

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Επίδραση ρυπογόνων ή μη κόνεων στην ελιά



Ευαγγελία Παπαγιάννη

Επιβλέπων Καθηγητής

Νάνος Δ. Γεώργιος

Αναπληρωτής Καθηγητής Π.Θ.

ΒΟΛΟΣ 2011

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΤΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΧΩΡΟ ΜΕ
ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΗΝ ΑΓΡΟΤΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΤΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΝΕΩΝ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Επίδραση ρυπογόνων ή μη κόνεων στην ελιά

Ευαγγελία Παπαγιάννη

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Νάνος Δ. Γεώργιος, Αναπληρωτής Καθηγητής, Επιβλέπων

Λόλας Πέτρος, Συνταξιούχος Καθηγητής, Μέλος

Δρογούδη Παυλίνα, Αναπληρώτρια Ερευνήτρια, Μέλος

ΒΟΛΟΣ 2011

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	2
ABSTRACT.....	3
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	6
2.1 Προέλευση και Διάδοση της ελιάς.....	6
2.2 Παγκόσμια και Ελληνική Κατάσταση.....	6
2.3 Βοτανική Ταξινόμηση.....	7
2.4 Παρεννιαυτοφορία	8
2.5 Καλλιέργεια Ελιάς.....	10
2.5.1 Κλίμα –Έδαφος.....	10
2.5.2 Φύτευση.....	10
2.5.3 Διαμόρφωση κόμης – Κλάδεμα.....	11
2.5.4 Λίπανση.....	11
2.5.5 Άρδευση.....	12
2.5.6 Εχθροί και ασθένειες.....	13
2.6 Φυσιολογία φύλλου.....	15
2.6.1 Φωτοσύνθεση.....	15
2.6.2 Παράγοντες που τροποποιούν το ρυθμό φωτοσύνθεσης.....	16
2.6.2.1 Εξωτερικοί παράγοντες.....	16
2.6.2.2 Εσωτερικοί παράγοντες.....	19
2.6.3 Διαπνοή.....	19
2.6.4 Φθορισμός της χλωροφύλλης.....	20
2.6.4.1 Μέτρηση του φθορισμού της χλωροφύλλης.....	21

2.7 Ρύπανση Περιβάλλοντος.....	22
2.7.1 Επίδραση της ρύπανσης στα φυτά.....	23
2.7.2 Κυριότεροι ατμοσφαιρικοί ρυπαντές και οι επιδράσεις τους στα φυτά.....	23
2.7.3 Αντιδράσεις των φυτών από την παρουσία κόνεων από τσιμεντοβιομηχανίες και χωματόδρομους.....	25
2.7.4 Αποτελέσματα από διάφορες μελέτες από την παρουσία κόνεων τσιμέντου, ορυχείων, λατομείων και αστικών δρόμων στα φυτά.....	27
2.7.4.1 Αποτελέσματα από την απόθεση κόνεως τσιμέντου σε ετήσια φυτά.....	27
2.7.4.2 Αποτελέσματα από την απόθεση κόνεων τσιμέντου, ορυχείων, λατομείων και αστικών δρόμων σε πολυετή φυτά	28
2.7.5 Καολίνης.....	32
3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	
3.1 Φυτικό Υλικό.....	36
3.2 Μέτρηση της κόνεως των φύλλων.....	37
3.3 Χαρακτηριστικά φύλλου.....	37
3.4 Μέτρηση επιφάνειας φύλλου.....	38
3.5 Μετρήσεις φθορισμού της χλωροφύλλης.....	38
3.6 Μέτρηση της φωτοσύνθεσης.....	38
3.7 Μετρήσεις υδατικού δυναμικού του βλαστού.....	39
3.8 Στατιστική ανάλυση.....	39
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	40
4.1 ΕΛΑΙΟΔΕΝΤΡΑ ΧΩΡΙΣ ΚΑΡΠΟΥΣ.....	40
4.1.1 Ποσότητα κόνεως στα φύλλα.....	40
4.1.2 Ξηρά ουσία φύλλου, Ειδικό βάρος φύλλου και Συγκέντρωση Χλωροφύλλης.....	41

4.1.3 Φυσιολογικές λειτουργίες των φύλλων.....	46
4.1.4 Φθορισμός χλωροφύλλης φύλλων	56
4.1.5 Υδατικό δυναμικό βλαστού τις μεσημβρινές ώρες.....	59
4.2 ΕΛΑΙΟΔΕΝΤΡΑ ΜΕ ΚΑΡΠΟΥΣ.....	61
4.2.1 Ποσότητα κόνεως στα φύλλα.....	61
4.2.2 Ξηρά ουσία φύλλου, Ειδικό βάρος φύλλου και Συγκέντρωση Χλωροφύλλης.....	62
4.2.3 Φυσιολογικές λειτουργίες των φύλλων	67
4.2.4 Φθορισμός χλωροφύλλης φύλλων.....	77
4.2.5 Υδατικό δυναμικό βλαστού τις μεσημβρινές ώρες.....	80
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	82
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	90
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	92
7.1 Ελληνική Βιβλιογραφία.....	92
7.2 Ξένη Βιβλιογραφία.....	93

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλους εκείνους που συνέβαλλαν και βοήθησαν στην πραγματοποίηση αυτής της μεταπτυχιακής διπλωματικής διατριβής.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής μου διατριβής κ. Γεώργιο Νάνο Αναπληρωτή Καθηγητή, Δενδροκομίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για τις πολύτιμες κατευθυντήριες οδηγίες, τη συνεχή καθοδήγηση και βοήθεια καθ'όλη τη διάρκεια εκπόνησης της μεταπτυχιακής μου διατριβής.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον κ. Πέτρο Λόλα, Συνταξιούχο Καθηγητή, Φυσιολογίας Φυτού-Ζιζανιολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και την κ. Παυλίνα Δρογούδη, Αναπληρώτρια Ερευνήτρια του Ινστιτούτου Φυλλοβόλων Δένδρων Νάουσας, μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής μου, καθώς και για τον χρόνο που αφιέρωσαν στην διπλωματική μου διατριβή και για τις εποικοδομητικές τους παρατηρήσεις

Στην συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Περσεφόνη Μαλέτσικα, υποψήφια διδάκτορα του Εργαστηρίου Δενδροκομίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για την σημαντική βοήθεια της σε όλα τα στάδια της μεταπτυχιακής μου διατριβής.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου και τις αδελφές μου, Κωνσταντίνα και Βασιλική, για την οικονομική και ηθική υποστήριξη, υπομονή και κατανόηση σε όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

Βόλος, Νοέμβριος 2011

Ευαγγελία Παπαγιάννη

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα ελαιόδεντρα αφενός καταπονούνται από τις ξηροθερμικές συνθήκες της Μεσογειακής λεκάνης αφετέρου κινδυνεύουν να συσσωρεύσουν λόγω της ανομβρίας περιβαλλοντικούς ρύπους σε μορφή κόνεων. Παράλληλα, για τη μείωση της θερμικής καταπόνησης, σκευάσματα καολίνη χρησιμοποιούνται επιτυχώς σε άλλα οπωροφόρα στον κόσμο. Μελετήθηκε η επίδραση της εφαρμογής κόνεων καολίνη, εδάφους ή τσιμέντου στη λειτουργία του φύλλου ελιάς. Καρποφορούντα και μη δέντρα ελιάς ψεκάστηκαν με καολίνη ή επιπάσθησαν με κόνεις αργιλώδους εδάφους ή τσιμέντου περιοδικά κατά τη θερινή περίοδο. Μετρήθηκαν περιοδικά από το Μάιο έως τον Οκτώβριο το % ξηρό βάρος φύλλων, η συγκέντρωση χλωροφύλλης, ορισμένες φυσιολογικές λειτουργίες των φύλλων, ο φθορισμός χλωροφύλλης και το υδατικό δυναμικό βλαστού. Οι φυσιολογικές λειτουργίες που μετρήθηκαν στα φύλλα της ελιάς παρουσία ή μη καρπών μειώθηκαν σημαντικά αργά το καλοκαίρι λόγω της παρατεταμένης θερμικής και υδατικής καταπόνησης των φυτών. Οι λειτουργίες των φύλλων επανήλθαν σε κανονικά επίπεδα τον Οκτώβριο μετά τις βροχοπτώσεις και μείωση της θερμοκρασίας του αέρα. Η παρουσία καρπών στο ελαιόδεντρο προκάλεσε αύξηση της συγκέντρωσης χλωροφύλλης, της στοματικής αγωγιμότητας, της διαπνοής και της φωτοσύνθεσης λόγω της παρουσίας των καρπών ως ισχυροί 'καταναλωτές'. Ο περιοδικός ψεκασμός καολίνη προκάλεσε ελαφρά μείωση στα μη καρποφορούντα δέντρα και σημαντική μείωση στα καρποφορούντα δέντρα των φυσιολογικών παραμέτρων που σχετίζονται με τη χρήση νερού και παραγωγή υδατανθράκων. Παρόμοια, η ύπαρξη κόνεων εδάφους ή τσιμέντου επάνω στα φύλλα μείωσε σημαντικότερα τις φυσιολογικές λειτουργίες των φύλλων σε καρποφορούντα και μη δέντρα αλλά ιδιαίτερα στα καρποφορούντα. Αυτές οι κόνεις μπορεί να παρεμποδίζουν τη λειτουργία των στοματίων, μπορεί να σκιάζουν το φύλλο και να μειώνουν έτσι τη διαθέσιμη φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία ή και να προκαλούν κάποιο τοξικό αποτέλεσμα στην ελιά.

