona (σαπούνι εντομοκτόνο), Sun Oil 7E (ορυκτέλαιο) και το σκεύασμα imidacloprid ως μάρτυρας. Τα αποτελέσματα έδειξαν πιο αποτελεσματικό στην καταπολέμηση των αφίδων το σκεύασμα imidacloprid (χημικό οργανοφωσφορικό εντομοκτόνο) μείωσε τον πληθυσμό κατά 53,1% σε σχέση με τον μάρτυρα, ενώ το Surround WP (καολίνης PFT) κατά 26,8%. Ακολούθησε το σαπούνι με 19,1% μείωση του πληθυσμού και τέλος το ορυκτέλαιο κατά 6,7%.

Παρόμοια αποτελέσματα έδειξε και μελέτη που έγινε σε οπωρώνα με εσπεριδοειδή. Ο ψεκασμός με καολίνη έδωσε εντυπωσιακά αποτελέσματα ενάντια στις προσβολές από τη Μύγα της Μεσογείου (*Ceratitis capitata*), σε βαθμό που να εκμηδενίζονται οι ζημιές σε κάποια χρονικά σημεία, ενώ ακόμα πιο εντυπωσιακό είναι ότι στην ίδια έρευνα η χρήση χημικών εντομοκτόνων όπως το spinosad και το malathion δεν απέφερε τόσο καλά αποτελέσματα (Braham et al., 2007).

Εκτός από τον έλεγχο εχθρών και ασθενειών ο καολίνης προτείνεται και για την αντιμετώπιση του ηλιακού εγκαύματος σε καρπούς, μείωση της θερμικής

καταπόνησης του φυτού, την τροποποίηση του χρώματος των καρπών και την αύξηση του ρυθμού καθαρής φωτοσύνθεσης στα φύλλα. Ακόμη, χρησιμοποιείται για την αύξηση της απόδοσης σε φρούτα αλλά και για τον έλεγχο της ωριμότητάς τους (Glenn et al., 2001). Σύμφωνα με την αναφερθείσα μελέτη η χρήση του καολίνη οδήγησε σε καθυστέρηση στην ωρίμανση των καρπών στα ροδάκινα, αύξησε το μέγεθος των καρπών και την περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά συστατικά.

Ο καολίνης έχει χρησιμοποιηθεί για το μετριασμό των αρνητικών επιπτώσεων της έλλειψης νερού και της θερμικής καταπόνησης στη φυσιολογία των φυτών και την παραγωγικότητα με ποικίλα αποτελέσματα. Οι μηχανισμοί δράσης του καολίνη δεν είναι σαφείς: Σε έρευνα που έγινε σε καλά αρδευόμενες καλλιέργειες καρυδιάς (*Juglans regia*) και αμυγδαλιάς (*Prunus dulcis*), ο ψεκασμός καολίνη μείωσε τη θερμοκρασία των φύλλων και τη θερμική καταπόνηση, αλλά παρατηρήθηκε και ελάχιστη μείωση της φωτοσύνθεσης εξαιτίας πιθανότατα της σκίασης των φύλλων.

Σε έρευνα των Glenn et al. (2001) μετά από εφαρμογή του καολίνη σε μηλιές διάφορων ποικιλιών διαπιστώθηκε, εξαιτίας της μείωσης της θερμοκρασίας, βελτίωση του οσμωτικού δυναμικού στα φύλλα λόγω της αύξησης της στοματικής αγωγιμότητας. Παρατηρήθηκε αύξηση του φωτοσυνθετικού ρυθμού από τα φύλλα, της απόδοσης, του βάρους των καρπών και της ποιότητάς τους. Το χρώμα φλοιού σε κάποιες καλλιεργούμενες περιοχές με μηλιές που μελετήθηκαν ήταν πιο φωτεινό (λιγότερο κόκκινο), ενώ σε άλλες λιγότερο (περισσότερο κόκκινο).

Μια άλλη έρευνα των Elkins et al. (1999) μετά από εφαρμογή καολίνη σε αχλαδιές ποικιλίας “Bartlett” έδειξε πως τα φρούτα που δέχτηκαν τον καολίνη ήταν σκληρότερα, βαρύτερα και το ποσοστό των σακχάρων ήταν υψηλότερο σε σχέση με το μάρτυρα. Επίσης, παρουσίασαν γλυκύτερη γεύση και υψηλότερη σκληρότητα ακόμα και μετά την αποθήκευσή τους για 3 μήνες (Elkins et al., 2001).

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1 ΦΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε τον Ιούνιο του 2009 στο Βόλο στην περιοχή Διμήνι. Το φυτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν ελιές ποικιλίας Αμφίσσης ηλικίας άνω των 20 ετών με διάσπαρτους επικονιαστές από άλλες ποικιλίες. Ο πειραματικός αγρός όπου έγινε το πείραμα έχει έκταση 8 στρέμματα. Οι αποστάσεις φύτευσης των δένδρων είναι 7x7 m. Η μέθοδος άρδευσης που εφαρμόζεται είναι στάγδην με σταλάκτες 80 L h⁻¹ και 2 σταλάκτες ανά δέντρο.

Ορίστηκαν τέσσερις μεταχειρίσεις: 1) μάρτυρας, 2) εφαρμογή καολίνη, 3) εφαρμογή κόνεως εδάφους, και 4) εφαρμογή κόνεως τσιμέντου. Στη συνέχεια, επιλέχθηκαν τέσσερα δένδρα-επαναλήψεις για κάθε μεταχείριση.

Για την εφαρμογή καολίνη χρησιμοποιήθηκε το σκεύασμα SURROUND WP, kaolin 95% w/w. Ως πρώτη ύλη για την παραγωγή κόνεως εδάφους διαμέτρου <500 μm χρησιμοποιήθηκε έδαφος από ένα χέρσο τμήμα στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο. Το έδαφος μετά τη συλλογή του, τοποθετήθηκε στο πυριαντήριο στους 100 °C για 48 h μέχρι να ξηραθεί. Ακολούθησε άλεση και πέρασμα από κόσκινο των 500 μm. Για την εφαρμογή κόνεως τσιμέντου στα δένδρα χρησιμοποιήθηκε το τσιμέντο ATHLOS™, σακευμένο τσιμέντο γενικής οικοδομικής χρήσης. Στο μάρτυρα γινόταν ψεκασμός με νερό ποσότητας 2 kg, χωρίς απορροή. Για την εφαρμογή καολίνη χρησιμοποιήθηκαν 12 kg ψεκαστικού υγρού (που περιείχαν 630 g καολίνη) χωρίς απορροή. Για το ψεκαστικό υγρό διαλύονταν 750 g καολίνη σε 15 kg νερό. Για την εφαρμογή της κόνεως εδάφους αρχικά γινόταν ψεκασμός με νερό ποσότητας 2 kg ανά δέντρο, χωρίς απορροή και αμέσως ακολουθούσε η εφαρμογή της με θειωτήρα. Εφαρμόζονταν 500 g κόνεως εδάφους ανά δέντρο. Ομοίως για την εφαρμογή κόνεως τσιμέντου γινόταν ψεκασμός με νερό ποσότητας 2 kg ανά δέντρο, χωρίς απορροή και στη συνέχεια ακολουθούσε η εφαρμογή της. Εφαρμόζονταν 1000 g κόνεως τσιμέντου για το σύνολο των τεσσάρων δένδρων. Στην καλλιέργεια της ελιάς έγιναν συνολικά πέντε εφαρμογές καολίνη και κόνεων εδάφους και τσιμέντου από Μάιο έως τον Αύγουστο ανάλογα τις βροχοπτώσεις και τη συγκρατούμενη ποσότητα κόνεως στα φύλλα.



3.2 Μέτρηση της κόνεως των φύλλων

Με τη βοήθεια μιας μικρής βούρτσας γινόταν λήψη της κόνεως από την επιφάνεια των φύλλων και στη συνέχεια ζυγίζόταν σε ζυγό ακριβείας με 4 δεκαδικά. Η μέτρηση γινόταν σε πέντε επαναλήψεις των έξι φύλλων ανά μεταχείριση.

3.3 Μέτρηση χρώματος φύλλου

Οι μετρήσεις χρώματος στα φύλλα γινόταν μετά την απομάκρυνση της κόνεως με το χρωματόμετρο Hunter LAB (Hunter Associates Laboratory, Inc., Model Miniscan XE plus 4500L, Shrewsbury, United Kingdom) για τις παραμέτρους L^* , a^* και b^* και υπολογίστηκε ο μέσος όρος ανά έξι φύλλα που αποτελούσαν και την επανάληψη με 5 επαναλήψεις ανά μεταχείριση. Ακολούθησε υπολογισμός των παραμέτρων C^* και Hue.

3.4 Χαρακτηριστικά φύλλου

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις ξηρής ουσίας φύλλου, ειδικού βάρους φύλλου και συγκέντρωσης χλωροφύλλης. Οι μετρήσεις αυτές γίνονταν στα πιο πάνω φύλλα μετά την απομάκρυνση της κόνεως. Για τη μέτρηση της ξηρής ουσίας φύλλου, από τα έξι φύλλα της κάθε επανάληψης λαμβάνονταν έξι δίσκοι ελάσματος φύλλου με διακορευτή διαμέτρου 9 mm, ζυγίζονταν σε ζυγό ακριβείας 4 δεκαδικών, ξηραίνονταν σε φούρνο στους 80 °C μέχρι οι δίσκοι με απλή πίεση να θρυμματίζονται. Οι ξηροί δίσκοι ζυγίζονταν και στη συνέχεια γινόταν υπολογισμός της ξηρής ουσίας του φύλλου. Το ειδικό βάρος φύλλου υπολογίστηκε ως ξηρό βάρος έξι δίσκων σε mg προς την επιφάνεια των έξι δίσκων σε cm^2 . Για τον υπολογισμό της χλωροφύλλης ακολουθήθηκε η αναλυτική μέθοδος που περιγράφεται από τους Wintermans and Mots (1965). Από τα έξι φύλλα της κάθε επανάληψης αφαιρούνταν με τον ίδιο τρόπο όπως ανωτέρω, έξι μισοί δίσκοι ελάσματος φύλλου διαμέτρου 9 mm, οι οποίοι ζυγίζονταν και τοποθετούνταν σε screw top δοκιμαστικό που περιείχε 15 mL αιθανόλης 95%. Στη συνέχεια διατηρούνταν για μία ώρα σε υδατόλουτρο και σκοτάδι στους 80 °C μέχρι τα ελάσματα να αποχρωματιστούν πλήρως. Μετά τον αποχρωματισμό οι σωλήνες τοποθετούνταν σε σκοτεινό χώρο για να ψυχθούν. Τέλος μετρούνταν η απορρόφηση σε φασματοφωτόμετρο (Milton Roy Spectronic 301, USA) στα 665 και 649 nm με τη βοήθεια κρυσταλλικής κυψελίδας. Ακολουθούσε ο υπολογισμός της συγκέντρωσης χλωροφύλλης a και b σε $\mu\text{g mL}^{-1}$ αιθανόλης και σε

mg g⁻¹ ξηρού βάρους φύλλου, της ολικής χλωροφύλλης και του λόγου της χλωροφύλλης a προς τη χλωροφύλλη b.

3.5 Μέτρηση επιφάνειας φύλλου

Με το πέρας των πιο πάνω μετρήσεων ακολουθούσε μέτρηση της επιφάνειας των φύλλων με τη βοήθεια Η/Υ και κατάλληλου προγράμματος, αφού πρώτα τα φύλλα σκανάρωνταν. Η μέτρηση αυτή γνωρίζοντας το βάρος κόνεως στα φύλλα, οδηγούσε στον υπολογισμό του βάρους της κόνεως ανά μονάδα επιφάνειας φύλλου.

3.6 Μετρήσεις φθορισμού της χλωροφύλλης

Οι μετρήσεις φθορισμού της χλωροφύλλης πραγματοποιήθηκαν με το φορητό όργανο OS-30P (Opti-Sciences, Inc., Tyngsboro, USA). Για τις μετρήσεις αυτές επιλέχθηκαν πέντε τυχαία φύλλα από κάθε μεταχείριση και σημάνθηκαν με χάρτινα καρτελάκια, ώστε να μετριοούνται τα ίδια φύλλα κάθε φορά που επαναλαμβάνεται η μέτρηση.

Τα φύλλα βρίσκονταν στο εξωτερικό μέρος της κόμης και ήταν φωτιζόμενα, αντιπροσωπευτικά σκονισμένα, υγιή και καλά ανεπτυγμένα. Επιπλέον η μέτρηση επαναλαμβανόταν σε πέντε γειτονικά φύλλα των παραπάνω ανά μεταχείριση.

Οι μετρήσεις φθορισμού πραγματοποιούνταν τις πρωινές ώρες μεταξύ 9:30 με 11:30.

3.7 Μέτρηση της φωτοσύνθεσης

Πραγματοποιήθηκε με τη συσκευή Lcpro+ της ADC (ADC BioScientific Ltd, Αγγλία). Η μέτρηση γινόταν 9:00 με 13:00 σε καλά ανεπτυγμένα φύλλα τα οποία την ώρα της μέτρησης ήταν φωτιζόμενα. Γινόταν μέτρηση τεσσάρων φύλλων από κάθε δένδρο (διαφορετικά κάθε φορά) και έξι μετρήσεις ανά φύλλο, σε τρία δένδρα ανά μεταχείριση. Τα παραπάνω επαναλαμβάνονταν συνολικά τρεις φορές με διαφορετική σειρά για τις τέσσερις μεταχειρίσεις κατά τη διάρκεια της ημέρας, ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος παρερμηνειών στα αποτελέσματα εξαιτίας της ώρας της ημέρας.

3.8 Μετρήσεις υδατικού δυναμικού του βλαστού

Η μέτρηση του υδατικού δυναμικού του βλαστού γινόταν στις 12:00 με 14:00 σε έξι φύλλα ανά μεταχείριση με τη βοήθεια οργάνου με θάλαμο πίεσης (pressure bomb) (Skye Instruments Ltd, Wells, Powys, UK). Η προετοιμασία που γινόταν για

τη μέτρηση αυτή ήταν η εξής: Επιλέγονταν αναπτυγμένα φύλλα κοντά στον κεντρικό βλαστό του δένδρου τα οποία καλύπτονταν με αλουμινόχαρτο για πλήρη σκίαση. Τα φύλλα έμεναν σε πλήρη σκίαση για δύο ώρες. Στη συνέχεια αποκόπτονταν το φύλλο από το δένδρο και πραγματοποιούνταν η μέτρηση.

Όλες οι παραπάνω μετρήσεις πραγματοποιούνταν την ίδια ημέρα. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν έξι κύκλοι μετρήσεων στην ελιά κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού από τον Ιούνιο έως το Σεπτέμβριο.