ABSTRACT

Olive trees are under stress due to dry hot climatic conditions in the Mediterranean region and due to the accumulation of particulate matter on the plant surfaces and soil. Kaolin has been used successfully to reduce heat stress in a number of fruit trees. We studied the effects of kaolin, soil or cement kiln dusts on olive leaf physiological functions. Olive trees with or without fruits were sprayed with commercial kaolin formulation or were dusted with clay soil or cement kiln dusts during the summer period. Periodically from May to October leaf % dry matter, chlorophyll content, various leaf functions, chlorophyll fluorescence and midday stem water potential were measured. Leaf functions decreased in late summer due to prolonged heat and drought stress. Olive leaf functions returned to normal in October after the September rains and the cool Fall air temperatures. The presence of fruit as strong sinks on the tree increased leaf chlorophyll content, stomatal conductance and transpiration and photosynthetic rates. Periodic application of kaolin decreased (mainly in fruiting trees) most of the leaf gas exchange parameters related to water use and carbohydrate production. Similarly, the presence of soil or cement kiln dusts on the leaf surfaces significantly decreased the gas exchange functions in non-fruiting and mainly in fruiting trees. These dusts may block stomatal function, shade the leaves, or cause some toxic effect to leaf cells in olive tree.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η καλλιέργεια της ελιάς είναι ιδιαίτερα εκτεταμένη στις παραμεσόγειες χώρες και σε παρόμοια με το Μεσογειακό κλίματα. Ουσιαστικά καταλαμβάνει τη μεγαλύτερη έκταση με δενδροκομικές καλλιέργειες στη Μεσόγειο και είναι σημαντικό τμήμα του οικοσυστήματος της περιοχής.

Στη Μεσόγειο και κύρια στις περιοχές εκτεταμένης καλλιέργειας της ελιάς το κλίμα είναι ξηροθερμικό με ελάχιστες βροχοπτώσεις τους θερινούς μήνες οπότε και αναπτύσσονται οι καρποί. Έτσι ρυπογόνες πηγές κοντά στις καλλιεργούμενες εκτάσεις μπορεί να μεταφέρουν ρύπους όπως κόνεις από εργοστάσια τσιμέντων και από παρακείμενους χωματόδρομους πάνω στα φυτικά μέρη. Οι κόνεις αυτές μπορεί να προκαλέσουν σκίαση ή και τοξικότητα (ή αλλαγή στη ανόργανη και οργανική θρεπτική κατάσταση του φυτού). Η επίδραση ρυπογόνων κόνεων στη φυσιολογία και παραγωγικότητα των καλλιεργούμενων οπωροφόρων δεν έχει μελετηθεί αρκετά στον κόσμο.

Επιπλέον, στη Μεσόγειο η ηλιακή ακτινοβολία είναι πολύ έντονη και προκαλεί καταπόνηση στα καλλιεργούμενα φυτά καθώς αδυνατούν ακόμα και με μεγάλες ποσότητες αρδευτικού νερού να λειτουργήσουν αποτελεσματικά ιδιαίτερα τις θερμές ώρες της ημέρας. Σκευάσματα υδατοδιαλυτής κόνεως από το ορυκτό καολίνη μελετώνται και χρησιμοποιούνται τελευταία για τη μείωση της θερμικής καταπόνησης των φυτών και τη μείωση των προσβολών από εχθρούς και ασθένειες. Τα εμπορικά σκευάσματα με καολίνη δεν έχουν μελετηθεί στην ελιά, η οποία είναι μεν ανθεκτική στις υψηλές θερινές ακτινοβολίες αλλά οι ελάχιστες διαθέσιμες ποσότητες αρδευτικού νερού για την ελιά ή και η ξηρική καλλιέργειά της είναι ένας παράγοντας που απαιτεί τη μελέτη μεθόδων μείωσης της θερμικής καταπόνησης στην ελιά. Η εφαρμογή καολίνη θα μπορούσε να είναι μια οικολογικά αποδεκτή φυσική μέθοδος μείωσης της θερμικής καταπόνησης και αύξησης της παραγωγικότητας των ελαιόδεντρων. Δεν έχει όμως μελετηθεί έως σήμερα στην ελιά.

Τέλος, η ελιά παρουσιάζει έντονο το πρόβλημα της παρενιαυτοφορίας. Φυσικά τη χρονιά χωρίς καρποφορία οι απαιτήσεις των δέντρων θεωρούμε ότι δεν είναι υψηλές αλλά οι διαφορές στη λειτουργία των φύλλων σε ελαιόδεντρα με ή χωρίς καρπούς δεν έχουν μελετηθεί ουσιαστικά στις

επιτραπέζιες ποικιλίες και ιδιαίτερα σε ελαιόδεντρα ποικιλίας Κονσερβολιά στην Κεντρική Ελλάδα.

Έτσι κρίθηκε σκόπιμο και ενδιαφέρον να μελετηθεί σε καρποφορούντα και μη δέντρα ελιάς τη λειτουργία των φύλλων παρουσία ψεκασμένου καολίνη ή επιπασμένων κόνεων εδάφους ή τσιμέντου προσομοιάζοντας έτσι το περιβάλλον ανάπτυξης των ελαιόδεντρων κοντά σε ρυπογόνες πηγές.

2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1 Προέλευση και Διάδοση της ελιάς

Η καλλιέργεια της ελιάς είναι από τις αρχαιότερες καλλιέργειες στον κόσμο. Η ελιά είναι γνωστή στη λεκάνη της Μεσογείου από αρχαιοτάτων χρόνων και είναι στενά συνδεδεμένη με την ιστορία των μεσογειακών λαών. Στην αρχαία Ελλάδα η ελιά συμβόλιζε τη σοφία, την ειρήνη και τη νίκη.

Δύο κύριες εκδοχές υπάρχουν για την προέλευση της ελιάς, η πρώτη ορίζει σαν πιθανό τόπο προέλευσης της τη Μικρά Ασία και τη Συρία και η δεύτερη ορίζει σαν τόπο καταγωγής της την Αφρική και πιο συγκεκριμένα την Αίγυπτο. Ο De Candolle στο έργο του *Origin des plantes cultivees* αναφέρει σαν τόπο καταγωγής της ελιάς τα παράλια της Μικράς Ασίας. Στην περιοχή της Αιγύπτου, η ελιά καλλιεργούνταν συστηματικά από το 4000 π.Χ. και από εκεί θεωρείται ότι διαδόθηκε στην Κύπρο και στα υπόλοιπα βόρεια παράλια της Αφρικής.

Ο Αναγνωστόπουλος (1951) με βάση τα ευρήματα των ανασκαφών της Κνωσού, αναφέρει ότι πατρίδα της ελιάς είναι η Κρήτη, Αυτό στηρίζεται στο γεγονός ότι το όνομα της ελιάς είναι ελληνικό.

Κατ' άλλους η ελιά καλλιεργήθηκε πρώτα από τους Έλληνες. Από την Ελλάδα μεταφέρθηκε στα παράλια της Ιταλίας και Γαλλίας και από την Αίγυπτο στα νοτιοδυτικά της Μεσογείου μέχρι την Ισπανία. Από την Ευρώπη η ελιά μεταφέρθηκε στην Καλιφόρνια, Νότια Αμερική και Αυστραλία (Θεριός, 2005)

2.2 Παγκόσμια και Ελληνική Κατάσταση

Η παγκόσμια παραγωγή της ελιάς ανέρχεται σε ποσοστό 75% από την Ευρώπη, ακολουθεί η Ασία με 13%, η Αφρική με 8% και τελευταία η Αμερική με 3%. Πάνω από 750 εκατομμύρια ελαιόδεντρα καλλιεργούνται σε όλο τον κόσμο, αλλά το 95% βρίσκονται στην περιοχή της Μεσογείου, καθώς διαθέτει άριστες εδαφοκλιματικές συνθήκες για την ανάπτυξη της.