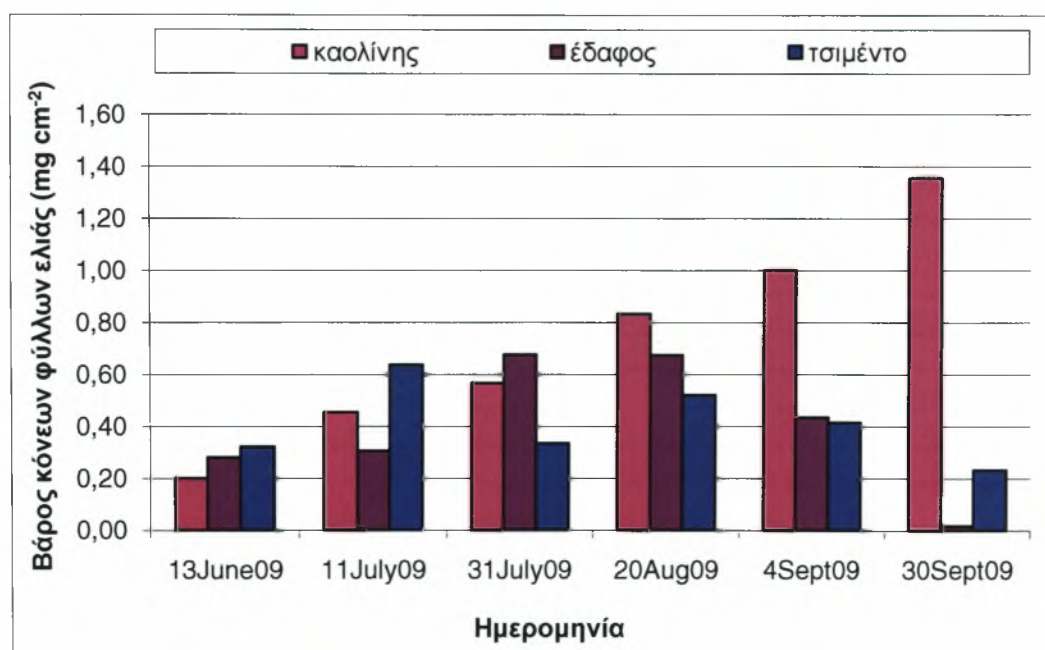
3.9 Στατιστική ανάλυση

Όλα τα δεδομένα αναλύθηκαν με ανάλυση παραλλακτικότητας και παράγοντες τη μεταχείριση και την εποχή μετρήσεων χρησιμοποιώντας το στατιστικό πακέτο SPSS 16.0 (SPSS Inc., Chicago, IL). Παρουσιάζονται μέσοι όροι και ελάχιστη σημαντική διαφορά για επίπεδο σημαντικότητας 5%.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1. Βάρος κόνων στα φύλλα ελιάς

Οι κόνειες εφαρμόστηκαν περιοδικά όπως φαίνεται στα Υλικά και Μέθοδοι ώστε κατά τη θερινή περίοδο συσσωρεύτηκαν στα φύλλα. Αυτό έγινε για να προσομοιάσει τις πραγματικές συνθήκες αγρού που θα δέχονταν τους ρυπαντές περιοδικά όλο το καλοκαίρι έως το Φθινόπωρο, όταν οι βροχοπτώσεις θα ξεπλύνουν μέρος ή όλη την κόνη. Ο καολίνης δεν ξεπλένεται εύκολα και βρέθηκε να συσσωρεύεται σταδιακά με τις εφαρμογές έως και τα τέλη Σεπτεμβρίου, μετά από σημαντικές βροχοπτώσεις στην περιοχή (Διάγρ. 1).



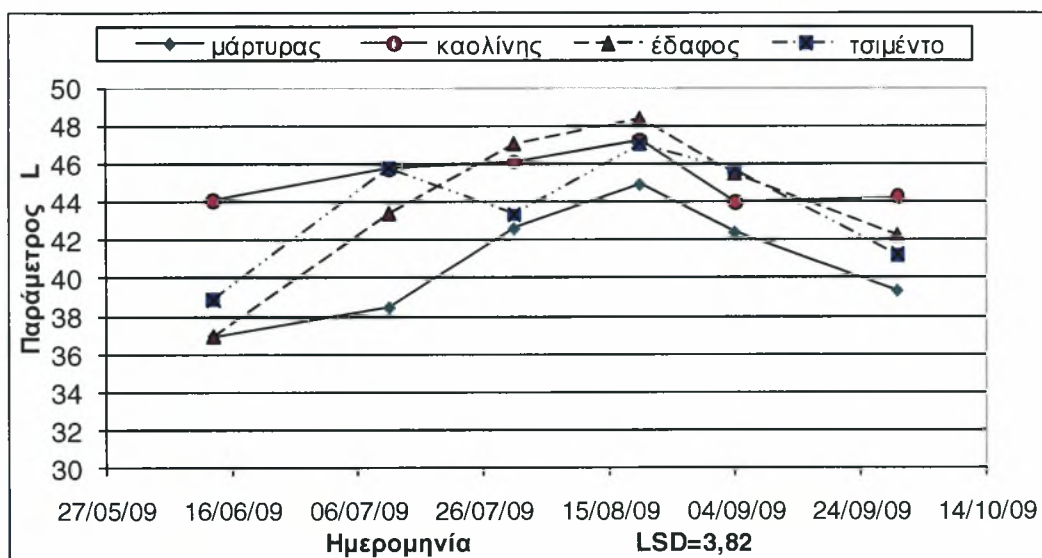
Διάγρ. 1. Ποσότητα κόνωσης από τις εφαρμογές καολίνης, εδάφους ή τσιμέντου σε φύλλα ελιάς κατά τη θερινή περίοδο 2009.

Το έδαφος ήταν αυτό που απομακρύνεται εύκολα από τα φύλλα και βρέθηκε ότι ακόμα και με τις ζεστές ξηρές συνθήκες του Αυγούστου ένα μέρος της κόνωσης εδάφους απομακρύνεται από τα φύλλα, αλλά σημαντική ποσότητα παραμένει έως τις βροχοπτώσεις του Σεπτεμβρίου (Διάγρ. 1). Μετά τις βροχοπτώσεις αυτές η κόνη εδάφους έχει σχεδόν ολοκληρωτικά απομακρυνθεί. Τέλος, η κόνη τσιμέντου ήταν

ανομοιόμορφα κατανεμημένη στα φύλλα της ελιάς και δεν παρουσίασε σταδιακή αύξηση κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού (Διάγρ. 1). Μετά τις βροχοπτώσεις του Σεπτεμβρίου ένα σημαντικό μέρος της κόνεως τσιμέντου παρέμεινε πάνω στα φύλλα της ελιάς, επομένως και αυτή απομακρύνεται δύσκολα από τα φύλλα.

4.2. Χρώμα φύλλου

Η τιμή της παραμέτρου L αυξήθηκε σταδιακά κατά τη βλαστική περίοδο από τον Ιούνιο έως τον Αύγουστο σε όλες τις μεταχειρίσεις, όταν η τιμή της έφτασε στα υψηλότερα επίπεδα, ενώ από τις αρχές έως τα τέλη Σεπτεμβρίου παρουσίασε

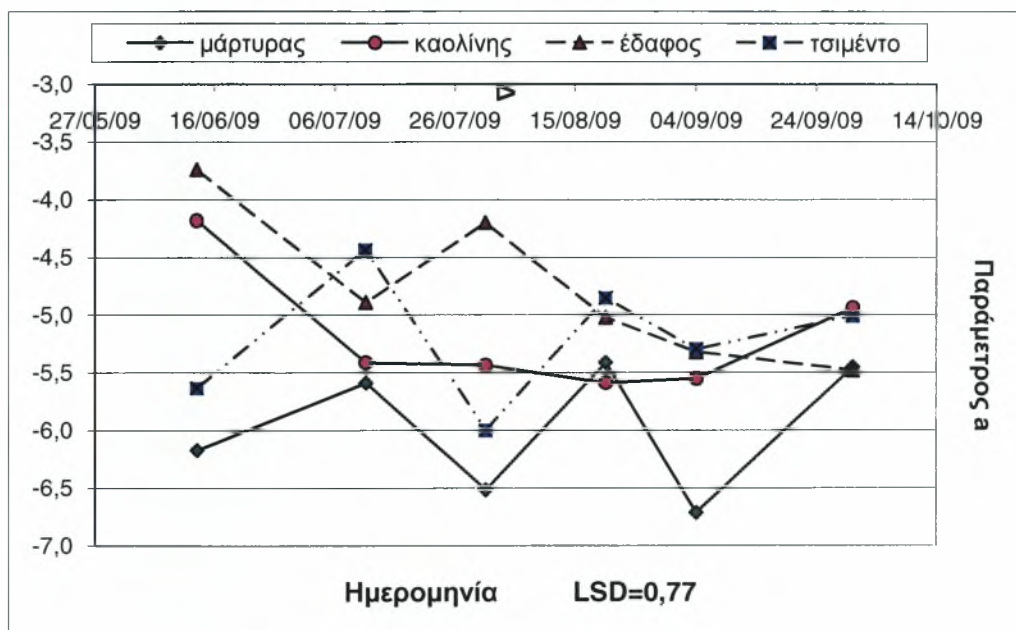


Διάγρ. 2. Μεταβολή της παραμέτρου χρώματος L*, από τον Ιούνιο έως το Σεπτέμβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο).

σημαντική μείωση σε όλες τις μεταχειρίσεις (Διάγρ. 2). Αυτό πιθανόν να οφείλεται στις κόνιες αλλά και τη σταδιακή μείωση του χρώματος λόγω θερμοκρασιακής καταπόνησης.

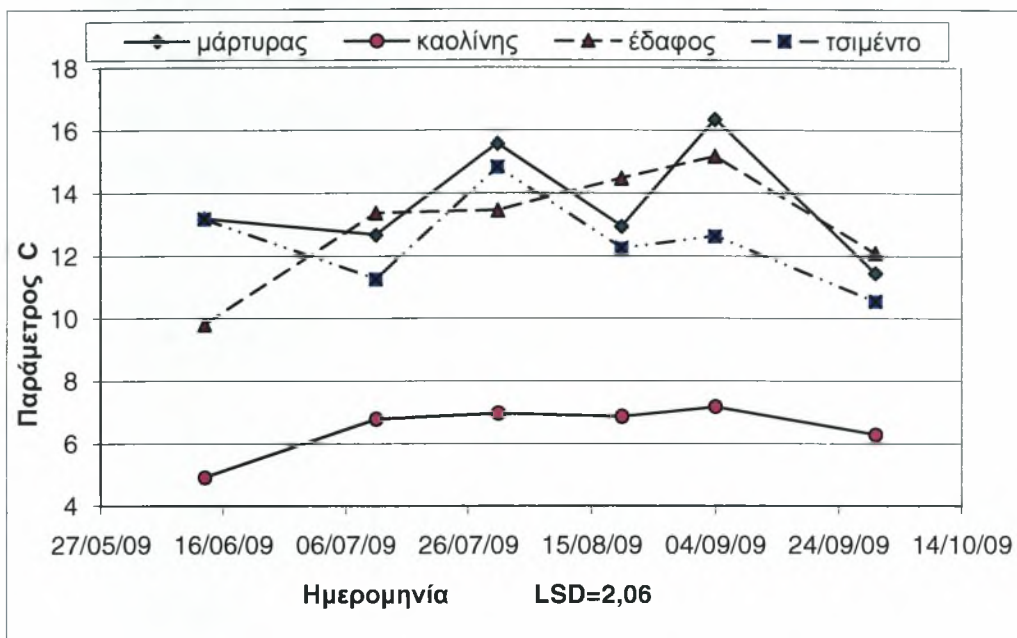
Τα φύλλα των δένδρων ελιάς του μάρτυρα είχαν συχνά τη χαμηλότερη τιμή της παραμέτρου L^* , δηλ. ήταν πιο σκούρα πράσινα από τα φύλλα των άλλων μεταχειρίσεων, ενώ τα φύλλα των άλλων μεταχειρίσεων δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους (Διάγρ. 2), παρότι μακροσκοπικά υπήρχαν σημαντικές διαφορές στο χρώμα φύλλου μεταξύ των φύλλων με καολίνη, με έδαφος και, εν μέρει, με τσιμέντο.

Η παράμετρος a^* του χρώματος των φύλλων ελιάς των διάφορων μεταχειρίσεων παρουσίασε σημαντική παραλλακτικότητα από μέτρηση σε μέτρηση σε όλες τις μεταχειρίσεις (Διάγρ. 3). Βασικά τα φύλλα του μάρτυρα είχαν τη χαμηλότερη τιμή



Διάγρ. 3. Μεταβολή της παραμέτρου χρώματος a^* , από τον Ιούνιο έως το Σεπτέμβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο).

της παραμέτρου a^* σε σχέση με τις άλλες μεταχειρίσεις αλλά και εδώ οι αυξομειώσεις ήταν έντονες. Φαίνεται ότι η παράμετρος a^* δεν είναι κατάλληλη για τη μέτρηση του χρώματος των φύλλων ελιάς παρουσία ή μη κόνεων.

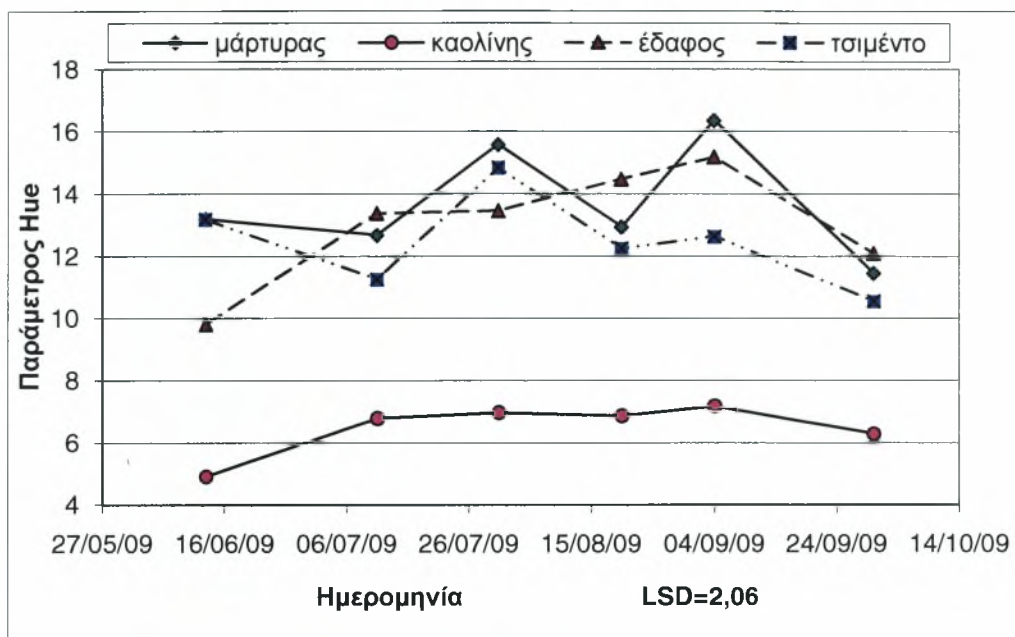


Διάγρ. 4. Μεταβολή της παραμέτρου χρώματος C*, από τον Ιούνιο έως το Σεπτέμβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο).

Η τιμή της παραμέτρου χρώματος C* παρέμεινε στα ίδια επίπεδα όλη τη διάρκεια του καλοκαιριού παρουσιάζοντας μια οριακή περιοδική αύξηση κατά τα τέλη Ιουλίου και αρχές Σεπτεμβρίου, ενώ στα τέλη Σεπτεμβρίου η τιμή της παραμέτρου C* μειώθηκε σημαντικά σε όλες τις μεταχειρίσεις των δένδρων ελιάς. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού βρέθηκαν αυξομειώσεις της τιμής C* στα φύλλα του μάρτυρα και εν μέρει στα φύλλα με κόνη τσιμέντου, ενώ ήταν σχετικά σταθερή στις άλλες μεταχειρίσεις (Διάγρ. 4). Τα φύλλα των δένδρων ελιάς που ψεκάστηκαν με καολίνη είχαν τη μικρότερη τιμή C* και οι διαφορές από τα φύλλα των άλλων μεταχειρίσεων ήταν πολύ έντονες (Διάγρ. 4). Διαφορές στην τιμή C* δεν βρέθηκαν μεταξύ των άλλων μεταχειρίσεων.

Η τιμή της παραμέτρου Hue παρουσίασε μόνο μια ελαφρά πτώση έως τις αρχές Σεπτεμβρίου και παρουσίασε μια ελαφρά αύξηση στα τέλη Σεπτεμβρίου σε

όλες τις μεταχειρίσεις (Διάγρ. 5). Τα φύλλα των δένδρων που ψεκάστηκαν με καολίνη είχαν πολύ υψηλότερη τιμή της παραμέτρου Hue από τα φύλλα των δένδρων του μάρτυρα και αυτών που δέχθηκαν κόνις τσιμέντου και αυτά υψηλότερη τιμή Hue από τα φύλλα που δέχθηκαν κόνι εδάφους εκτός από τα τέλη Σεπτεμβρίου όταν τα φύλλα με κόνι είχαν παρόμοια τιμή Hue με τα φύλλα του μάρτυρα (Διάγρ. 5).