Στην Ελλάδα, η καλλιέργεια της ελιάς αποτελεί τη σημαντικότερη δενδρώδη καλλιέργεια και καταλαμβάνει το 75% των εκτάσεων των

δενδρωδών καλλιεργειών. Με την καλλιέργεια της ελιάς απασχολείται το ένα τρίτο του πληθυσμού της χώρας.

Η Ελλάδα είναι η τρίτη χώρα μετά την Ισπανία και Ιταλία στην παραγωγή ελαιολάδου. Υπολογίζεται ότι η μέση ετήσια παραγωγή ελαιολάδου είναι 426.000 τόνοι. Άλλες χώρες που παράγουν σημαντικά ποσά ελαιολάδου είναι η Πορτογαλία, η Τυνησία, η Τουρκία, το Μαρόκο, η Αργεντινή κ.α

2.3 Βοτανική Ταξινόμηση

Η ελιά (*Olea europaea* L.) ανήκει στην οικογένεια Oleaceae και το γένος *Olea*. Είναι ένα υποτροπικό, αειθαλές, καρποφόρο δέντρο, χαρακτηρίζεται ως ανώτερο φυτό, είναι αγγειόσπερμο, σπερματοφύτο, δικότυλο, συμπέταλο της τάξης των στρεψιανθών.

Το γένος *Olea* περιλαμβάνει τριάντα 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* ή *sylvestris*).

Το κύριο χαρακτηριστικό του γένους *Olea* είναι η μακροζωία με μακρά διατήρηση της παραγωγικότητας. 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). Η ελιά φτάνει σε ύψος τα 15-20 m, στην πράξη όμως με το κλάδεμα αποκτά ύψος 4-5 m.

Η ελιά διαθέτει εκτεταμένο ριζικό σύστημα και φτάνει σε βάθος από 15–20 cm έως τα 60–70 cm, ενώ ένα μικρό μόνο μέρος φτάνει σε βάθος τα 100-120 cm (Ανώνυμος, 2002). Σε βαριά εδάφη οι ρίζες αναπτύσσονται κοντά στην επιφάνεια, ενώ στα αμμώδη και πετρώδη εδάφη το ριζικό σύστημα αναπτύσσεται πιο βαθιά, για απορρόφηση υγρασίας και θρεπτικών στοιχείων, γεγονός που βοηθά την ελιά να αντέχει στην ξηρασία. Σε τέτοια εδάφη το ριζικό σύστημα μπορεί να φτάσει μέχρι τα 6 m βάθος.

Οι βλαστοί διακρίνονται ανάλογα με το είδος των οφθαλμών που φέρουν σε ξυλοφόρους, καρποφόρους, μικτούς και λαίμαργους που φέρουν μόνο ξυλοφόρους οφθαλμούς. Ακόμη, διακρίνονται σε πρώιμους και όψιμους ανάλογα με την εποχή έκπτυξης.

Τα άνθη της είναι μικρά, λευκοκίτρινα, εμφανίζονται σε ταξιανθία βότρουσ και ανθίζουν από τα τέλη Απριλίου έως τις αρχές Ιουνίου ανάλογα την περιοχή καλλιέργειας και την ποικιλία. Όλα τα άνθη δεν έχουν ανεπτυγμένα όλα τα μέρη τους και συνεπώς διακρίνονται σε τέλεια και ατελή. Τα τέλεια άνθη έχουν ανεπτυγμένους τους στήμονες και τον ύπερο, ενώ τα ατελή είτε στερούνται υπέρου είτε ο ύπερος έχει ατροφήσει. Η αναλογία τέλειων και ατελών ανθέων ποικίλει ανάλογα με την καλλιεργητική χρονιά και την ποικιλία.

Ο καρπός της ελιάς είναι δρύπη και αποτελείται από το φλοιό και το εδώδιμο σαρκώδες τμήμα (περικάρπιο), 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 μέγεθος 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 κατά την ανάπτυξη του καρπού.

2.4 Παρενιαυτοφορία

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα στην καλλιέργεια της ελιάς είναι η παρενιαυτοφορία. Το φαινόμενο της παρενιαυτοφορίας παρατηρείται έντονα στην ελιά, κατά την οποία τη χρονιά καρποφορίας διαδέχεται χρονιά ακαρπίας. Η παρενιαυτοφορία εκδηλώνεται σε μεμονωμένους κλάδους, σε ολόκληρα δένδρα ή και σε ολόκληρο ελαιώνα (Ανώνυμος, 2002). Ο ανταγωνισμός μεταξύ καρποφόρων και βλαστικών οργάνων σε θρεπτικά στοιχεία θεωρείται ότι είναι το κύριο αίτιο που οδηγεί σε παρενιαυτοφορία. Κατά το παραγωγικό έτος απομακρύνονται μεγάλες ποσότητες θρεπτικών στοιχείων με αποτέλεσμα να μην επαρκούν για την παραγωγή νέας βλάστησης η οποία θα έδινε τους ανθοφόρους και την παραγωγή της επόμενης χρονιάς. Τα τελευταία έτη έγινε γνωστό ότι η ελιά διαφοροποιεί τους

ανθοφόρους οφθαλμούς της τον Ιούνιο όπως και τα υπόλοιπα φυλλοβόλα οπωροφόρα εύκρατων περιοχών. Έτσι η μικρή διαθεσιμότητα υδατανθράκων τη χρονιά καρποφορίας (καθώς οι περισσότεροι υδατάνθρακες οδεύουν στους καρπούς) προκαλεί εκτός από ελάχιστη νέα βλάστηση και μη διαφοροποίηση ανθοφόρων οφθαλμών.

Σε έρευνα των Troncoso et al. (2010) διαπιστώθηκε μείωση του N και K στα φύλλα κατά το τέλος του έτους παραγωγής, ενώ στο τέλος του μη παραγωγικού έτους οι τιμές παρέμειναν υψηλές. Σε άλλες έρευνες διαπιστώθηκε μικρότερη συγκέντρωση αμινοξέων κατά το παραγωγικό έτος σε σχέση με το μη παραγωγικό έτος. Αντίθετα η συγκέντρωση των πρωτεϊνών στα φύλλα ήταν μικρότερη κατά το μη παραγωγικό έτος συγκριτικά με το παραγωγικό έτος. Σε μη αρδευόμενους ελαιώνες τα καρποφορούντα δέντρα ή κλάδοι είχαν παρόμοιο ρυθμό φωτοσύνθεσης και στοματική αγωγιμότητα φύλλου με τα μη καρποφορούντα (Proietti, 2000). Η καρποφορία μείωσε σημαντικά τη βλαστική ανάπτυξη και έτσι μεγαλύτερο μέρος των παραγόμενων υδατανθράκων μεταφέρθηκε στους καρπούς εις βάρος της βλάστησης.

Η παρεννιαυτοφορία παρατηρείται περισσότερο σε ξηρά και άγονα εδάφη και λιγότερο στα γόνιμα και αρδευόμενα εδάφη όπου το δένδρο παράλληλα με την καρποφορία σχηματίζει και αρκετή νέα βλάστηση η οποία και θα δώσει παραγωγή (μειωμένη) την επόμενη χρονιά.

Επομένως, με τις κατάλληλες καλλιεργητικές τεχνικές, όπως το κλάδεμα, την απαραίτητη λίπανση, άρδευση και φυτοπροστασία, σε πολλές περιπτώσεις η παρεννιαυτοφορία μπορεί να μειωθεί σημαντικά.

2.5 Καλλιέργεια Ελιάς

2.5.1 Κλίμα - Έδαφος

Η ελιά καλλιεργείται στην εύκρατη και υποτροπική ζώνη μεταξύ 30° και 45° γεωγραφικό πλάτος. Απαντάται κυρίως στις παραμεσόγειες χώρες, όπου ο χειμώνας είναι ήπιος και το καλοκαίρι ζεστό και ξηρό. Για το λόγο αυτό η λεκάνη της Μεσογείου διαθέτει τις καλύτερες κλιματολογικές και τοπογραφικές συνθήκες για την καλλιέργεια ελιάς.

Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την καλλιέργεια της ελιάς είναι η θερμοκρασία. Η ελιά ευδοκιμεί σε περιοχές με μέση ετήσια θερμοκρασία 15-20 °C, ελάχιστη -4 °C και μέγιστη 40 °C. Η ελιά απαιτεί ένα συγκεκριμένο αριθμό χαμηλών θερμοκρασιών (ο οποίος διαφέρει σε κάθε ποικιλία) για τη διαφοροποίηση των ανθοφόρων οφθαλμών της. Ακόμη, η υψηλή θερμοκρασία κατά την περίοδο του καλοκαιριού επηρεάζει την καλλιέργεια της ελιάς προκαλώντας καρπόπτωση. Η υψηλή σχετική υγρασία ευνοεί την ανάπτυξη μυκητολογικών προσβολών στην ελιά και κατά την ανθοφορία μειώνει σημαντικά την καρπόδεση. Το χαλάζι είναι ζημιογόνο για την ελιά γιατί καταστρέφει την παραγωγή και ευνοεί την ανάπτυξη καρκινωμάτων. Παρά το γεγονός της ανθεκτικότητας της ελιάς στον άνεμο, άνεμοι ζεστοί και ξηροί καθώς και ψυχροί και υγροί κατά την περίοδο της ανθοφορίας προκαλούν μειωμένη καρπόδεση και καρπόπτωση.

Η ελιά αναπτύσσεται σε όλα τα εδάφη, σε σχετικά ξηρά και φτωχά, ασβεστώδη, χαλικώδη και πετρώδη. Τα καταλληλότερα όμως εδάφη για την ανάπτυξη της είναι τα καλά στραγγιζόμενα, βαθιά αμμοπηλώδη εδάφη, που είναι εφοδιασμένα με N, K, P και νερό. Η ελιά αναπτύσσεται σε μετρίως όξινα ή αλκαλικά εδάφη. Μπορεί όμως να αναπτυχθεί και σε εδάφη με σχετικά υψηλό περιεχόμενο σε βόριο (Θερίος, 2005).

2.5.2 Φύτευση

Τα πιο συνηθισμένα συστήματα για τη φύτευση των ελαιόδεντρων είναι το τετράγωνο και οι ισοϋψείς καμπύλες ή γραμμές. Η πυκνότητα φύτευσης διαμορφώνεται ανάλογα με το σύστημα εκμετάλλευσης που θα εφαρμοστεί (εντατικό ή μη). 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. Σε ορεινές και ημιορεινές περιοχές με επικλινή εδάφη εφαρμόζεται το σύστημα των ισούψων καμπύλων, ενώ σε εδάφη με κλίση πάνω από 75% απαιτείται η κατασκευή αναβαθμιδών. Τελευταία και στην Ελλάδα εφαρμόζεται το σύστημα υπέρπυκνης φύτευσης με πολύ μικρές αποστάσεις (1,5-2 m) των δέντρων επί των γραμμών με κατάλληλες επιλογές κλώνων ποικιλιών.

2.5.3 Διαμόρφωση κόμης - Κλάδεμα

Τα επικρατέστερα σχήματα της ελιάς είναι τα χαμηλά (θάμνος ή χαμηλό κύπελλο), μέτρια ή κανονικά σχήματα (ελεύθερο σφαιρικό, για μηχανική συγκομιδή, άτρακτος, φυτικό τείχος).

Το κλάδεμα γίνεται κυρίως για να βελτιωθεί ο φωτισμός στην κόμη του δέντρου, για να γίνει πιο εύκολη η συγκομιδή του ελαιόκαρπου και για να μειωθεί η παρενιαυτοφορία.

Ο τρόπος κλαδέματος διαφέρει ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης του δέντρου. Στα νεαρά δένδρα εφαρμόζεται συνήθως το κλάδεμα διαμόρφωσης για τη δημιουργία ενός ανθεκτικού σκελετού που να αντέχει το βάρος της καρποφορίας και τους ανέμους. Στα ώριμα δέντρα εφαρμόζεται κλάδεμα καρποφορίας για το σχηματισμό νέας βλάστησης που θα βοηθήσει την καρποφορία του επόμενου έτους καθώς και την επίτευξη 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 δέντρων σε λειτουργικά σχήματα και μεγέθη.

2.5.4 Λίπανση

Η λίπανση στην ελιά γίνεται κάθε χρόνο για ικανοποιητική καρποφορία και παραγωγής. Οι ποσότητες του λιπάσματος που χρειάζονται εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, όπως είναι η ηλικία των δέντρων, η αναμενόμενη παραγωγή, η γονιμότητα του εδάφους και από το αν αρδεύονται ή όχι. Το

άζωτο χρειάζεται σε μεγάλες ποσότητες, σε όλη τη διάρκεια του χρόνου, προκειμένου το ελαιόδεντρο να αναπτύξει έντονη βλάστηση, υψηλό ποσοστό τέλειων ανθέων, υψηλή καρπόδεση και καλή καρποφορία. Η έλλειψη αζώτου οδηγεί σε μειωμένη καρποφορία ή σε παρενιαυτοφορία. Οι ανάγκες της ελιάς σε φώσφορο είναι χαμηλές μιας και το έδαφος δεσμεύει το φώσφορο και τον αποδεσμεύει σταδιακά με τα χρόνια. Οι απαιτήσεις της ελιάς σε κάλιο είναι υψηλές και γι' αυτό η λίπανση με κάλιο πρέπει να γίνεται τακτικά. Ελλείψεις μαγνησίου και ψευδαργύρου προκαλεί συμπτώματα τροφοπενίας Mg ή Zn και είναι πιθανή η ανάγκη λίπανσης. Το βόριο αποτελεί το στοιχείο που λείπει συνήθως από πολλές περιοχές ελαιοκαλλιέργειας στην Ελλάδα. Το βόριο βοηθά στην καλύτερη προσρόφηση και μετακίνηση των άλλων ανόργανων στοιχείων με αποτέλεσμα να βοηθά σημαντικά την ανάπτυξη και παραγωγικότητα του ελαιόδεντρου.

2.5.5 Άρδευση

Η άρδευση επηρεάζει σημαντικά τη βλάστηση, την ανθοφορία και την καρποφορία των ελαιόδεντρων. Η ελιά είναι ανθεκτική στην ξηρασία, αλλά σε ορισμένες περιόδους η επαρκής υγρασία στο έδαφος είναι απαραίτητη. Οι κρίσιμες περιόδους μπορούν να παρατηρηθούν τόσο το καλοκαίρι όσο και το χειμώνα και αφορούν τη διαφοροποίηση των ανθοφόρων οφθαλμών, την άνθηση, την αύξηση βλαστών και καρπών. Η άρδευση αυξάνει την παραγωγή τέλειων ανθέων, το ποσοστό της καρπόδεσης και την καλή καρποφορία. Η ανεπάρκεια υγρασίας μειώνει τη βλάστηση, αυξάνει τα ατελή άνθη, αυξάνει την παρενιαυτοφορία, μειώνει την καρπόδεση με αποτέλεσμα τη μείωση της παραγωγής του ίδιου αλλά πιθανώς και του επόμενου έτους. Η υπερβολική άρδευση οδηγεί σε κορεσμό του εδάφους με αποτέλεσμα την έλλειψη οξυγόνου στο έδαφος, η οποία μπορεί να προκαλέσει αλλαγή στο μεταβολισμό των ριζών και να παρεμποδίσει την απορρόφηση νερού και θρεπτικών στοιχείων. Τα δέντρα που αναπτύσσονται κάτω από τέτοιες συνθήκες γίνονται μικρά, με πολυάριθμους μικρούς κλαδίσκους, με μικρά και κιτρινοπράσινα φύλλα, μικρή απόδοση και πρόωρη ωρίμανση των καρπών.

Στην ελιά εφαρμόζονται βελτιωμένα συστήματα άρδευσης, όπως είναι το σύστημα σταγόνων και το σύστημα μικροεκτοξευτήρων ανάλογα με τις εδαφοκλιματολογικές συνθήκες της κάθε περιοχής για ορθολογική χρήση νερού και για την παραγωγή σταθερής και καλής ποιότητας καρπού.

2.5.6 Εχθροί και ασθένειες

Εχθροί

Ο δάκος (*Bactrocera oleae*), ο πυρηνοτρήτης (*Prays oleae*), το λεκάνιο (*Saissetia oleae*) και η βαμβακάδα της ελιάς (*Euphyllura olivina*), είναι οι σημαντικότεροι εχθροί της, οι οποίοι είναι διαδεδομένοι ευρέως στην περιοχή της Μεσογείου προκαλώντας σημαντικές οικονομικές απώλειες.

Ο δάκος (*Bactrocera oleae*) αποτελεί έναν από τους σοβαρότερους εχθρούς της ελιάς, και έχει 3-4 γενεές ανά έτος. Η προνύμφη του εντόμου διατρέφεται από τον καρπό προκαλώντας πρώιμη 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*) έχει 3 γενεές το έτος και οι προνύμφες της κάθε γενεάς προσβάλλουν διαφορετικό όργανο του δένδρου από ότι των άλλων γενεών (Τζανακάκης και Κατσόγιαννος, 2003). Προσβάλλει άνθη, φύλλα, βλαστούς, και καρπό και προκαλεί καρπόπτωση. Η καταπολέμησή του γίνεται την άνοιξη με εντομοκτόνα.