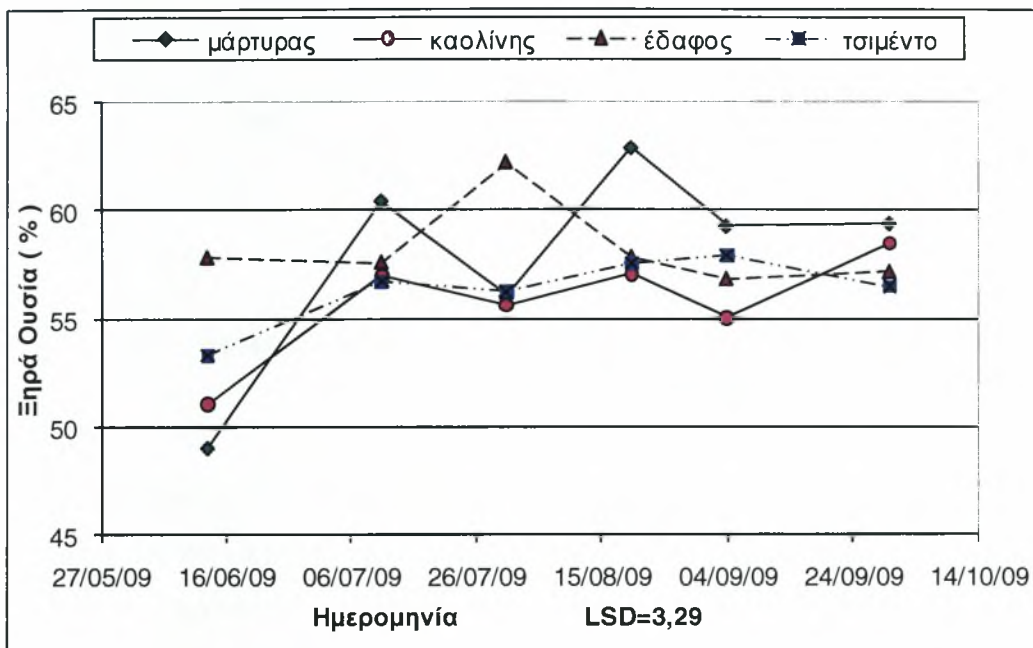


Διάγρ. 5. Μεταβολή της παραμέτρου χρώματος Hue, από τον Ιούνιο έως το Σεπτέμβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο).

4.3. Ξηρά ουσία φύλλου, ειδικό βάρος φύλλου και συγκέντρωση χλωροφύλλης

Το ποσοστό ξηράς ουσίας φύλλου ήταν ήδη σε πολύ υψηλά επίπεδα στα μέσα Ιουνίου καθώς τα φύλλα αναπτύχθηκαν όλη την Άνοιξη και είχαν ήδη φτάσει το τελικό τους μέγεθος. Το % ξηράς ουσίας φύλλου αυξήθηκε από τον Ιούνιο έως τα μέσα Ιουλίου κατά περίπου 10% και παρέμεινε σταθερό καθ' όλη τη διάρκεια του καλοκαιριού έως και τα τέλη Σεπτεμβρίου με κάποιες αυξομειώσεις (πιθανά από πειραματικό λάθος) στα φύλλα του μάρτυρα (Διάγρ. 6). Εξαιρέση αποτέλεσαν τα φύλλα των δέντρων που δέχθηκαν κόνι εδάφους, όπου το % ξηράς ουσίας φύλλου

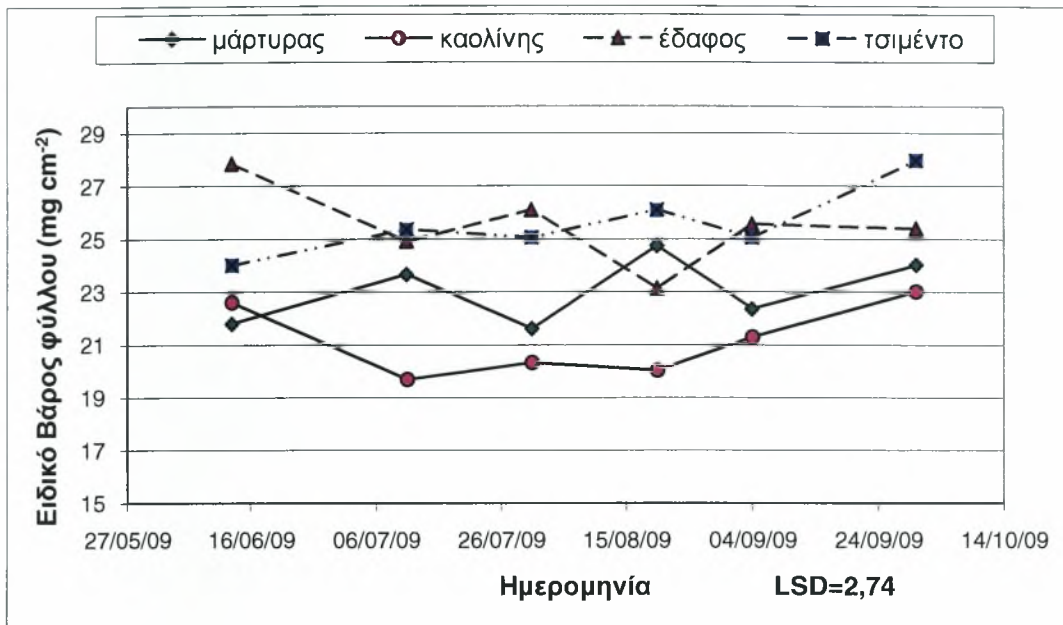
ήταν υψηλό ήδη από τον Ιούνιο και παρέμεινε στα ίδια επίπεδα όλη την περίοδο των μετρήσεων έως τα τέλη Σεπτεμβρίου.



Διάγρ. 6. Μεταβολή του ποσοστού ξηράς ουσίας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, από τέλη Μαΐου μέχρι το πρώτο δεκαπενθήμερο του Οκτωβρίου, σε φύλλα ελιάς δένδρων που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο).

Τα φύλλα της μεταχείρισης με κόνι εδάφους φαίνεται να αναπτύχθηκαν πιο γρήγορα από τα φύλλα των άλλων μεταχειρίσεων καθώς είχαν κάπως υψηλότερο % ξηράς ουσίας από τα φύλλα των άλλων μεταχειρίσεων αρχικά το καλοκαίρι. Βασικά δεν βρέθηκαν σταθερές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων (Διάγρ. 6).

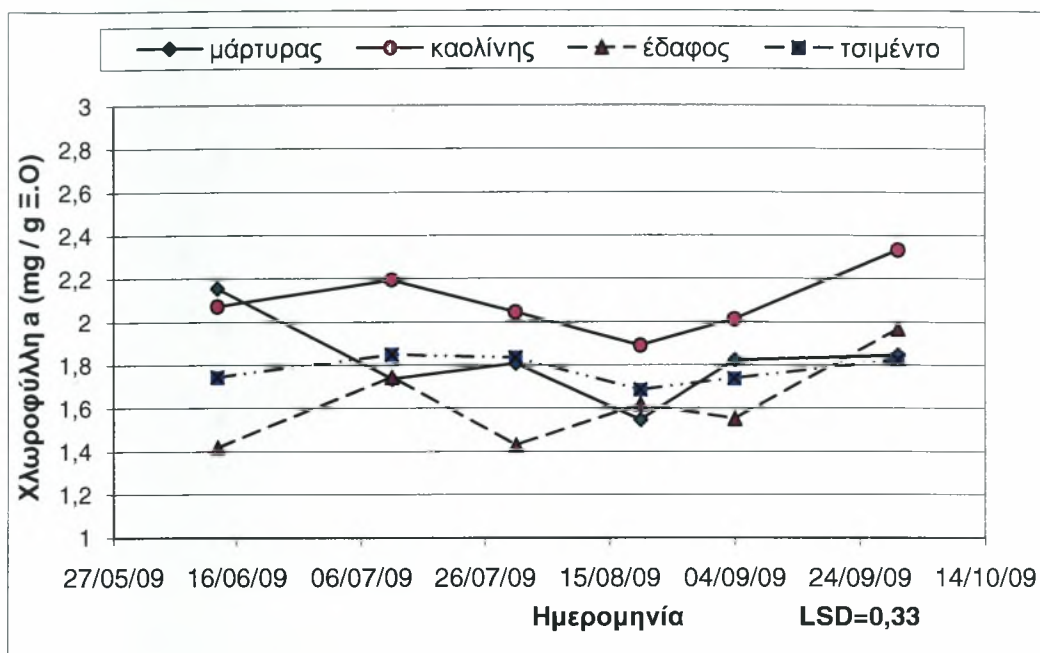
Το ειδικό βάρος φύλλου παρέμεινε σταθερό από τα μέσα Ιουνίου έως τα τέλη Αυγούστου, ενώ κατόπιν παρουσίασε μια μικρή αύξηση της τάξης του 7% έως τα τέλη Σεπτεμβρίου σε όλες τις μεταχειρίσεις των δέντρων ελιάς πλην των φύλλων που δέχθηκαν κόνι εδάφους, όπου το ειδικό βάρος παρέμεινε σταθερό το Σεπτέμβριο (Διάγρ. 7).



Διάγρ. 7. Μεταβολή του ειδικού βάρους φύλλου κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού από τέλη Μαΐου μέχρι το πρώτο δεκαπενθήμερο του Οκτωβρίου σε φύλλα ελιάς δένδρων που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο).

Τα φύλλα των μεταχειρίσεων με κόνι εδάφους ή κόνι τσιμέντου είχαν στις περισσότερες χρονικές περιόδους μετρήσεων υψηλότερο ειδικό βάρος φύλλου από τα φύλλα του μάρτυρα και αυτά με τη σειρά τους βρέθηκαν να έχουν υψηλότερο ειδικό βάρος από τα φύλλα της μεταχείρισης με καολίνη (Διάγρ. 7).

Η συγκέντρωση χλωροφύλλης *a* παρέμεινε ουσιαστικά σταθερή από τα μέσα Ιουνίου έως τα τέλη Σεπτεμβρίου, υποστηρίζοντας έτσι την άποψη ότι τα φύλλα της ελιάς είχαν ήδη φτάσει σε πλήρη ανάπτυξη από τα μέσα Ιουνίου (Διάγρ. 8). Η μικρή μείωση που βρέθηκε τον Αύγουστο πιθανότατα οφείλεται στη θερμοκρασιακή καταπόνηση του θέρους.

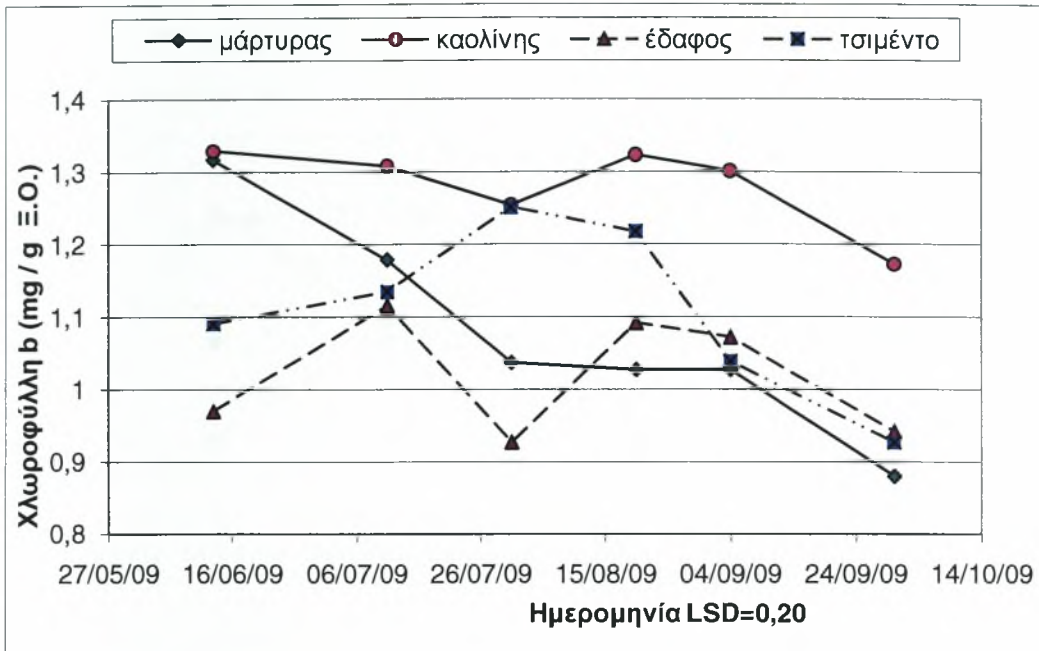


Διάγρ. 8. Μεταβολή της συγκέντρωσης χλωροφύλλης a, από τον Ιούνιο έως το Σεπτέμβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο).

Στις πιο πολλές ημερομηνίες, τα φύλλα των δένδρων ελιάς που ψεκάστηκαν με καολίνη είχαν υψηλότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης a από τα φύλλα των δένδρων των άλλων μεταχειρίσεων, ενώ τα φύλλα των δένδρων στα οποία εφαρμόστηκε κόνις εδάφους είχαν μερικές φορές τη μικρότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης a (Διάγρ. 8).

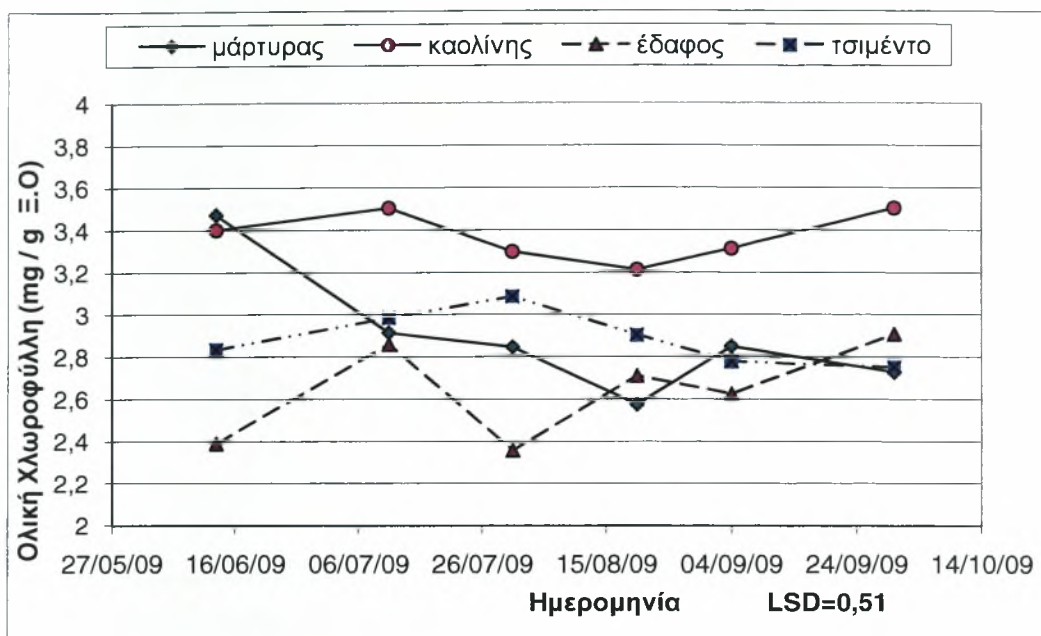
Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης b παρέμεινε σταθερή από τα μέσα Ιουνίου έως και τις αρχές Σεπτεμβρίου, ενώ παρουσίασε μια αρκετά σημαντική μείωση έως τα τέλη Σεπτεμβρίου στις 3 μεταχειρίσεις των δέντρων ελιάς με κόνις (Διάγρ. 9). Αντίθετα η συγκέντρωση της χλωροφύλλης b στα φύλλα του μάρτυρα μειώθηκε σταδιακά όλη τη θερινή περίοδο και ιδιαίτερα το Σεπτέμβριο.

Τα φύλλα της μεταχείρισης με καολίνη είχαν σχεδόν σε όλες τις χρονικές περιόδους μετρήσεων υψηλότερο ποσοστό χλωροφύλλης b από τα φύλλα των άλλων μεταχειρίσεων. Ανάμεσα στα φύλλα των άλλων μεταχειρίσεων δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές (Διάγρ. 9).



Διάγρ. 9. Μεταβολή της συγκέντρωσης χλωροφύλλης b, από τον Ιούνιο έως το Σεπτέμβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο).

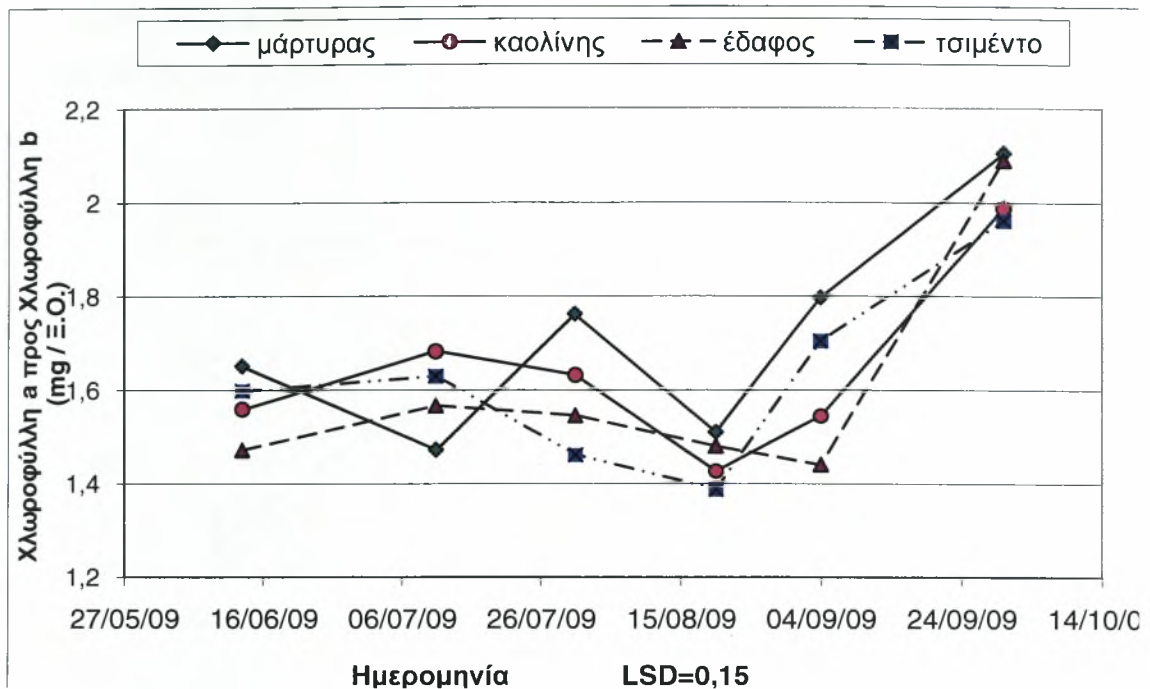
Η συγκέντρωση ολικής χλωροφύλλης ήταν σε αρκετά υψηλά επίπεδα στα μέσα Ιουνίου σε όλες τις μεταχειρίσεις των δέντρων ελιάς και παρέμεινε σταθερή έως και τα τέλη Σεπτεμβρίου, εκτός από το μάρτυρα που παρουσίασε μια σταδιακή μείωση έως τα μέσα Αυγούστου (Διάγρ. 10).



Διάγρ. 10. Μεταβολή της συγκέντρωσης ολικής χλωροφύλλης, από τον Ιούνιο έως το Σεπτέμβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο).

Τα φύλλα της μεταχείρισης με καολίνη είχαν στις περισσότερες χρονικές περιόδους μετρήσεων υψηλότερο ποσοστό ολικής χλωροφύλλης από τα φύλλα των άλλων μεταχειρίσεων αλλά ιδιαίτερα του μάρτυρα (Διάγρ. 10). Τα φύλλα των μεταχειρίσεων με κόνι τσιμέντου ή εδάφους είχαν παρόμοια συγκέντρωση ολικής χλωροφύλλης με τα φύλλα του μάρτυρα. δεν διέφεραν μεταξύ τους.

Η σχέση χλωροφύλλης a προς χλωροφύλλη b παρέμεινε σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του καλοκαιριού (Διάγρ. 11). Από τις αρχές έως τα τέλη Σεπτεμβρίου η σχέση χλωροφύλλης a προς χλωροφύλλη b αυξήθηκε σε όλες τις μεταχειρίσεις των δέντρων ελιάς.



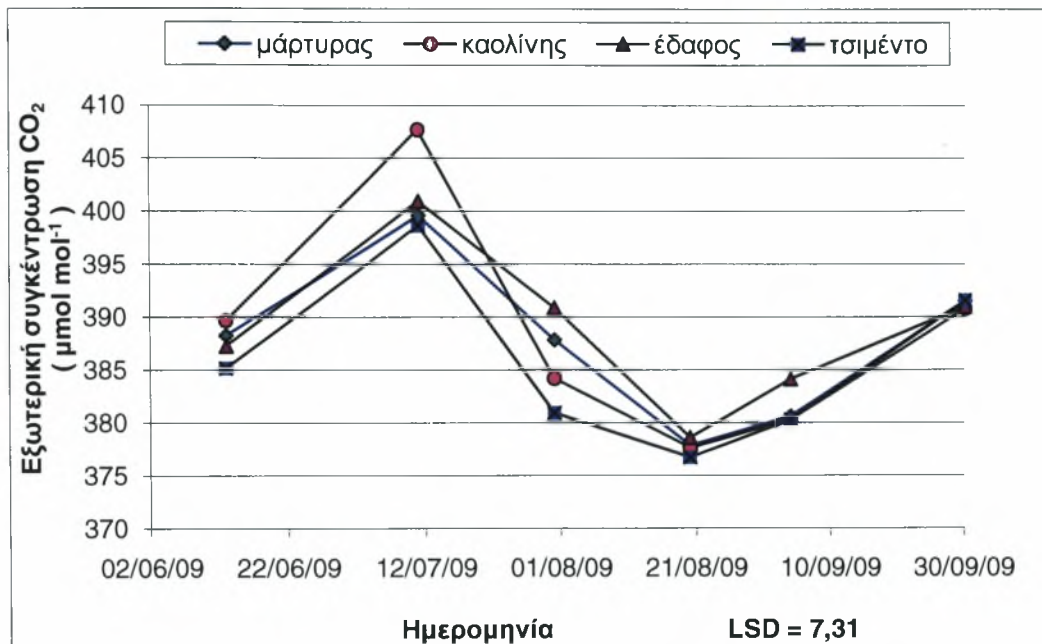
Διάγρ. 11. Μεταβολή της σχέσης χλωροφύλλης a προς χλωροφύλλη b, από τον Ιούνιο έως το Σεπτέμβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο).

Συνολικά, όλη την περίοδο του καλοκαιριού τα φύλλα των τεσσάρων μεταχειρίσεων είχαν παρόμοια τιμή σχέσης χλωροφύλλης a προς χλωροφύλλη b με ελάχιστες σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων χωρίς όμως κάποια ουσιαστική σταθερή διαφορά (Διάγρ. 11).

4.4. Φωτοσυνθετική λειτουργία φύλλων

Η εξωτερική συγκέντρωση CO₂ παρουσίασε αρκετές αυξομειώσεις καθ' όλη τη διάρκεια του καλοκαιριού καθώς έφτασε στα μέσα Ιουλίου σε αρκετά υψηλά επίπεδα σε όλες τις μεταχειρίσεις των δένδρων ελιάς, μειώθηκε αρκετά σημαντικά τους υπόλοιπους μήνες σημειώνοντας τον Αύγουστο τη χαμηλότερη τιμή, ενώ κατόπιν και έως τα τέλη Σεπτεμβρίου παρουσίασε αύξηση σε όλες τις μεταχειρίσεις των δένδρων ελιάς (Διάγρ. 12). Η εξωτερική συγκέντρωση CO₂ ήταν υψηλότερη έξω από τα φύλλα που δέχθηκαν καολίνη μόνο στα μέσα Ιουλίου συγκριτικά με τα φύλλα

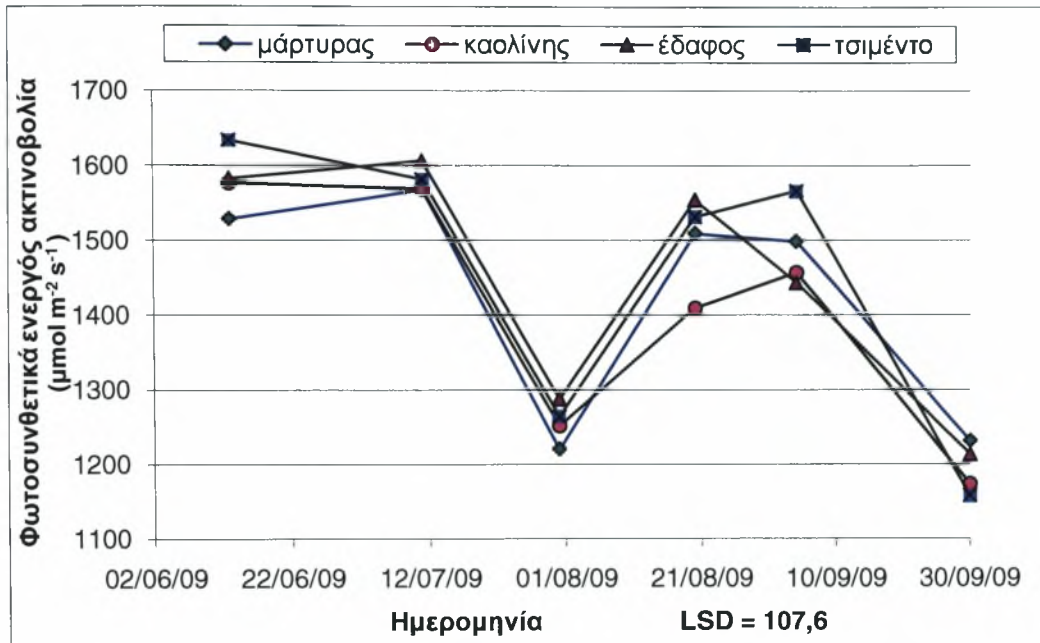
των άλλων μεταχειρίσεων, αλλιώς καμιά άλλη διαφορά δεν βρέθηκε μεταξύ των μεταχειρίσεων (Διάγρ. 12).



Διαγρ.12. Μεταβολή της εξωτερικής συγκέντρωσης CO₂, από τον Ιούνιο έως το Σεπτέμβριο, σε φύλλα ελιάς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο).

Η τιμή της φωτοσυνθετικά ενεργούς ακτινοβολίας ήταν σε υψηλά επίπεδα στα μέσα Ιουνίου έως τα μέσα Ιουλίου, ενώ κατά τα τέλη Ιουλίου η τιμή της παρουσίασε μια αρκετά σημαντική μείωση σε όλες τις μεταχειρίσεις των δένδρων ελιάς (Διάγρ. 13). Αυτό οφείλεται στην ελαφρά συννεφιά λόγω υγρασίας στην ατμόσφαιρα τη συγκεκριμένη ημέρα. Η τιμή της φωτοσυνθετικά ενεργούς ακτινοβολίας ήταν πολύ υψηλή ξανά τον Αύγουστο, ενώ στα τέλη Σεπτεμβρίου μειώθηκε σημαντικά σε όλες τις μεταχειρίσεις των δένδρων ελιάς φτάνοντας στα 1200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ λόγω της Φθινοπωρινής αύξησης της γωνίας πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών στη γη. Η ανωτέρω τιμή της φωτοσυνθετικά ενεργούς ακτινοβολίας θεωρείται ολίγο πάνω από το σημείο κορεσμού των φύλλων της ελιάς για μέγιστη φωτοσύνθεση.

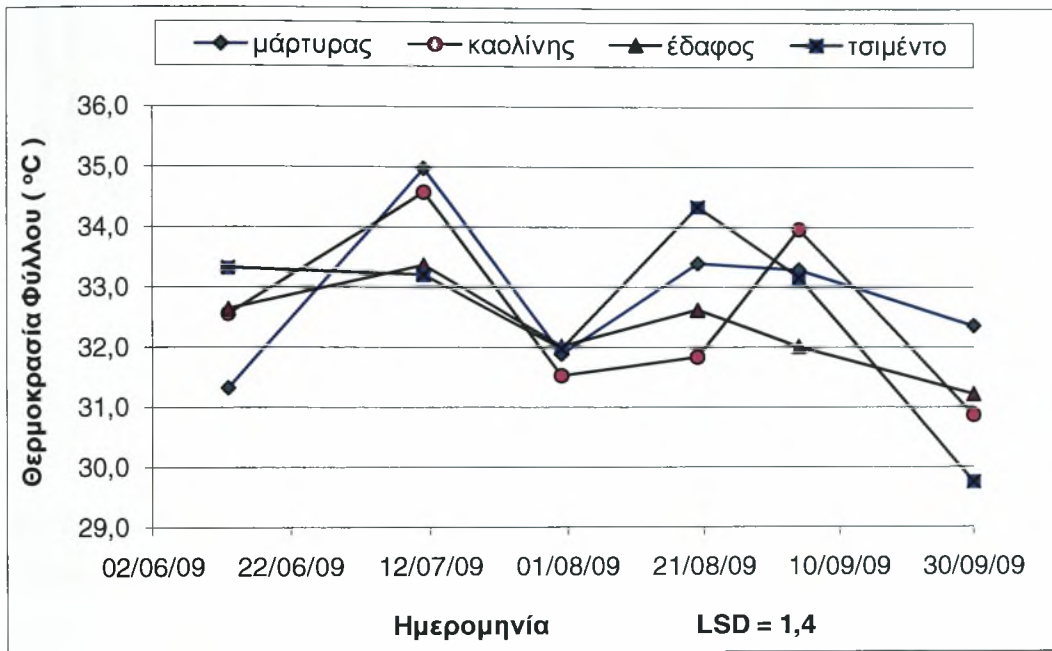
Ελάχιστες διαφορές βρέθηκαν στην προσπίπτουσα φωτοσυνθετικά ενεργό ακτινοβολία στα φύλλα των τεσσάρων μεταχειρίσεων (Διάγρ. 13).



Διαγρ.13. Μεταβολή της φωτοσυνθετικά ενεργού ακτινοβολίας, από τον Ιούνιο έως το Σεπτέμβριο, σε φύλλα ελιάς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο).

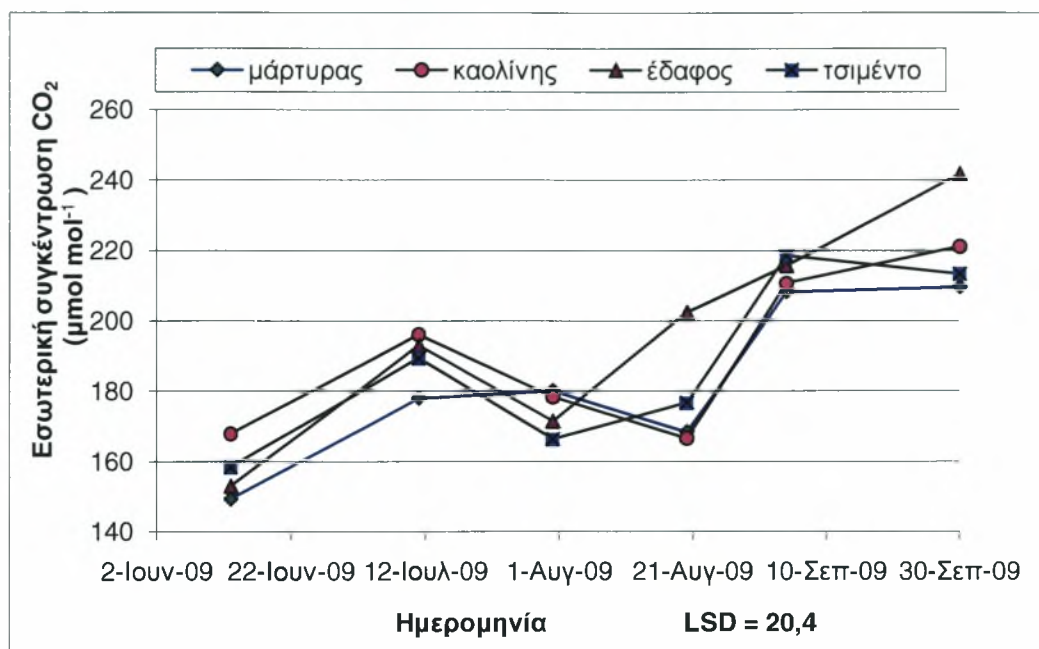
Η θερμοκρασία φύλλου παρουσίασε τη μέγιστη τιμή στις μεταχειρίσεις του καολίνη και του μάρτυρα στις αρχές Ιουλίου, παρέμεινε ουσιαστικά σταθερή έως και τις αρχές Σεπτεμβρίου για να μειωθεί στις μεταχειρίσεις με κόνις στα τέλη Σεπτεμβρίου (Διάγρ. 14). Οι θερμοκρασίες διατηρήθηκαν πάνω από 31 C σε όλη την περίοδο του καλοκαιρού έως και το Σεπτέμβριο τις συγκεκριμένες πρωινές ώρες (09:00-12:00), ώστε να μπορούμε να πούμε ότι τα φύλλα βρίσκονταν συνεχώς σε θερμοκρασιακή καταπόνηση, είχαν συνεχώς μεγάλη ανάγκη για αρδευτικό νερό και ο καθαρός ρυθμός φωτοσύνθεσης θα ήταν κάπως μειωμένος. Ακόμα πρέπει να τονίσουμε ότι τα φύλλα που ήταν ψεκασμένα με καολίνη βρέθηκαν να έχουν παρόμοια θερμοκρασία φύλλου με τα φύλλα του μάρτυρα και των άλλων

μεταχειρίσεων και δεν βρέθηκαν άλλες ουσιαστικές διαφορές στη θερμοκρασία φύλλου μεταξύ των μεταχειρίσεων (Διάγρ. 14).