Το λεκάνιο (*Saissetia oleae*) έχει 1 με 2 γενεές ανά έτος ανάλογα την περιοχή. προσβάλλει τόσο τα φύλλα και τους τρυφερούς βλαστούς όσο και τα κλαδιά, όπου εγκαθίσταται μόνιμα μυζώντας τους χυμούς τους και απεκκρίνοντας άφθονα μελιτώδη αποχωρήματα. Για την αντιμετώπισή του μπορεί να απαιτηθούν 1-2 ψεκασμοί τον Ιούλιο-Αύγουστο.

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

Ασθένειες

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

Το κυκλοκόνιο είναι η σημαντικότερη ασθένεια φυλλώματος της ελιάς, προκαλείται από το μύκητα *Cycloconium oleaginum*, που βρίσκεται σε όλες τις μεσογειακές χώρες και στην Καλιφόρνια. Προκαλεί φυλλόπτωση, μειωμένη διαφοροποίηση ανθέων και μειωμένη καρπόδεση. Η προσβολή είναι πιο συχνή σε υγρές περιοχές ή υγρές περιόδους του έτους. Η αντιμετώπιση της μπορεί να γίνει με 2-4 ψεκασμούς με χαλκούχα σκευάσματα.

Βερτισιλλίωση οφείλεται στο μύκητα *Verticillium dahliae*, και υπάρχει σχεδόν σε όλες τις ελαιοκομικές χώρες. 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, ξηραίνονται και παραμένουν πάνω στο δέντρο. Αντιμετωπίζεται κυρίως με την εκρίζωση ασθενών δένδρων, κάψιμο και στην συνέχεια απολύμανση του σημείου φύτευσης καθώς και την αποφυγή συγκαλλιέργειας με κηπευτικά που αυξάνουν τον κίνδυνο της Βερτισιλλίωσης.

Καρκίνωση (ή Φυματίωση) Προκαλείται από το βακτήριο *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. Για την αντιμετώπιση της ασθένειας εφαρμόζονται προληπτικά καλλιεργητικά μέτρα, όπως η αφαίρεση και κάψιμο των προσβεβλημένων κλάδων, απολύμανση εργαλείων κλαδέματος, ψεκασμός με χαλκούχα σκευάσματα μετά από παγετό ή χαλάζι.

Γλοιοσπόριο 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. Για την αντιμετώπιση γίνονται 1-2 ψεκασμοί με χαλκούχα μυκητοκτόνα.

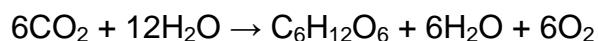
2.6 Φυσιολογία φύλλου

Τα φύλλα της ελιάς έχουν σχήμα λογχοειδές, είναι βραχύμισχα, επιμήκη, λειόχειλα με βαθύ πράσινο χρώμα στην πάνω και ασημί στην κάτω επιφάνεια λόγω της ύπαρξης πολυκύτταρων τριχών διατεταγμένων σε 6–8 στρώματα. Στην πάνω επιφάνεια οι τρίχες είναι κατά πολύ λιγότερες και διατάσσονται σε ένα αραιό στρώμα. Τα φύλλα εμφανίζονται δύο σε κάθε γόνατο και αντίθετα το ένα από το άλλο. Η ανατομική οργάνωση των φύλλων είναι η χαρακτηριστική των αείφυλλων σκληρόφυλλων της μεσογειακής χλωρίδας, με πυκνά διατεταγμένα και μικρού μεγέθους κύτταρα, και περιορισμένους μεσοκυττάριους χώρους. Η επιδερμίδα είναι μονόστρωμη και καλύπτεται από ισχυρή εφυμενίδα, ενώ το δρυφακτοειδές παρέγχυμα αναπτύσσεται σε 4–5 στρώσεις κυττάρων. Ανάλογο πάχος διαθέτει και η περιοχή του σπογγώδους παρεγχύματος. Στο μεσόφυλλο είναι χαρακτηριστική η παρουσία πολυάριθμων ιδιοβλαστικών σκληρείδων μεγάλου μήκους με παχιά κυτταρικά τοιχώματα.

2.6.1 Φωτοσύνθεση

Αποτελεί την σπουδαιότερη φυσιολογική λειτουργία των φυτών και βασική λειτουργία της ζωής, διότι μ' αυτή, η ηλιακή ενέργεια μετατρέπεται σε χημική και μάλιστα με υψηλό συντελεστή απόδοσης. Πραγματοποιείται με την απόσπασση υδρογόνου από το νερό με απελευθέρωση οξυγόνου. Το υδρογόνο μεταφέρεται στο διοξείδιο του άνθρακα για τη δημιουργία μιας οργανικής ένωσης.

Η συνολική εξίσωση που εκφράζει τη φωτοσύνθεση είναι:



Το νερό που χρησιμοποιείται προέρχεται από το έδαφος, απ' όπου απορροφάται από το ριζικό σύστημα, και το διοξείδιο του άνθρακα λαμβάνεται άμεσα από την ατμόσφαιρα. Το διοξείδιο του άνθρακα εισέρχεται στα φύλλα τα οποία αποτελούν το όργανο της φωτοσύνθεσης μέσω των στοματίων τα οποία θα πρέπει να είναι ανοικτά για να πραγματοποιηθεί η φωτοσύνθεση. Για τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε χημική με τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης απαραίτητη προϋπόθεση είναι η απορρόφηση φωτός. Αυτή η

μετατροπή πραγματοποιείται στα πράσινα μέρη του φυτού 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 δύο είδη χλωροφύλλης, η χλωροφύλλη a και η χλωροφύλλη b. Κάθε χρωστική απορροφά ακτινοβολία συγκεκριμένου μήκους κύματος με αποτέλεσμα να επέρχεται αλλαγή στο μόριο της.

2.6.2 Παράγοντες που τροποποιούν το ρυθμό φωτοσύνθεσης

Η τροποποίηση στο άνοιγμα των στοματίων έχει ως αποτέλεσμα να επηρεάζεται ο ρυθμός φωτοσύνθεσης. Οι παράγοντες που την επηρεάζουν είναι τόσο οι εξωτερικοί όσο και οι εσωτερικοί και η επίδρασή τους είναι άμεση (φως, CO₂) ή έμμεση (θρεπτικά ιόντα, νερό).

2.6.2.1 Εξωτερικοί παράγοντες

Φως

Βασική προϋπόθεση για τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης είναι το φως. Η φωτοσυνθετική απόδοση ενός φυτού είναι ανάλογη με την ένταση του φωτός. Παρόλα αυτά 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 αντανakλάται 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 ως ποσοστά της ολικής έντασης του φωτός στην ατμόσφαιρα.

Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

Σημαντικός παράγοντας για το σχηματισμό των οργανικών ενώσεων κατά τη φωτοσύνθεση αποτελεί η ύπαρξη CO₂. Η φωτοσυνθετική απόδοση των φυτών επηρεάζεται από τη συγκέντρωση του CO₂. Έτσι, όσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση του CO₂ στην ατμόσφαιρα, τόσο πιο έντονη είναι η φωτοσυνθετική απόδοση των φυτών για μια συγκεκριμένη ένταση φωτισμού. Αλλά, πολύ υψηλές συγκεντρώσεις CO₂ προκαλούν το κλείσιμο των στοματίων με αποτέλεσμα να μην προσλαμβάνεται από τα φυτά. Η συγκέντρωση του CO₂ στην ατμόσφαιρα δεν υπερβαίνει το 0,038% του όγκου της και είναι συνήθως σταθερή. Αλλά οι καύσεις από ανθρώπινες δραστηριότητες εμπλουτίζουν τοπικά και σε παγκόσμιο επίπεδο ραγδαία την ατμόσφαιρα με CO₂, ιδιαίτερα τις τελευταίες δεκαετίες.

Νερό

Απαραίτητη προϋπόθεση για τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης αποτελεί το διαθέσιμο νερό. Σε συνθήκες έλλειψης νερού αναστέλλεται η φωτοσύνθεση καθώς: α) προκαλεί το κλείσιμο των στοματίων β) επηρεάζει τη δομή και τη λειτουργία των κυττάρων, γ) 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 συνάμα ανακλούν μεγαλύτερο μέρος του φωτός). Η έλλειψη νερού αλλάζει την ενυδάτωση των πρωτεϊνών, συμπεριλαμβανομένων προφανώς και των πρωτεϊνών που συμμετέχουν στη φωτοσύνθεση και επηρεάζει κατά συνέπεια τη λειτουργία τους. Παρατηρείται τις θερμές ώρες της ημέρας συχνά το φαινόμενο του προσωρινού μαρασμού που οφείλεται στο κλείσιμο των στοματίων (μεσημβρινή κάμψη).