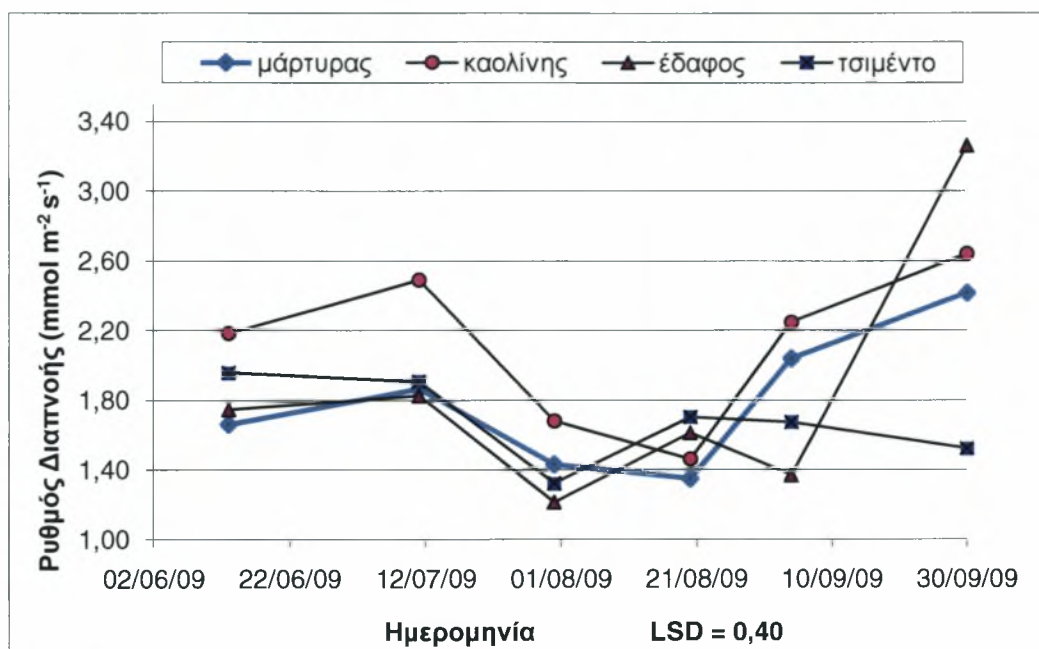
Διάγρ. 14. Μεταβολή της θερμοκρασίας φύλλου, από τον Ιούνιο έως το Σεπτέμβριο, σε φύλλα ελιάς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο).

Η εσωτερική συγκέντρωση CO₂ αυξήθηκε σταδιακά από τα μέσα Ιουλίου έως τα τέλη Σεπτεμβρίου σε όλες τις μεταχειρίσεις των δέντρων ελιάς (Διάγρ. 15). Τα φύλλα που δέχθηκαν κόνι είχαν υψηλότερη εσωτερική συγκέντρωση CO₂ στο φύλλο από τα φύλλα των δέντρων των υπόλοιπων μεταχειρίσεων στα τέλη Αυγούστου και τέλη Σεπτεμβρίου χωρίς άλλες διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων (Διάγρ. 15).



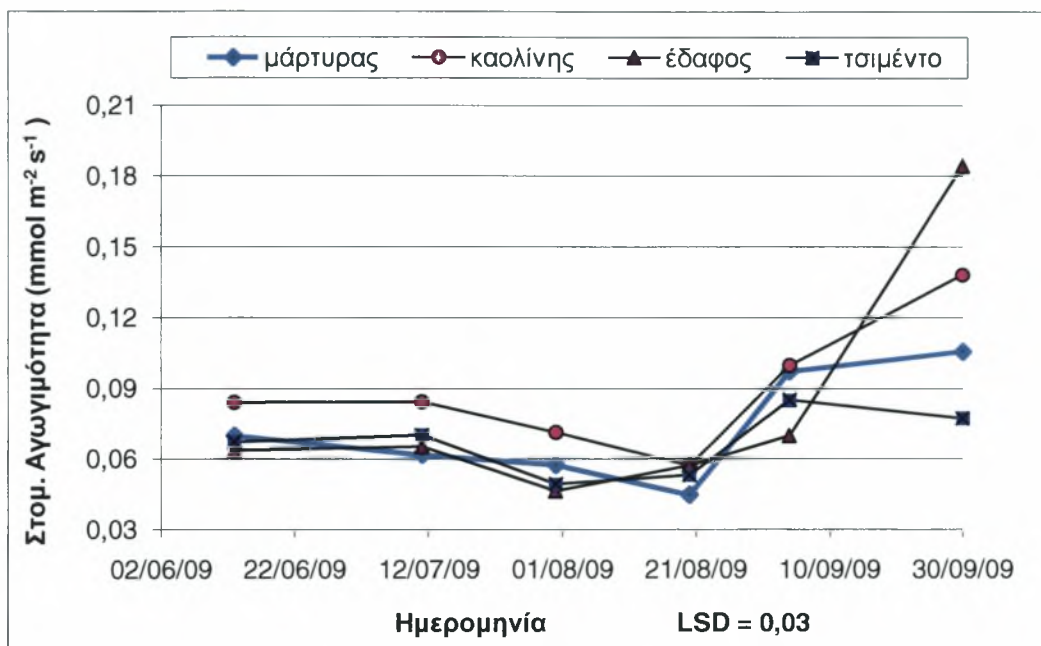
Διάγρ. 15. Μεταβολή της εσωτερικής συγκέντρωσης CO₂, από τον Ιούνιο έως το Σεπτέμβριο, σε φύλλα ελιάς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο).

Ο ρυθμός διαπνοής παρουσίασε μια μείωση από τα τέλη Ιουλίου έως τα τέλη Αυγούστου λόγω των θερινών υψηλών θερμοκρασιών και αυξήθηκε ξανά σημαντικά με τις βροχοπτώσεις του Σεπτεμβρίου και τη μείωση των θερμοκρασιών αέρα (Διάγρ. 16). Τα φύλλα των δένδρων ελιάς που ψεκάστηκαν με καολίνη είχαν υψηλότερο ρυθμό διαπνοής από τα φύλλα των δένδρων των άλλων μεταχειρίσεων νωρίς το καλοκαίρι (Διάγρ. 16). Από τα τέλη Ιουλίου μέχρι τα τέλη Αυγούστου όλες οι μεταχειρίσεις είχαν παρόμοιο ρυθμό διαπνοής. Με τις βροχοπτώσεις του Σεπτεμβρίου και τη μείωση της θερμοκρασιακής καταπόνησης, τα φύλλα των μεταχειρίσεων του μάρτυρα και του καολίνης είχαν ταχύ ρυθμό διαπνοής, τα φύλλα με κόνι εδάφους πολύ ταχύ, ενώ τα φύλλα με κόνι τσιμέντου είχαν σταθερά το χαμηλότερο ρυθμό διαπνοής έως το τέλος των μετρήσεων και παρόμοιο με αυτό στα τέλη Αυγούστου.



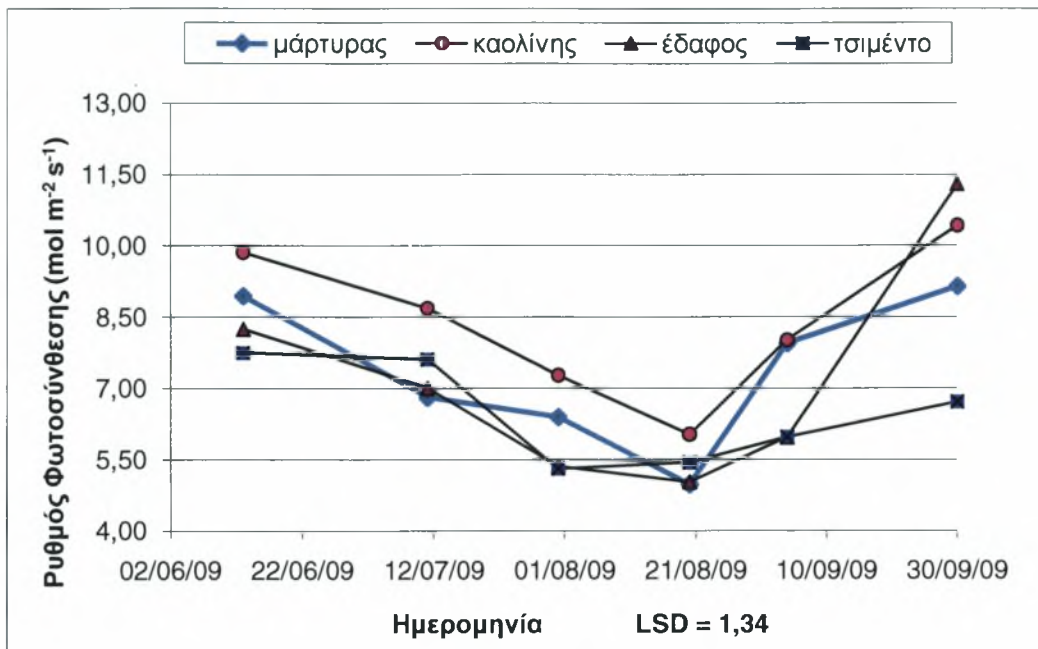
Διάγρ. 16. Μεταβολή του ρυθμού διαπνοής, από τον Ιούνιο έως το Σεπτέμβριο, σε φύλλα ελιάς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο).

Η στοματική αγωγιμότητα των φύλλων των δένδρων ελιάς παρέμεινε σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του καλοκαιριού με ελάχιστη τιμή αργά τον Αύγουστο, ενώ το Σεπτέμβριο αυξήθηκε σημαντικά σε όλες τις μεταχειρίσεις (Διάγρ. 17). Η στοματική αγωγιμότητα των φύλλων των δένδρων ελιάς που δέχθηκαν καολίνη είχε υψηλότερη τιμή στοματικής αγωγιμότητας από τα φύλλα των δένδρων που δέχθηκαν κόνι εδάφους ή τσιμέντου και συχνά από τα φύλλα των δένδρων του μάρτυρα (Διάγρ. 17). Αργά το Σεπτέμβριο τα φύλλα με κόνι εδάφους είχαν ξεπλυθεί και παρουσίασαν το ταχύτερο ρυθμό στοματικής αγωγιμότητας, κατόπιν έρχονταν τα φύλλα με καολίνη, σημαντικά χαμηλότερο ρυθμό είχαν τα φύλλα του μάρτυρα και το χαμηλότερο ρυθμό είχαν τα φύλλα με κόνι τσιμέντου που παρέμενε και δεν είχε ξεπλυθεί με τις εαρινές βροχοπτώσεις.



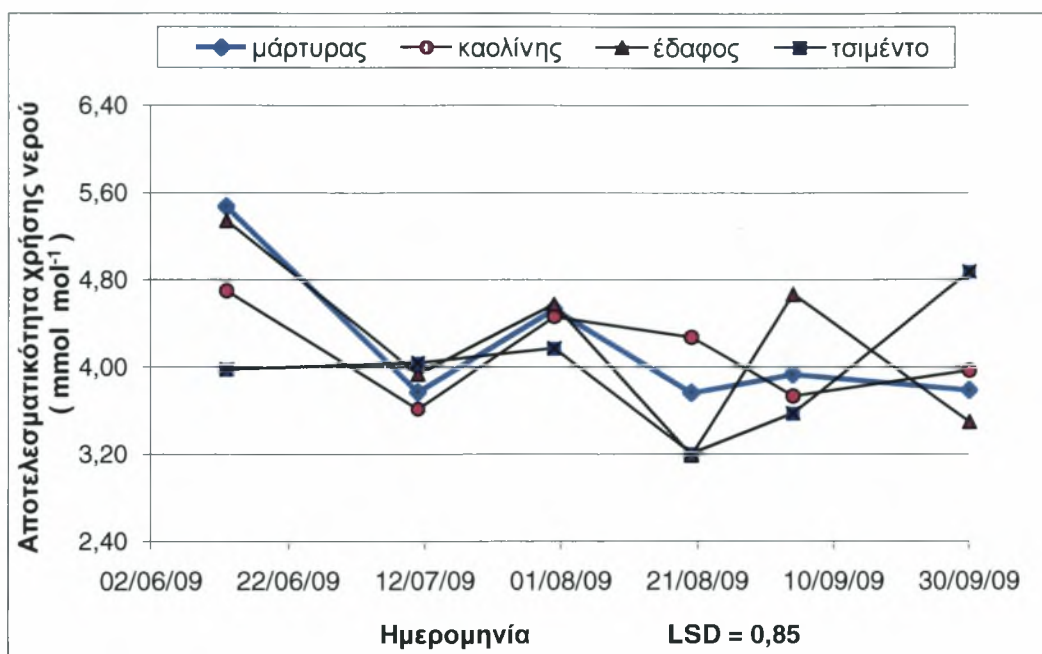
Διάγρ. 17. Μεταβολή της στοματικής αγωγιμότητας, από τον Ιούνιο έως το Σεπτέμβριο, σε φύλλα ελιάς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο).

Ο ρυθμός καθαρής φωτοσύνθεσης των φύλλων μειώθηκε σταδιακά κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού σε όλες τις μεταχειρίσεις των δένδρων ελιάς έως τα τέλη Αυγούστου όταν και έφτασε σε πολύ χαμηλά επίπεδα, ενώ παρουσίασε μια πολύ σημαντική αύξηση κατά το Σεπτέμβριο στα φύλλα όλων των μεταχειρίσεων πλην της κόνεως τσιμέντου όπου ο ρυθμός καθαρής φωτοσύνθεσης αυξήθηκε ελάχιστα μόνο (Διάγρ. 18). Ο ρυθμός φωτοσύνθεσης των φύλλων των δένδρων που δέχθηκαν καολίνη ήταν υψηλότερος από αυτόν στα φύλλα των άλλων μεταχειρίσεων σχεδόν στο σύνολο των μετρήσεων όλης της περιόδου (Διάγρ. 18). Τα φύλλα με κόνις εδάφους και τσιμέντου είχαν χαμηλότερο ρυθμό φωτοσύνθεσης από το μάρτυρα αρκετές χρονικές στιγμές αλλά, με το ξέπλυμα των φύλλων από την κόνι εδάφους το Σεπτέμβριο, αυτά τα φύλλα αύξησαν το ρυθμό καθαρής φωτοσύνθεσης τους σε επίπεδα υψηλότερα από τα φύλλα του μάρτυρα και πολύ υψηλότερα από τα φύλλα με κόνι τσιμέντου.



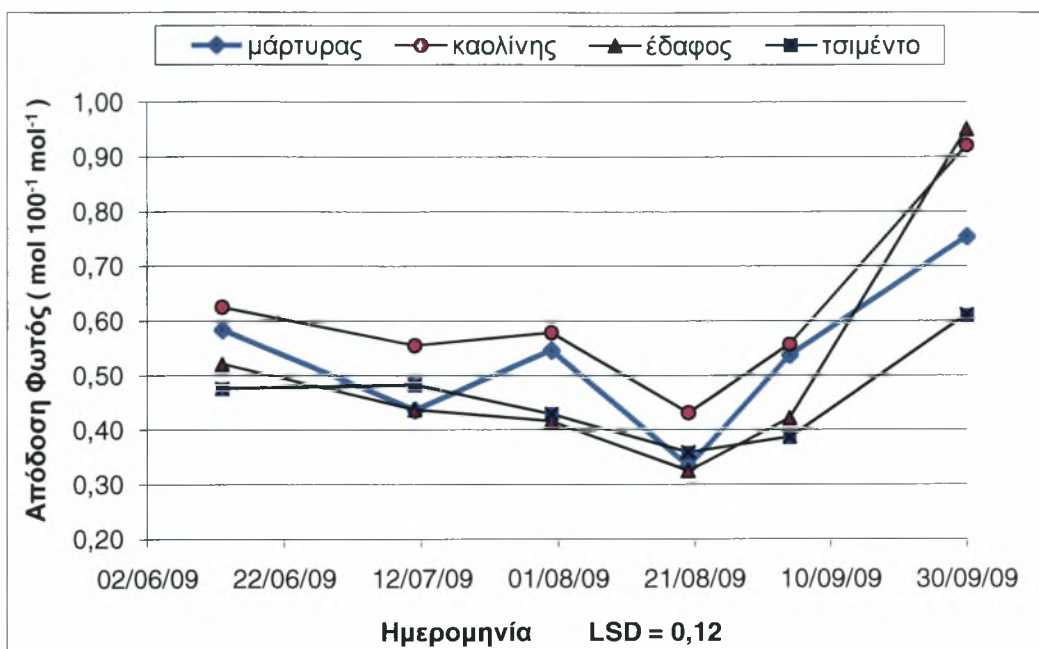
Διάγρ. 18. Μεταβολή του ρυθμού φωτοσύνθεσης, από τον Ιούνιο έως το Σεπτέμβριο, σε φύλλα ελιάς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο).

Η αποδοτικότητα χρήσης νερού παρουσίασε αρκετές αυξομειώσεις κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού σε όλες τις μεταχειρίσεις των δένδρων ελιάς, σημειώνοντας τη μεγαλύτερη τιμή κατά τα τέλη Ιουλίου, ενώ τη μικρότερη κατά τα τέλη Αυγούστου (Διάγρ. 19). Αυτές οι αυξομειώσεις μπορεί να σχετίζονται με τη διαφορετική ευαισθησία των ρυθμών της διαπνοής και της φωτοσύνθεσης στη θερμοκρασιακή και υδατική θερινή καταπόνηση. Δεν βρέθηκαν ουσιαστικές διαφορές στην αποδοτικότητα χρήσης νερού μεταξύ των μεταχειρίσεων λόγω και αυτών των έντονων διακυμάνσεων στα αποτελέσματα.



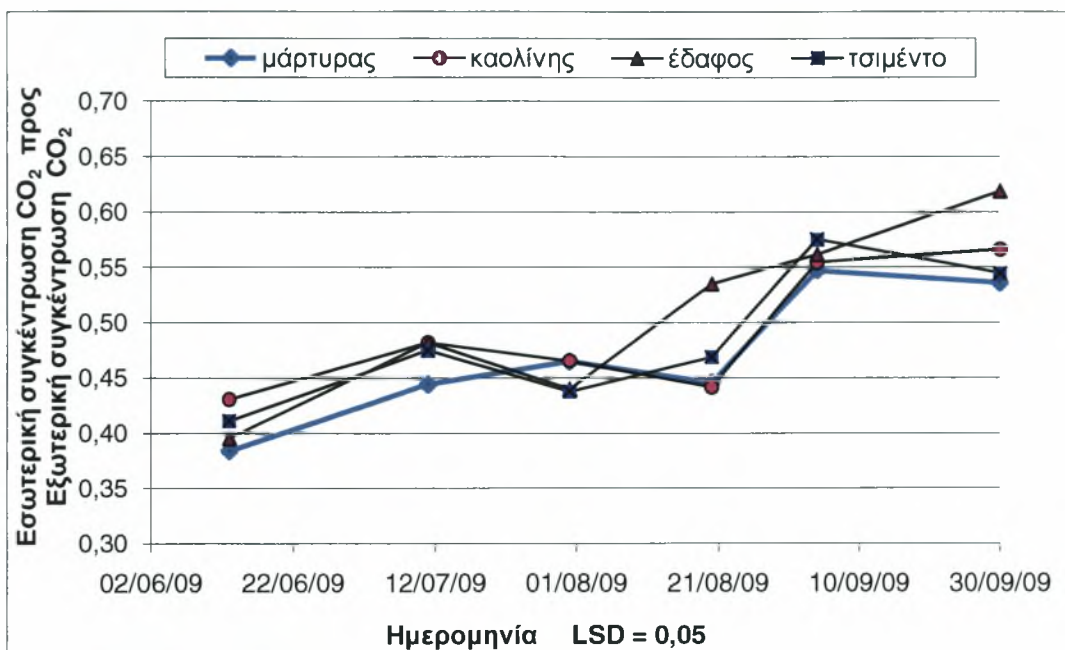
Διάγρ. 19. Μεταβολή της αποτελεσματικότητας χρήσης νερού, από τον Ιούνιο έως το Σεπτέμβριο, σε φύλλα ελιάς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο).

Η αποδοτικότητα φωτός παρέμεινε στα ίδια επίπεδα από τις αρχές Ιουνίου έως τα τέλη Αυγούστου όταν μειώθηκε αρκετά σημαντικά, ενώ κατόπιν και έως τα τέλη Σεπτεμβρίου παρουσίασε αύξηση σε όλες τις μεταχειρίσεις των δένδρων ελιάς και ιδιαίτερα στα φύλλα με καολίνη και κόνι εδάφους (Διάγρ. 20). Τα φύλλα των δένδρων ελιάς που ψεκάστηκαν με καολίνη είχαν υψηλότερες τιμές αποδοτικότητας φωτός από τα φύλλα των δένδρων που αναπτύχθηκαν παρουσία κόνεως εδάφους και τσιμέντου και τις περισσότερες φορές από τα φύλλα του μάρτυρα (Διάγρ. 20). Ακόμα, τα φύλλα με κόνις εδάφους ή τσιμέντου σε μερικές χρονικές στιγμές είχαν χαμηλότερη αποδοτικότητα φωτός από το μάρτυρα πλην των φύλλων με κόνι εδάφους αργά το Σεπτέμβριο, όταν είχαν σημαντικά υψηλότερη αποδοτικότητα φωτός από τα φύλλα του μάρτυρα.



Διάγρ. 20. Μεταβολή της απόδοσης φωτός, από τον Ιούνιο έως το Σεπτέμβριο, σε φύλλα ελιάς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο).

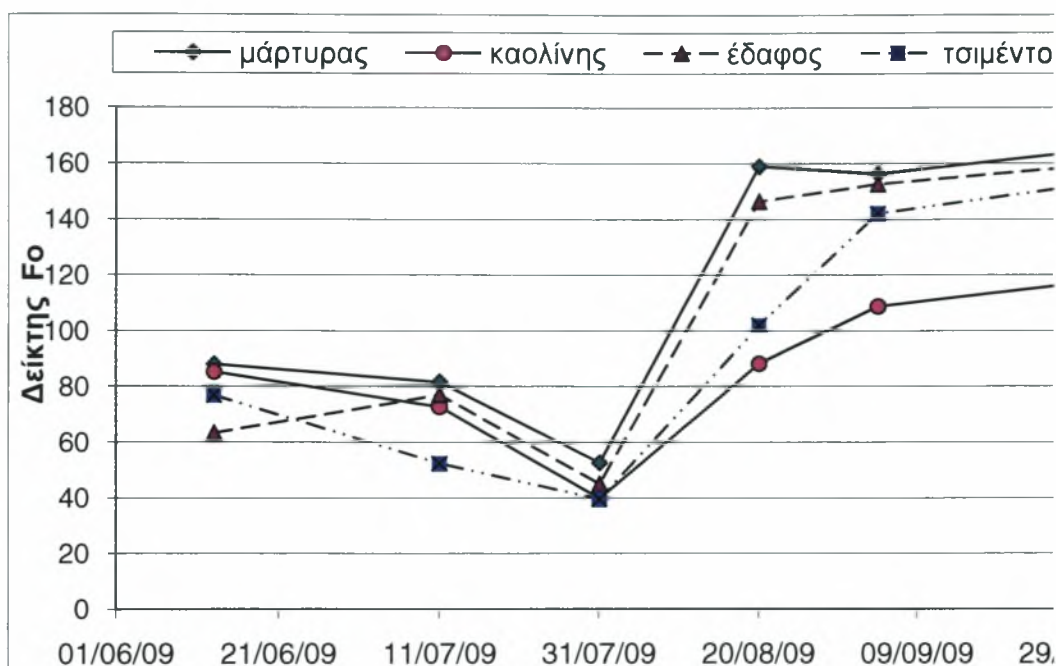
Η σχέση εσωτερικής συγκέντρωσης CO₂ προς εξωτερική συγκέντρωση CO₂ αυξήθηκε σταδιακά κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού φτάνοντας στα τέλη Σεπτεμβρίου στην υψηλότερη τιμή μεταξύ 0,5 και 0,6 χωρίς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων (Διάγρ. 21).



Διαγρ. 21. Μεταβολή της εσωτερικής συγκέντρωσης CO₂ ως προς την εξωτερική συγκέντρωση CO₂, από τον Ιούνιο έως το Σεπτέμβριο, σε φύλλα ελιάς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο).

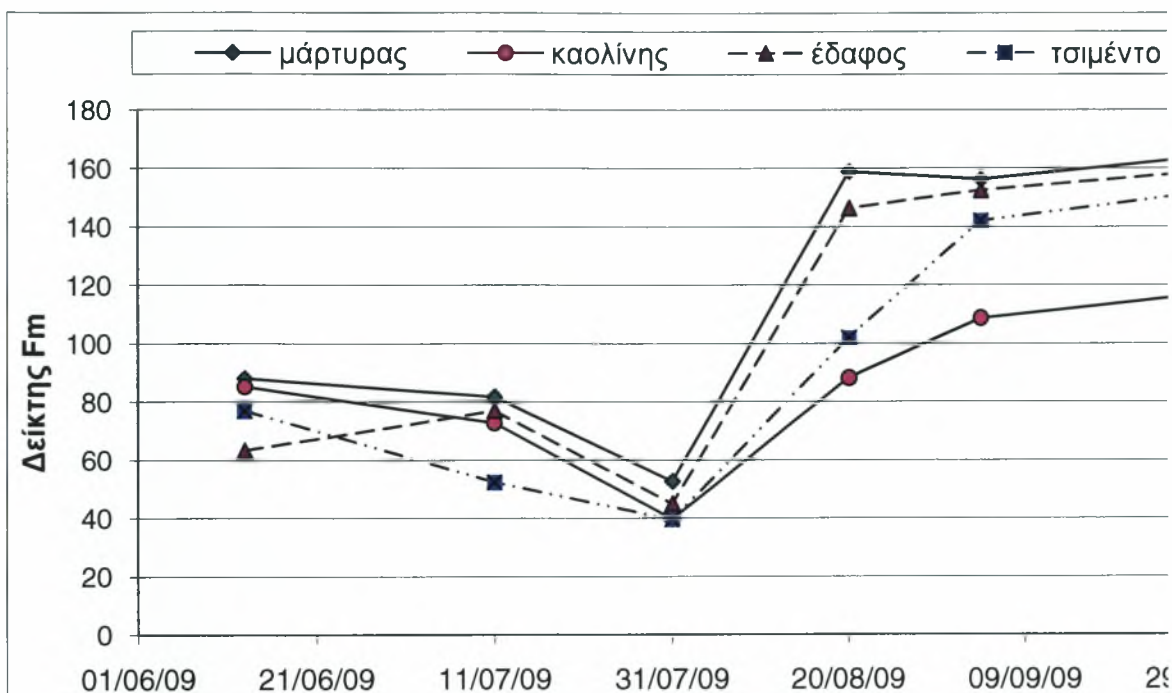
4.5. Φθορισμός χλωροφύλλης φύλλων

Από τις μετρήσεις φθορισμού χλωροφύλλης, η τιμή F₀ διατηρήθηκε σταθερή έως τα τέλη Ιουλίου και αυξήθηκε σημαντικά από τα τέλη Αυγούστου παραμένοντας στις υψηλές αυτές τιμές έως και τα τέλη Σεπτεμβρίου (Διάγρ. 22). Η τιμή F₀ ήταν υψηλότερη στα φύλλα των δένδρων του μάρτυρα συγκριτικά με τα φύλλα των δένδρων που δέχθηκαν κόνις τσιμέντου ή ψεκάστηκαν με καολίνη, ενώ τα φύλλα με κόνις εδάφους είχαν παρόμοια τιμή F₀ με τα φύλλα του μάρτυρα (Διάγρ. 22). Από τα τέλη Αυγούστου οι ανωτέρω διαφορές έγιναν έντονες και τα φύλλα με καολίνη είχαν τη μικρότερη τιμή F₀.



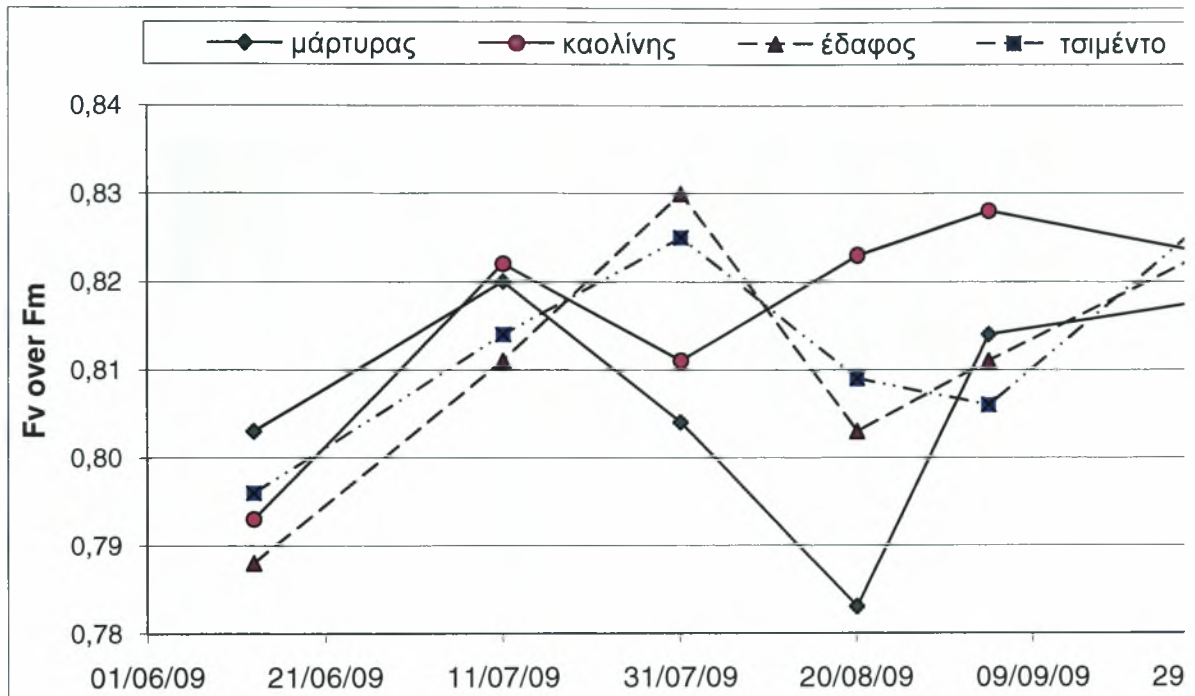
Διάγρ. 22. Μεταβολή του δείκτη Fo, από τον Ιούνιο έως το Σεπτέμβριο, σε φύλλα ελιάς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο).