Η φωτοσυνθετική απόδοση επηρεάζεται από τη σχετική υγρασία του αέρα στο περιβάλλον του φυτού. Επομένως σε χαμηλή υγρασία αέρα, η άριστη

θερμοκρασία για τη φωτοσύνθεση είναι μικρότερη από την αντίστοιχη σε υψηλή υγρασία.

Θρεπτικά στοιχεία

Η λειτουργία της φωτοσύνθεσης επηρεάζεται από την έλλειψη των βασικών θρεπτικών στοιχείων των φυτών. Οι μειωμένες ποσότητες του αζώτου και του μαγνησίου εμποδίζουν το σχηματισμό της χλωροφύλλης, καθώς αποτελούν δομικά συστατικά της (χλωροφύλλη a - $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$). Ωστόσο το άζωτο λαμβάνει μέρος στη σύνθεση των πρωτεϊνών (η κύρια πρωτεΐνη στα φύλλα και επομένως στα φυτά είναι το RUBISCO των σκοτεινών αντιδράσεων του χλωροπλάστη) και επηρεάζει το μέγεθος των φύλλων και τη λειτουργία των στοματίων. Ο σίδηρος συμβάλλει στο σχηματισμό της χλωροφύλλης, αν και δεν αποτελεί δομικό στοιχείο της. Παρόλα αυτά η φωτοσυνθετική δραστηριότητα του φυτού επηρεάζεται έμμεσα από την έλλειψή του. Ελλιπείς ποσότητες φωσφόρου εμποδίζουν τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης, επηρεάζοντας το σύστημα μεταφοράς ενέργειας (ADP, ATP).

Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα στη λειτουργία της φωτοσύνθεσης καθώς επηρεάζει τη δομή και τη λειτουργία του κυττάρου. Η φωτοσυνθετική απόδοση αυξάνεται ανάλογα με τη θερμοκρασία. Υπάρχει όμως μια τιμή θερμοκρασίας πέρα από την οποία προκαλείται ελάττωση της καθαρής φωτοσύνθεσης, η οποία τελικά σταματά όταν αυξάνεται σημαντικά η θερμοκρασία. Το παραπάνω φαινόμενο αποδίδεται στη φωτοαναπνοή, στις βλάβες που προκαλούν στα κύτταρα οι υψηλές θερμοκρασίες καθώς και στη θερμοευαισθησία των στοματίων, που σε υψηλές θερμοκρασίες κλείνουν περιορίζοντας τη φωτοσυνθετική απόδοση.

Η αύξηση της θερμοκρασίας δεν αυξάνει ανάλογα τη φωτοσυνθετική απόδοση, όταν επικρατεί χαμηλή ένταση φωτός, ενώ σε υψηλή ένταση φωτός, η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί αύξηση της φωτοσύνθεσης μέχρι κάποια μέγιστη τιμή πέρα από την οποία η φωτοσυνθετική απόδοση

μειώνεται. Η ιδανική θερμοκρασία φωτοσύνθεσης διαφοροποιείται από το είδος του φυτού και εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος εξάπλωσής του.

2.6.2.2 Εσωτερικοί παράγοντες

Η φωτοσυνθετική απόδοση των φυτών επηρεάζεται από την κατασκευή και διάταξη των φύλλων, την ηλικία, το μέγεθος, τον αριθμό και τη συμπεριφορά των στοματίων καθώς και τη συγκέντρωση της περιεχόμενης χλωροφύλλης των φύλλων. Συγκεκριμένα, στα νεαρά φύλλα η φωτοσυνθετική απόδοση είναι μικρή, αυξάνεται με την αύξηση της ηλικίας τους μέχρι την πλήρη ανάπτυξή τους (σε λίγες εβδομάδες) και στη συνέχεια μειώνεται σταδιακά. 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 στοματίων 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. Στην ελιά βρίσκονται μόνο στην κατώτερη πλευρά των φύλλων και καλυμμένα με σειρά πολυκύτταρων τριχών.

2.6.3 Διαπνοή

Μια άλλη φυσιολογική λειτουργία του φυτού που χρειάζεται ηλιακή ενέργεια όπως η φωτοσύνθεση είναι και η διαπνοή. Στη φωτοσύνθεση γίνεται δέσμευση της ηλιακής ενέργειας, ενώ στη διαπνοή χρησιμεύει ως πηγή θερμότητας και πληροφορίας.

Η διαπνοή επηρεάζεται από τους εξής παράγοντες:

Φως

Αύξηση της έντασης του φωτός συνεπάγεται αύξηση της θερμοκρασίας του φύλλου και κατά συνέπεια της διαπνοής.

Θερμοκρασία

Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία, αυξάνεται και η διαπνοή των φυτών ιδιαίτερα στο στάδιο ανάπτυξης των φυτών καθώς και όταν ο αέρας είναι ζεστός.

Σχετική υγρασία

Ο ρυθμός διαπνοής μειώνεται καθώς αυξάνεται η σχετική υγρασία του περιβάλλοντος γύρω από τα φυτά.

Άνεμος

Όσο αυξάνεται η ταχύτητα του ανέμου που περιβάλλει το φυτό, ανάλογα αυξάνεται και η διαπνοή του.

Παράγοντες του φυτού

Παράγοντες του φυτού που επηρεάζουν την διαπνοή είναι: α) τα φύλλα ως προς το μέγεθος, το σχήμα, τον προσανατολισμό, τη δομή και την επιφάνεια κάλυψης τους, β) τα στομάτια 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.

2.6.4 Φθορισμός της χλωροφύλλης

Η φωτεινή ενέργεια που απορροφάται από τα μόρια χλωροφύλλης σε ένα φύλλο μετατρέπεται σε μία από τις παρακάτω τρεις μορφές. 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. Η τελευταία επανεκπομπή του φωτός καλείται φθορισμός χλωροφύλλης. Οι τρεις αυτές διαδικασίες αλληλοσυμπληρώνονται 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).

2.6.4.1 Μέτρηση του φθορισμού της χλωροφύλλης

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 (F_m). 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.

2.7 Ρύπανση Περιβάλλοντος

Σημαντική αύξηση παρουσιάζει η ατμοσφαιρική ρύπανση σε ποσότητα, συγκέντρωση, και διάρκεια με αποτέλεσμα την αλλοίωση της δομής, της σύστασης και των χαρακτηριστικών της ατμόσφαιρας. Η ρύπανση της ατμόσφαιρας, γνωστή και ως φωτοχημικό νέφος, είναι μίγμα ρύπων που σχηματίζονται όταν αλληλεπιδρούν παρουσία 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, κυκλοφορία οχημάτων, κ.λπ.). Οι κυριότεροι ρύποι 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 στοματίων και κυρίως μείωση της αύξησης και της παραγωγικότητας αυτών (Larcher, 1995).

2.7.1 Επίδραση της ρύπανσης στα φυτά

Η επίδραση της ρύπανσης στα φυτά εξαρτάται από παράγοντες με βάση, 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 τις κλιματικές και καιρικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Επιπλέον, 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 ρύπους 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, SO₂). Ακόμη, 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.

2.7.2 Κυριότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι και οι επιδράσεις τους στα φυτά

Οι ρύποι διακρίνονται σε πρωτογενείς και δευτερογενείς ανάλογα με τον τρόπο παραγωγής τους. 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 (SO₂), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), οι υδρογονάνθρακες, το χλώριο (Cl₂) και το φθόριο (F₂).

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 $2 \cdot 10^{-3} - 200 \mu\text{m}$), που μπορούν να αιωρούνται στην ατμόσφαιρα για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Προέρχονται από βιομηχανίες τσιμέντου, λατομεία, ανθρακωρυχεία, από εξόρυξη μετάλλων, 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 και όχι μόνο προβλήματα στον άνθρωπο 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): Είναι ένα άχρωμο και άοσμο αέριο που εκπέμπεται ως προϊόν ατελούς καύσεως από όλες τις μηχανές, π.χ. μηχανές αυτοκινήτων, βιομηχανίες.