Η τιμή Fm παρέμεινε σταθερή από τα μέσα Ιουνίου έως τα μέσα Ιουλίου, ενώ παρουσίασε μια αρκετά σημαντική μείωση κατά τα τέλη Ιουλίου σε όλες τις μεταχειρίσεις των δένδρων ελιάς (Διάγρ. 23). Ακολούθησε μια σημαντική αύξηση της τιμής Fm από τα τέλη Αυγούστου και παρέμεινε σταθερά υψηλή έως τα τέλη Σεπτεμβρίου. Τα φύλλα του μάρτυρα είχαν τις υψηλότερες τιμές Fm ιδιαίτερα από τα τέλη Αυγούστου με ελάχιστη διαφορά από τα φύλλα με κόνι εδάφους (Διάγρ. 23). Τα φύλλα με καολίνη είχαν αρχικά ελάχιστα χαμηλότερη τιμή Fm από τα φύλλα του μάρτυρα, αλλά από τα τέλη Αυγούστου τα φύλλα με καολίνη είχαν πολύ πιο χαμηλές τιμές από το μάρτυρα και τις άλλες μεταχειρίσεις. Παρόμοια τα φύλλα με κόνι τσιμέντου είχαν χαμηλότερη τιμή Fm από τα φύλλα του μάρτυρα μέχρι τα τέλη Ιουλίου και παρέμειναν έτσι έως τα τέλη Σεπτεμβρίου.



Διάγρ. 23. Μεταβολή του δείκτη Fm, από τον Ιούνιο έως το Σεπτέμβριο, σε φύλλα ελιάς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο).

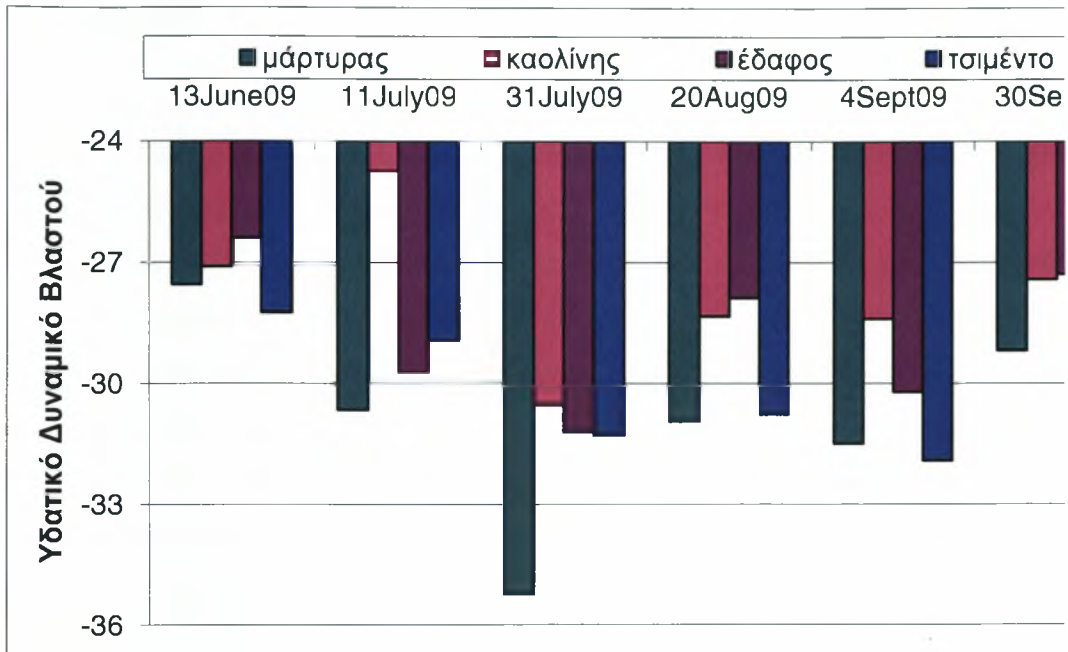
Ο λόγος F_v/F_m πρέπει να έχει τιμές από τη περιοχή του 0,8 και κάτω. Όσο μειώνεται (και απομακρύνεται από το 0,8) σημαίνει ότι το φυτό είναι καταπονημένο. Εδώ βρήκαμε τιμές πολύ κοντά στο 0,8 ενώ από τις υπόλοιπες μετρήσεις φυσιολογίας στην παρούσα εργασία βρέθηκε ότι τα φυτά των περισσότερων μεταχειρίσεων ήταν καταπονημένα και οι ρυθμοί λειτουργίας του φυσιολογικού μηχανισμού των φύλλων ήταν μειωμένοι. Ο λόγος F_v/F_m είχε ελαφρές διακυμάνσεις με το χρόνο και λόγω των μεταχειρίσεων αλλά δεν βρέθηκε ουσιαστική αλλαγή με το χρόνο μετρήσεων και με τις μεταχειρίσεις (Διάγρ. 24).



Διαγρ. 24. Μεταβολή του F_v over F_m , από τον Ιούνιο έως το Σεπτέμβριο, σε φύλλα ελιάς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο).

4.6. Υδατικό δυναμικό βλαστού τις μεσημβρινές ώρες

Το υδατικό δυναμικό βλαστού (midday stem water potential) όσο γίνεται πιο αρνητικό, τόσο πιο καταπονημένο είναι το φυτό. Έτσι το υδατικό δυναμικό έγινε σταδιακά πιο αρνητικό έως και τα τέλη Ιουλίου, βελτιώθηκε μερικώς αργότερα και έφτασε στις μεγαλύτερες τιμές (λιγότερο αρνητικές) τα τέλη Σεπτεμβρίου (Διάγρ. 25). Οι πιο αρνητικές τιμές βρέθηκαν στο μάρτυρα, άρα μπορούμε να πούμε ότι, ιδιαίτερα οι μεταχειρίσεις του καολίνη και μερικώς της κόνεως εδάφους είχαν λιγότερη καταπόνηση βάσει των υψηλότερων τιμών του υδατικού δυναμικού. Τα δέντρα με κόνι τσιμέντου είχαν παρόμοιες τιμές υδατικού δυναμικού με τα δέντρα του μάρτυρα.



Διαγρ. 25. Μεταβολή του υδατικού δυναμικού βλαστού, από τον Ιούνιο έως το Σεπτέμβριο, σε φύλλα ελιάς που περιοδικά ψεκάζτηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο).

5.ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Από τις μετρήσεις χρώματος με το χρωματόμετρο θέλαμε να βρούμε ένα τρόπο άμεσης μέτρησης της υπάρχουσας σκόνης πάνω στα φύλλα. Από τις βασικές παραμέτρους του χρωματόμετρου έγινε σαφές ότι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν πρακτικά. Παρόλο που επιλέξαμε πάντα φύλλα με σκόνη, καθώς αυτή διασκορπίζεται πάνω στα φύλλα δημιουργεί τελικά ένα τελικό αποτέλεσμα που δεν μετριέται εύκολα από το χρωματόμετρο. Να τονιστεί βέβαια ότι και τα φύλλα της ελιάς είναι μικρά σε μέγεθος και δεν είναι δυνατόν να στοχευθεί από το όργανο μόνο το έλασμα αλλά όλη η επιφάνεια περισσότερων του ενός φύλλων. Πάντως και οι τρεις κόνεις έκαναν τα φύλλα πιο φωτεινά από τα φύλλα του μάρτυρα και το έδαφος έδωσε τα λιγότερο πράσινα και πιο φωτεινά φύλλα. Οι υπολογισμένες παράμετροι χρώματος C* και hue έδειξαν ότι τα φύλλα που έχουν ψεκασθεί με καολίνη μπορούν ξεκάθαρα να διαφοροποιηθούν από τα φύλλα των άλλων μεταχειρίσεων. Αυτές οι παράμετροι έδειξαν ότι τα ψεκασμένα με καολίνη φύλλα ήταν λιγότερο έντονα και ‘καθαρά’ πράσινα ακόμα και από τα φύλλα που ήταν σκονισμένα με τσιμέντο. Και αυτό σε συνδυασμό με την υψηλότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης στα φύλλα ψεκασμένα με καολίνη!

Το ποσοστό ξηράς ουσίας των φύλλων παρουσίασε σημαντικές αυξομειώσεις κατά τη διάρκεια των μετρήσεων όλο το καλοκαίρι. Αυτό φυσικά δεν είναι αναμενόμενο αλλά μπορεί να οφείλεται στη δειγματοληψία των φύλλων και τη μέτρηση της ξηράς ουσίας. Σε συνδυασμό με το υπολογισμένο ειδικό βάρος, οι δύο αυτές παράμετροι έδειξαν περίεργη συμπεριφορά που μπορεί μεν να οφείλεται στον τρόπο δειγματοληψίας και μετρήσεως τους αλλά μπορεί να οφείλεται σε ουσιαστικές αλλαγές που υπάρχουν στα φύλλα λόγω της ύπαρξης των κόνεων καθώς στα φύλλα του μάρτυρα οι δύο παράμετροι μεταβλήθηκαν παράλληλα και αναμενόμενα κατά τη θερινή περίοδο. Ας σημειωθεί ξανά ότι οι κόνεις αφαιρούνταν από τα φύλλα, όσο αυτό ήταν μακροσκοπικά δυνατό, και δεν αναμένονταν να επηρεάσουν τις παραμέτρους % ξηράς ουσίας και ειδικό βάρος φύλλων. Σε κανένα δημοσίευμα σχετικό με τα χαρακτηριστικά των φύλλων που έχουν δεχθεί κόνεις δεν βρέθηκαν να έχουν μετρηθεί και οι δύο ανωτέρω παράμετροι.

Οι μεταβολές της συγκέντρωσης χλωροφύλλης λόγω της θερινής περιόδου και αντίστοιχης θερμοκρασιακής καταπόνησης σε συνδυασμό με το περιορισμένο εδαφικό νερό το καλοκαίρι αλλά και λόγω των μεταχειρίσεων είναι ένας δείκτης της δυνατότητας παραγωγής υδατανθράκων από τα φύλλα. Όταν η καταπόνηση αυξάνεται, τα στομάτια κλείνουν και σταδιακά μειώνεται η περιεχόμενη χλωροφύλλη. Βέβαια η ελιά έχει βρεθεί να παρουσιάζει μια μείωση της συγκέντρωσης χλωροφύλλης μέσα στο καλοκαίρι λόγω της θερμοκρασιακής καταπόνησης (Hadjidimitriou and Pontikis, 2005) αλλά παρουσιάζει και μια συστροφή στο φύλλο ώστε να παρουσιάζεται περισσότερο γκρι μακροσκοπικά, κίνηση που βοηθά στη μείωση της διαπνοής και καταπόνησης του φύλλου αλλά επηρεάζει αρνητικά την παραγωγικότητα του και ολόκληρου του δέντρου. Βέβαια τα δέντρα μας ήταν αρδευόμενα αλλά με υψηλής αγωγιμότητας νερό λόγω αλατότητας και κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού αυτό δεν ήταν δυνατό να παρεμποδίσει την καταπόνηση από τις υψηλές θερμοκρασίες. Στο πείραμά μας δεν βρέθηκε ουσιαστική αλλαγή με το χρόνο κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης *a* και της συνολικής χλωροφύλλης, αλλά βρέθηκε μια μείωση της χλωροφύλλης *b* το Σεπτέμβριο. Αυτό σημαίνει ότι η συγκέντρωση χλωροφύλλης δεν επηρεάστηκε από τη θερινή καταπόνηση και μόνο όταν οι βροχές του Σεπτεμβρίου μείωσαν την καταπόνηση, βρέθηκε μια μείωση της συγκέντρωσης χλωροφύλλης λόγω πιθανόν περιορισμού της ζήτησης από τους καταναλωτές, δηλ. τη βλάστηση και τους καρπούς.

Τα φύλλα που είχαν καλυφθεί με καολίνη είχαν σχεδόν πάντα την υψηλότερη συγκέντρωση χλωροφυλλών που σημαίνει ότι η θερμοκρασιακή καταπόνηση μειώνει τη συγκέντρωση των χλωροφυλλών (που ήταν εμφανές στο μάρτυρα και στα σκονισμένα με έδαφος ή τσιμέντο φύλλα), ενώ ο καολίνης βοήθησε σημαντικά στη μείωση αυτής της καταπόνησης διατηρώντας υψηλότερη συγκέντρωση χλωροφυλλών και εντονότερη λειτουργία βάσει των μετρήσεων της στοματικής αγωγιμότητας, διαπνοής και φωτοσύνθεσης.

Σε καμία περίπτωση δεν φαίνεται η ύπαρξη των κόνεων πάνω στα φύλλα να προκαλεί σημαντικές αλλαγές στη λειτουργία αυτών λόγω της σκίασης καθώς η συγκέντρωση της χλωροφύλλης *b* δεν αυξήθηκε και η συγκέντρωση της χλωροφύλλης *a* δεν μειώθηκε σημαντικά και επομένως η σχέση χλωρ *a* / χλωρ *b* να

μειωθεί σημαντικά, όπως θα αναμένονταν σε φύλλα στη σκιά. Βρέθηκε βέβαια με μερική μείωση της ανωτέρω σχέσης των δύο χλωροφυλλών που πιθανόν να υποδηλώνει μερική μόνο μείωση του διερχόμενου φωτός μέσα από την κόνη και επομένως προσπίπτει πάνω στο φωτοσυνθετικό παρέγχυμα των φύλλων. Τέλος, η σημαντική μείωση της συγκέντρωσης χλωροφύλλης στις 31 Ιουλίου στα φύλλα που σκονίστηκαν με έδαφος είναι τεχνητή και οφείλεται στη μείωση του ποσοστού ξηράς ουσίας που παρατηρήθηκε στα ανωτέρω φύλλα.

Η μειωμένη φωτοσυνθετικά ενεργός ακτινοβολία που βρέθηκε στις 31 Ιουλίου οφείλεται σε κλιματικές συνθήκες κατά τις μετρήσεις καθώς υπήρχε αυξημένη υγρασία στην ατμόσφαιρα που μείωσε μεν την προσπίπτουσα ακτινοβολία αλλά επηρέασε και τη θερμοκρασία φύλλου, κάνοντας την πιο χαμηλή. Αυτές οι αλλαγές προκάλεσαν μείωση της διαπνοής των φύλλων χωρίς να επηρεάζεται ουσιαστικά η φωτοσυνθετική ικανότητά τους καθώς η ακτινοβολία παρέμεινε σε υψηλά επίπεδα (πάνω από 1200 μονάδες), όταν το σημείο κορεσμού των φύλλων βρίσκεται περίπου στις 800 μονάδες. Μείωση της φωτοσυνθετικά ενεργούς ακτινοβολίας βρήκαμε και τα τέλη Σεπτεμβρίου αλλά αυτό οφείλεται στην αυξημένη γωνία πρόσπτωσης του ηλιακού φωτός στη γη λόγω της εποχής.

Μείωση των λειτουργιών των φύλλων βρέθηκε στις 20 Αυγούστου, όταν και είχαμε την εντονότερη καταπόνηση από την παρατεταμένη θερμή περίοδο του καλοκαιριού. Εδώ οι οποιεσδήποτε διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ελαχιστοποιήθηκαν, δηλ. ουσιαστικά και τα φύλλα ψεκασμένα με καολίνη που παρουσίασαν τη μικρότερη καταπόνηση είχαν μειωμένους ρυθμούς διαπνοής και φωτοσύνθεσης.

Οι μετρήσεις φθορισμού χλωροφύλλης έδειξαν μια περίεργη συμπεριφορά. Εδώ οι τιμές των F_0 και F_m αυξάνονται όσο αυξάνεται η καταπόνηση. Αυτό πράγματι βρέθηκε στις περισσότερες φορές καθώς στις 31 Ιουλίου η καταπόνηση ήταν ελάχιστη και φυσικά οι τιμές των ανωτέρω παραμέτρων φθορισμού χλωροφύλλης ήταν χαμηλές. Από την άλλη μεριά, οι τιμές των εν λόγω παραμέτρων αυξήθηκαν τις 20 Αυγούστου λόγω της έντονης καταπόνησης, αλλά, παρά τη μείωση της καταπόνησης το Σεπτέμβριο με τις βροχές και το ξέπλυμα της κόνεως εδάφους, αλλά και σε όλες τις μεταχειρίσεις, οι τιμές των δύο παραμέτρων συνέχισαν να είναι υψηλές και μερικώς αυξήθηκαν περαιτέρω. Αντίθετα σε όλα αυτά, ο καλύτερος

δείκτης καταπόνησης των φυτών φέρεται να είναι η σχέση F_v/F_m , η οποία όμως στην έρευνα μας δεν έδειξε κάποια λογική μεταβολή. Έτσι δεν μπορούμε να έχουμε μια σαφή εικόνα από το φθορισμό χλωροφύλλης για τη σχέση του με την καταπόνηση της ελιάς πλην του μάρτυρα όπου αυτή η σχέση μειώθηκε σημαντικά, αλλά παρέμεινε σε επίπεδα λίγο κάτω από 0,8, στις 20 Αυγούστου όταν και η μέγιστη καταπόνηση φάνηκε και από τη λειτουργία των φύλλων. Το ενδιαφέρον βρίσκεται στη συμπεριφορά των φύλλων των μεταχειρίσεων με κόνεις όπου κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού δεν βρέθηκαν διαφορές στη σχέση F_v/F_m , αλλά στα τέλη Αυγούστου με την έντονη καταπόνηση, τα φύλλα του μάρτυρα είχαν υψηλότερες τιμές F_v/F_m από τα φύλλα των άλλων μεταχειρίσεων, παρότι βέβαια ότι και τα φύλλα που είχαν δεχθεί κόνεις εδάφους ή τσιμέντου είχαν τιμές του F_v/F_m κοντά στο 0,8, δηλ. δεν παρουσίαζαν καταπόνηση βάσει βιβλιογραφικών πηγών για άλλα φυτά. Μπορούμε να πούμε ότι οι κόνεις πάνω στα φύλλα αύξησαν την παραλλακτικότητα των μετρήσεων του φθορισμού χλωροφύλλης αλλά δεν παρεμπόδισαν την εκτίμηση της καταπόνησης με αυτή τη μέθοδο.

Οι μετρήσεις του υδατικού δυναμικού έδειξαν ότι τα φύλλα που ψεκάστηκαν με καολίνη και αυτά που καλύφθηκαν με κόνι εδάφους είχαν μικρότερη καταπόνηση από τα φύλλα του μάρτυρα και αυτά που καλύφθηκαν με κόνι τσιμέντου. Και αυτή η παράμετρος θεωρείται πολύ αποτελεσματική στην εκτίμηση της καταπόνησης σε φύλλα δέντρων, αλλά είναι καταστροφική (απαιτεί κοπή των φύλλων) και δεν είναι εξ αποστάσεως εφαρμόσιμη, όπως άλλες μέθοδοι όπως μεθόδους που περιλαμβάνουν δορυφορικές εικόνες GIS και χρήση φθορισμού της χλωροφύλλης.

Τα φύλλα που ψεκάστηκαν με καολίνη παρουσίασαν ενδιαφέρουσα συμπεριφορά καθώς είχαν το μικρότερο ειδικό βάρος, την υψηλότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης, τον ταχύτερο ρυθμό διαπνοής και φωτοσύνθεσης και τη μεγαλύτερη στοματική αγωγιμότητα σε σχέση με τα φύλλα των άλλων μεταχειρίσεων. Επιπλέον τα ψεκασμένα με καολίνη φύλλα ελιάς είχαν μικρότερες τιμές φθορισμού χλωροφύλλης (F_o , F_m) και λιγότερο αρνητικό υδατικό δυναμικό, που σημαίνουν λιγότερη καταπόνηση από τα φύλλα του μάρτυρα, ιδιαίτερα αργά το καλοκαίρι και αρχές Φθινοπώρου. Αυτό σημαίνει ότι τα ψεκασμένα με καολίνη δέντρα παρουσίαζαν λιγότερη καταπόνηση κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και επομένως με την ίδια ποσότητα αρδευτικού νερού λειτουργούσαν πιο αποτελεσματικά. Το ενδιαφέρον είναι

ότι τα ψεκασμένα με καολίνη φύλλα δεν διέθεσαν σημαντικό μέρος των υδατανθράκων που παρήγαγαν για την αύξηση του ειδικού τους βάρους και επομένως την ανάπτυξη του ελάσματος των φύλλων αλλά, προφανώς, το διέθεσαν σε άλλους 'καταναλωτές'. Και αυτό είναι πολύ σημαντικό για την ελιά, καθώς η ξηρική καλλιέργεια ή περιορισμένη άρδευση σε ζεστές περιοχές μπορεί να μειώσει σημαντικότερα την παραγωγικότητά της. Έτσι ο καολίνης μπορεί να είναι σημαντικός στη μείωση αυτής της καταπόνησης και αύξηση της παραγωγικότητας της ελιάς. Δεν έχει δημοσιευθεί καμιά μελέτη μέχρι σήμερα σχετική με τις επιδράσεις του καολίνης στη φυσιολογία της ελιάς, γι' αυτό αυτά τα προκαταρκτικά αποτελέσματα είναι σημαντικής πρακτικής σημασίας και απαιτούν περαιτέρω μελέτη.

Η εφαρμογή κόνεως εδάφους στα φύλλα ελιάς δεν φαίνεται να επηρέασε ουσιαστικά τη λειτουργία των φύλλων σε σχέση με το μάρτυρα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Φαίνεται δηλαδή ότι η ύπαρξη κόνεως εδάφους πάνω στα φύλλα της ελιάς κατά τη θερινή περίοδο δεν είναι αρνητικός παράγοντας για την παραγωγικότητά τους και τη λειτουργία τους. Αντίθετα, μετά τις βροχοπτώσεις του Σεπτεμβρίου και την απομάκρυνση της κόνεως εδάφους, τα φύλλα αυτά παρουσίασαν μια σημαντική επιτάχυνση των λειτουργιών και της παραγωγικότητάς τους, που μπορεί να οφείλεται, πέραν από άλλους παράγοντες, και στην καλύτερη ανόργανη θρέψη των φύλλων με πιθανή απορρόφηση ανόργανων στοιχείων του εδάφους που βρίσκονταν πάνω στα φύλλα από τα φύλλα. Αυτό απαιτεί αναλύσεις των συστατικών της κόνεως εδάφους επιπλέον της ποσότητας της κόνεως που βρίσκονταν πάνω στα φύλλα. Πάντως και αυτό το αποτέλεσμα παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον και απαιτεί ενδελεχή μελέτη, καθώς όλο και σημαντικότερες ποσότητες κόνεων θα βρίσκονται τα επόμενα έτη στην ατμόσφαιρα λόγω ανθρωπογενών παραγόντων και λόγω των κλιματικών αλλαγών που είναι πολύ πιθανό να συμβούν στο μέλλον.

Η εφαρμογή κόνεως τσιμέντου δεν επηρέασε ουσιαστικά τη λειτουργία των φύλλων κατά τη θερινή περίοδο αλλά διατήρησε χαμηλά τις λειτουργίες των το Σεπτέμβριο, καθώς μετά τις βροχοπτώσεις, η λειτουργία των φύλλων των άλλων μεταχειρίσεων βελτιώθηκε λόγω και της μείωσης είτε της θερμικής καταπόνησης είτε της ποσότητας κόνεως εδάφους, αντίστοιχα στις δύο μεταχειρίσεις που είχαν παρόμοιο ρυθμό παραγωγικότητας με τα φύλλα που ήταν καλυμμένα με κόνι τσιμέντου κατά τη θερινή περίοδο. Οι βροχοπτώσεις δεν ήταν ικανές να αφαιρέσουν

την κόνη τσιμέντου από τα φύλλα καθώς αυτή παρουσία νερού δημιουργεί ένα αδιάλυτο σκληρό στρώμα στην επιφάνεια των φύλλων που φαίνεται να έχει μακρές αρνητικές επιπτώσεις στα φύλλα ελιάς.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- ✓ Η χρήση κόνεων τροποποιεί, όπως ήταν φυσικό, το χρώμα των φύλλων αλλά αυτές οι αλλαγές δεν είναι εύκολα μετρήσιμες με το χρωματόμετρο και τις παραμέτρους που αυτό μετρά. Μόνο η παρουσία καολίνη στα φύλλα ελιάς μπορεί εύκολα να μετρηθεί με τις υπολογισμένες παραμέτρους C* και hue.
- ✓ Οι αλλαγές που βρέθηκαν κατά τη διάρκεια των μετρήσεων από τον Ιούνιο έως τα τέλη Σεπτεμβρίου στις παραμέτρους λειτουργίας των φύλλων που μελετήθηκαν οφείλονταν στη θερμική καταπόνηση και τις συνθήκες κατά τη μέτρηση σε κάθε περίοδο.
- ✓ Οι παράμετροι φθορισμού χλωροφύλλης και υδατικού δυναμικού έδειξαν ότι πιο καταπονημένα ήταν τα φύλλα του μάρτυρα και λιγότερο καταπονημένα τα φύλλα που ήταν ψεκασμένα με καολίνη. Από τις ίδιες παραμέτρους φαίνεται ότι τα φύλλα που είχαν κόνη εδάφους είχαν παρόμοια συμπεριφορά, αλλά όχι τόσο θετική, με τα φύλλα ψεκασμένα με καολίνη, και τα φύλλα με κόνη τσιμέντου παρόμοια συμπεριφορά με το μάρτυρα.
- ✓ Η εφαρμογή καολίνη στα φύλλα της ελιάς βελτίωσε την παραγωγικότητά τους και μείωσε τη θερμική καταπόνηση κατά τη θερινή περίοδο.
- ✓ Η εφαρμογή κόνεως εδάφους στα φύλλα της ελιάς δεν επηρέασε σημαντικά την παραγωγικότητά τους παρόλο που φάνηκε να μειώνει μερικά τη θερμική καταπόνηση του καλοκαιριού. Αργά το Σεπτέμβριο και όταν η κόνη εδάφους είχε ξεπλυθεί, τα φύλλα αυτά είχαν καλύτερη παραγωγικότητα από τα φύλλα του μάρτυρα.
- ✓ Τέλος, η εφαρμογή κόνεως τσιμέντου στα φύλλα ελιάς τροποποίησε ελάχιστα την παραγωγικότητά τους κατά τους θερινούς μήνες αλλά διατήρησε χαμηλή

παραγωγικότητα στα ανωτέρω φύλλα αργά το Σεπτέμβριο καθώς η κόνις δεν ξεπλύθηκε από τη βροχή.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

7.1 Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- 1. Anderson P.J.** (1914): The effect of dust from cement mills on the setting of fruit. *Plant World*, 17: 57-68
- 2. Avidan B., Ogradovitch A. and Lavee S.** (1999). A reliable and rapid shaking extraction system for determination of the oil content in olive fruit. *Acta Horticulturae*, 474(2):653-658.
- 3. Bostanian N.J. and Racette G.** (2008): Particle films for Managing Arthropod pests of apple. *J. Econ. Entomol.*, 101(1): 145-150
- 4. Braham M., Pasqualini E. and Ncira N.** (2007): Efficacy of kaolin, spinosad and malathion against *Ceratitis capitata* in citrus orchards. *Bulletin of Insectology*, 60: 39-47
- 5. Czaja A.T.** (1961): Die Wirkung von verstaubtem Kalt and Zement auf Pflanzen. *Qual. Plant et Mat. Veg.* 8: 184-212
- 6. Czaja A.T.** (1962): Uber die Einwirkung von Stauben, speziell von Zementofenstaub auf Pflanzen. *Angew. Bot.*, 40: 106-20
- 7. Elkins R., Mitcham E., Blakey D. and Biasi B.** (2001): Use of kaolinic clay to enhance on-tree color retention of red sensation Bartlett pear fruit. *HortScience*, 36(3): 498

8. **Farmer A.M.** (1993): The effects of dust on vegetation -A review. *Environ. Pollut.*, 79: 63-75

9. **Fluckiger W., Braun S. and Fluckiger-Keller H.** (1982): Effect of the interaction between road salt and road dust upon water relations of young trees. In: *Urban Ecology*, ed. R. Bornkamm, J. A. Lee & M. R. D. Seaward, Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 331-332

10. **Gary A.R.** (2006): Chlorophyll Fluorescence: What is it and what do the numbers mean? p. 34-42

11. **Glenn D.M., Drake S., Abbott J.A., Puterka G.J. and Gundrum P.** (2005): Season and cultivar influence the fruit quality response of apple cultivars to particle film treatments. *HortTechnology*, 15: 249-253

12. **Glenn D.M. and Puterka G.J.** (2005): Particle films: a new technology for agriculture. *Hortic. Rev.*, 31: 1-44

13. **Glenn M.D., Puterka G.J., Drake S., Unruh T.R., Knight A.L., Baherle P., Prado E. and Baugher T.A.** (2001): Particle film application influences apple leaf physiology, fruit yield and fruit quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 126(2): 175-181

14. **Glenn M.D., Prado E., Erez A., McFerson J. and Puterka G.** (2002): A reflective, processed-kaolin particle film affects fruit temperature, radiation reflection and solar injury in apple. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 127(2): 188-193

- 15. Hagidimitriou M. and Pontikis C.A.** (2005): Seasonal changes in CO₂ assimilation in leaves of five major Greek olive cultivars. *Sci. Hortic.*, 104: 11-24
- 16. Iqbal M.Z. and Iqbal H.** (1995): Impact of dust from the factory at Karachi on the vegetation and soil characteristics. *Res. Bull. Panjab Univ. Sci.*, 45: 1-4 & 73-78
- 17. Krause G.H. and Weis E.** (1991): Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: The Basics. *Annu. Rev. Plant. Physiol. Plant Mol. Biol.*, 42: 313-349
- 18. Larcher W.** (1995): *Physiological Plant Ecology*. Springer-Verlag, Berlin, Germany
- 19. Maxwell K., and Johnson G.N.** (2000): Chlorophyll fluorescence—a practical guide. *J. Exper. Bot.*, 51: 659-668
- 20. Nanos G.D., and Ilias I.F.** (2007): Effects of inert dust on olive (*Olea europaea* L.) leaf physiological parameters. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 14(3): 212–214
- 21. Pandey D.D. and Kumar S.** (1996): Impact of cement dust pollution on biomass, chlorophyll, nutrients and grain characteristics of wheat. *Environ. Ecol.*, 14: 872–875
- 22. Pierce G.J.** (1909): The possible effects of cement dust on plants. *Science*, 30: 652-654

23. **Satao R.N., Kene H.K., Nalamwar R.V. and Ulemale R.B.** (1993): Effect of cement dust pollution on growth and yield of cotton. *Ann. Plant Physiol.*, 7: 73-77

24. **Shukla J., Pandey V., Singh S.N., Yunus M., Singh N. and Ahmad K.J.** (1990): Effect of cement dust on the growth and yield of *Brassica campestris* L. *Environ. Pollut.*, 66: 81-88

25. **Singh S.N. and Rao D.N.** (1968): Effect of cement dust pollution on soil properties and on wheat plants. *Ind. J. Environ. Health*, 20: 258-267

26. **Singh S.N. and Rao D.N.** (1981): Certain responses of wheat plants to cement dust pollution. *Environ. Pollut.*, 24: 75-81

27. **Wintermans J.F. and de Mots A.** (1965). Spectrophotometric characteristics of chlorophyll and their pheophytins in ethanol. *Biochim. Biophys. Acta*, 109: 448-453.

7.2 Ελληνική Βιβλιογραφία

1. **Ανώνυμος** (2000): Ανθοφορία – Καρποφορία στην Ελιά. Γεωργία- Κτηνοτροφία, Τεύχος 4, σελ. 8

2. **Ανώνυμος** (2002): Μία πρώτη γνωριμία με την Ελιά. Τα βασικά στοιχεία για το φυτό και την καλλιέργεια. Γεωργία- Κτηνοτροφία, Τεύχος 3, σελ. 12-18

3. **Θερίος Ι.** (2005): Ελαιοκομία. Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη

4. **Λόλας Π.** (2007): Φυσιολογία Φυτού – Σημειώσεις. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος

5. **Τσέκος Ι.** (2004): Φυσιολογία Φυτών. Εκδόσεις Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη

ΛΗΞΗ	ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΔΑΝΕΙΖΟΜΕΝΟΥ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

Τηλ.: 24210 ~~7750~~ 61 93141



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000105370