γ) Διοξείδιο του θείου (SO₂): Πρόκειται για ένα τοξικό αέριο, άχρωμο και άοσμο που προκαλεί τη μεγαλύτερη ζημιά στη φυτική παραγωγή. Προέρχεται από τα ηφαίστεια, αλλά οι εκπομπές από τις κεντρικές θερμάνσεις, τα διυλιστήρια πετρελαίου, τις χημικές βιομηχανίες και τα πετρελαιοκίνητα οχήματα είναι οι πιο ζημιογόνες. Μέσω των ανοικτών στοματίων εισέρχεται στα φυτά, στα οποία και προκαλεί ζημιές στις κυτταρικές μεμβράνες, παρεμπόδιση της λειτουργίας του ενζύμου Rubisco και της καρβοξυλάσης του PEP, καθώς και αποδόμηση των φωτοσυνθετικών χρωστικών. Σε χαμηλές συγκεντρώσεις ($45 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$) προκαλεί άνοιγμα των στοματίων, ενώ σε υψηλές συγκεντρώσεις (πάνω από $1300 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$) προκαλεί κλείσιμο των στοματίων.

δ) Μόλυβδος (Pb): Παράγεται από την καύση απορριμμάτων και τους βιομηχανικούς καυστήρες.

στ) Διοξείδιο του αζώτου (NO₂): Είναι ένα αέριο καφέ χρώματος, με ιδιόζουσα μυρωδιά και αποτελεί τον κυριότερο ρύπο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της όξινης βροχής. Παράγεται παρουσία της ηλιακής ακτινοβολίας με χημικές αντιδράσεις από το μονοξείδιο του αζώτου (NO), το οποίο παράγεται από αυτοκίνητα, φορτηγά και τις βαριές βιομηχανίες.

ε) Όζον (O₃): Πρόκειται για ένα άοσμο, άχρωμο αέριο με οξειδωτική δράση. Εμφανίζεται στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας και προστατεύει την γη από τη βλαβερή υπεριώδη ακτινοβολία, ενώ στα κατώτερα στρώματα αποτελεί τον κυριότερο ρύπο του φωτοχημικού νέφους. Παράγεται μέσω χημικών αντιδράσεων μεταξύ του οξυγόνου (O₂), οξειδίων του αζώτου και πτητικών οργανικών ενώσεων παρουσία ηλιακής ακτινοβολίας και υψηλής θερμοκρασίας. Στα φυτά επιδρά στην ανάπτυξή τους, προκαλεί μεγάλες ζημιές στη δασική βλάστηση και προκαλεί τη μεγαλύτερη μείωση της αγροτικής παραγωγής. Χαρακτηριστικό σύμπτωμα είναι το εύθραυστο των μεμβρανών και ειδικότερα του πλασμαλήμματος καθώς και η δυσλειτουργία των χλωροπλαστών. Στην κάτω επιφάνεια των φύλλων, έχει παρατηρηθεί νέκρωση και χλώρωση γύρω και κοντά στα στομάτια. Η έκθεση σε μεγάλες συγκεντρώσεις όζοντος στο έλατο προκαλεί αύξηση της πτώσης των ώριμων φύλλων, και στο πεύκο οδηγεί σε μειωμένη παραγωγή πευκοβελόνων καθώς και στην πτώση τους, η οποία συνεχίζεται και μετά την αφαίρεση του.

Κόνις τσιμέντου: Παράγεται από τις βιομηχανίες τσιμέντου οι οποίες είναι ιδιαίτερα ρυπογόνες για το περιβάλλον. Το τσιμέντο, ή σκυροκονίαμα, είναι ένα λεπτό διαμερισμένο ανόργανο υλικό (κόνις) που σε ανάμιξη με νερό σχηματίζει μια στρώση 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 κόνι, 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 αργιλοπηριτικών πετρωμάτων.

2.7.3 Αντιδράσεις των φυτών από την παρουσία κόνεων από τσιμεντοβιομηχανίες και χωματόδρομους

Η κόνις αποτελείται από στερεά υλικά πολύ μικρά σε μέγεθος, που μεταφέρονται με τον άνεμο.

Η εναπόθεση κόνεως στη βλάστηση καλλιεργούμενη ή φυσική μπορεί να προκαλέσει σημαντικές φυσικές (λόγω σκίασης ή παρεμπόδισης της

λειτουργίας των στοματίων) ή χημικές επιδράσεις στην επιφάνεια των φυτών ή μπορεί να εκδηλωθεί με αλλαγές στη χημεία του εδάφους. Η εναπόθεση κόνεων στα φύλλα των φυτών ποικίλλει ανάλογα με τη δομή, τη γεωμετρία, τα επιδερμικά χαρακτηριστικά, το ύψος και τη δομή της κόμης των δέντρων, αλλά και από τη θέση και το ύψος των πηγών εκπομπής. Έχουν εμφανιστεί συμπτώματα όπως βλάβες στο φύλλωμα, χλώρωση, νέκρωση στα φύλλα, μειωμένη ανάπτυξη και παραγωγή, μειωμένη αναπαραγωγή, καθώς και αλλαγές στην ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. Επίσης, 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 σημειωθεί είναι η χαμηλή περιεκτικότητα σε διατροφικά συστατικά στο φύλλωμα, η συσσώρευση βαρέων μετάλλων στα φυτά, ο τραυματισμός του φυλλώματος και η πρόωρη γήρανση.

Τα σωματίδια της κόνεως εισέρχονται κατά το μεγαλύτερο μέρος μέσω των στοματίων, όπως το CO_2 για τη φωτοσύνθεση, και διαλύονται στο εξωκυττάριο νερό στο χώρο του αποπλάστη. Άρα, η είσοδος κόνεως, από όπου και αν προέρχεται, μπορεί να μπλοκάρει τη λειτουργία των στοματίων και ενδεχομένως να μειώσει τους ρυθμούς της φωτοσύνθεσης και της διαπνοής ή και να δράσει κατευθείαν στα κύτταρα του φύλλου. Η απόθεση αδρανούς κόνεως βρέθηκε πως επηρεάζει τη φυσιολογία των φυτών, μέσω της λειτουργίας της φωτοσύνθεσης, των στοματίων 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 H_2O και CO_2 μέσω των στοματίων, ενώ η εσωτερική συγκέντρωση CO_2 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.

Η κόνις τσιμέντου έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζει αρνητικά τη σύσταση του εδάφους. 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, σημαντική αύξηση παρουσίασαν τα επίπεδα χρωμίου, πυριτίου, σιδήρου και ασβεστίου. Τα επίπεδα ρύπανσης μειώθηκαν σημαντικά με την απόσταση από τα εργοστάσια.

Σημαντικός παράγοντας είναι και το μέγεθος των σωματιδίων της κόνεως. Χαρακτηριστικά βρέθηκε ότι η κόνις από τσιμεντοβιομηχανία έχει διάμετρο κάτω από 30 μm, η κόνις που προέρχεται από αστικούς δρόμους έχει διάμετρο 3-100 μm και αυτή που προέρχεται από τις εξατμίσεις των οχημάτων 3-30 μm. Για τους χωματινούς 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. Επίσης, βρέθηκε ότι οι μη ασφαλοστρωμένοι δρόμοι παράγουν μεγαλύτερα επίπεδα κόνεως από τους ασφαλοστρωμένους (Farmer, 1993).

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 των οποίων η σύσταση είναι χημικά αδρανής.

2.7.4 Αποτελέσματα από διάφορες μελέτες από την παρουσία κόνεων τσιμέντου, ορυχείων, λατομείων και αστικών δρόμων στα φυτά

2.7.4.1 Αποτελέσματα από την απόθεση κόνεως τσιμέντου σε ετήσια φυτά

Η απόθεση κόνεως τσιμέντου σε έρευνες που πραγματοποιήθηκαν, προκάλεσε μπλοκάρισμα των στοματίων στην άμπελο (*Vitis vinifera*) (Pierce, 1909), παρεμπόδιση της βλαστικότητας της γύρης στα σμέουρα (*Rubus*

idaeus) (Anderson, 1914), στα τεύτλα (*Beta vulgaris*) (Czaja, 1961) παρατηρήθηκε πλασμόλυση των κυττάρων στα φύλλα και θάνατος του φυτού καθώς και μείωση της ανάπτυξης στο γογγύλι (*Brassica campestris*) (Πίν. 2.1) (Shukla et al. 1990).

Οι Singh & Rao (1968) διαπίστωσαν ότι η απόθεση κόνεως τσιμέντου στο σιτάρι (*Triticum aestivum*) προκάλεσε μείωση της παραγωγής και της ανάπτυξης, καθώς και μείωση της πρόσληψης N, Ca, και αύξηση της πρόσληψης P, ενώ σε άλλη έρευνα οι ίδιοι διαπίστωσαν στο ίδιο είδος μείωση της διαπνοής και της ανάπτυξης (Πίν. 2.1) (Singh & Rao, 1981).

Σε έρευνα που έγινε στο βαμβάκι (*Gossypium hirsutum*) διαπιστώθηκε μείωση του ξηρού βάρους και αλλαγή στη φυσιολογία του φυτού κατά την απόθεση επαρκών συγκεντρώσεων κόνεως τσιμέντου σε μικρό χρονικό διάστημα (σε δύο εβδομάδες) (Armbrust, 1968). Επίσης, έρευνες έδειξαν ότι η κόνις τσιμέντου μείωσε την παραγωγικότητα και τη συγκέντρωση χλωροφύλλης σε διάφορα φυτά όπως το βαμβάκι (Πίν. 2.1) (Pandey and Kumar, 1996, Satao et al., 1993).

Μετά από έρευνες που έγιναν, διαπιστώθηκε ότι 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. Ακόμη, αυξήθηκε η διαθεσιμότητα των φωσφορικών, του ασβεστίου και του μαγγανίου στο έδαφος. Στο σιτάρι, την αραχίδα, το βαμβάκι και το σουσάμι μειώθηκε η παραγωγή και η ποιότητα του σπόρου, ενώ στις μπάμιες παρατηρήθηκε μείωση της συγκομιδής κατά 30%, λόγω μειωμένης καρπόδεσης.

2.7.4.2 Αποτελέσματα από την απόθεση κόνεων τσιμέντου, ορυχείων, λατομείων και αστικών δρόμων σε πολυετή φυτά

Σε ανασκόπηση του Farmer (1993) που έγινε για τις δενδρώδεις καλλιέργειες διαπιστώθηκε πως η κόνις από τσιμέντο μπορεί να προκαλέσει τραυματισμό των φύλλων και του φλοιού, μειωμένη καρπόδεση και γενικότερα μείωση της ανάπτυξης.

Σε έρευνα που έγινε για την επίδραση της κόνεως από τσιμέντο στη φυσιολογία των φύλλων ελιάς (Nanos and Ilias, 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 a/b. Έτσι μειώθηκε ο ρυθμός φωτοσύνθεσης καθώς και η παραγωγή. Επιπλέον μειώθηκε ελαφρώς ο ρυθμός διαπνοής και η κίνηση H₂O και O₂ μέσω των στοματίων. Η εσωτερική συγκέντρωση CO₂ στα φύλλα παρέμεινε σταθερή και αυξήθηκε η θερμοκρασία του φύλλου (Πίν. 2.1) (Nanos and Ilias, 2007).

Σε μία άλλη έρευνα του Anderson (1914) 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 (Πίν. 2.1), καθώς τα διαλύματα κόνεως ανέστειλαν τη βλάστηση της γύρης.

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε στα δασικά είδη *Acer pseudoplatanus*, *Prunus spinosa*, *Corylus avellana*, *Salix viminalis*, *Picea abies* και *Pinus sylvestris* διαπιστώθηκε τραυματισμό των φύλλων από κόνι τσιμέντου (Πίν. 2.1). 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).

Οι Fluckiger et al. (1977) σε έρευνα για την επίδραση κόνεως από αστικούς δρόμους στα είδη *Populus tremula*, *Betula pendula*, *Alnus glutinosa*, *Fraxinus excelsior* διαπίστωσαν μπλοκάρισμα των στοματίων και μείωση της αντίστασης στη διάχυση αερίων μέσω των στοματίων (Πίν. 2.1). Οι ίδιοι σε άλλη μελέτη στο είδος *Fraxinus excelsior* διαπίστωσαν μείωση της φωτοσύνθεσης και αύξηση της θερμοκρασίας του φύλλου (Fluckiger et al., 1982).

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε για την επίδραση κόνεως ασβεστόλιθου διαπιστώθηκε χλώρωση στο είδος *Tsuga canadensis* (Manning, 1971). Σε άλλες έρευνες στα είδη *Acer rubrum*, *Quercus prinus* και *Quercus rubra* προκάλεσε μείωση της ανάπτυξης, νεκρώσεις στα φύλλα και ξεφλούδισμα του

φλοιού, ενώ στο είδος *Liriodendrum tulipifera* προκάλεσε αύξηση της ανάπτυξης (Πίν. 2.1) (Brandt and Rhoades, 1972, 1973).

Σε μια έρευνα στο είδος *Quercus coccifera* η απόθεση κόνεως ασβεστόλιθου προκάλεσε μείωση της φωτοσύνθεσης λόγω της μειωμένης στοματικής αγωγιμότητας στα φύλλα καθώς και των χημικών επιδράσεων της κόνεως σε αυτά. Στην ίδια έρευνα διαπιστώθηκε μείωση του λόγου Fm/Fv λόγω της μειωμένης φωτοχημικής απόδοσης του φωτοσυστήματος II (PSII) (Πίν. 2.1) (Vardaka et al., 1995).

Έρευνες στα κωνοφόρα δένδρα στην Κεντρική Ευρώπη παρουσία κόνεως από τσιμέντο έδειξαν 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).

Πίνακας 2.1 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα ερευνών που σχετίζονται με την παρουσία κόνεων τσιμέντου, ορυχείων, λατομείων και αστικών δρόμων στα φυτά

ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ	ΕΙΔΟΣ ΣΚΟΝΗΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ
Αμπέλι	Κόνις Τσιμέντου	Μπλοκάρισμα στοματίων
Σμέουρα	Κόνις Τσιμέντου	Παρεμπόδιση βλαστικότητας της γύρης
Τεύτλα	Κόνις Τσιμέντου	Πλασμόλυση των κυττάρων, θάνατος του φυτού
Γογγύλι	Κόνις Τσιμέντου	Μείωση ανάπτυξης
Σιτάρι	Κόνις Τσιμέντου	Μείωση παραγωγής και ανάπτυξης, μείωση πρόσληψης N, Ca, αύξηση πρόσληψης P
Σιτάρι	Κόνις Τσιμέντου	Μείωση διαπνοής και ανάπτυξης
Βαμβάκι	Κόνις Τσιμέντου	Μείωση ξηρό βάρους και αλλαγή στην φυσιολογία του φυτού
Βαμβάκι	Κόνις Τσιμέντου	Μείωση παραγωγής και συγκέντρωσης χλωροφύλλης
Ελιά	Κόνις Τσιμέντου	Αύξηση ξηρής ουσίας και ειδικό βάρος φύλλου, Μείωση συγκέντρωση χλωροφύλλης, διαπνοής, φωτοσύνθεσης και αύξηση θερμοκρασίας φύλλου.
Δαμασκηλιά Μηλιά Αχλαδιά	Κόνις Τσιμέντου	Μείωση καρπόδεσης και παραγωγής
<i>Acer pseudoplatanus</i> , <i>Prunus spinosa</i> , <i>Corylus avellana</i> , <i>Salix viminalis</i> , <i>Picea abies</i> , <i>Pinus sylvestris</i>	Κόνις Τσιμέντου	τραυματισμό φύλλων, καταστροφή κυττάρων, ξεφλούδισμα φλοιού και νέκρωση φύλλων
<i>Picea abies</i>	Κόνις Τσιμέντου	Μείωση συγκέντρωσης χλωροφύλλης
<i>Tsuga canadensis</i>	Κόνις Ασβεστόλιθου	Χλωρωτικές βελόνες
<i>Acer rubrum</i> , <i>Quercus prunus</i> , <i>Quercus rubra</i>	Κόνις Ασβεστόλιθου	Μείωση ανάπτυξης, ξεφλούδισμα φλοιού και νέκρωση φύλλων
<i>Liriodendrum tulipifera</i>	Κόνις Ασβεστόλιθου	Αύξηση ανάπτυξης
<i>Quercus coccifera</i>	Κόνις Ασβεστόλιθου	Μείωση φωτοσύνθεσης και μείωση του λόγου Fm/Fv
<i>Populus tremula</i> , <i>Betula pendula</i> , <i>Alnus glutinosa</i> , <i>Fraxinus excelsior</i>	Κόνις αστικών δρόμων	Μπλοκάρισμα στοματίων και μείωση αντίστασης διάχυσης αερίων
<i>Fraxinus excelsior</i>	Κόνις αστικών δρόμων	Μείωση φωτοσύνθεσης και αύξηση θερμοκρασίας φύλλου

2.7.5 Καολίνης

Ολοένα και μεγαλύτερη είναι η χρήση ενός ορυκτού, του καολίνης σε δενδροκομικές και κηπευτικές καλλιέργειες. Πρόκειται για ένα υλικό το οποίο μπορεί να μειώσει τις ζημιές από επιβλαβείς οργανισμούς και τη θερμική καταπόνηση.

Γενική Περιγραφή

Ο καολίνης προέρχεται από ένα μη πορώδες, λειοτριβημένο ορυκτό τον καολινίτη, με χημικό τύπο $Al_4SiO_{10}[OH]_8$, μια μορφή aluminium–silicate. Πιο συγκεκριμένα, 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 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. Ο καολίνης δρα αποτελεσματικότερα όταν χρησιμοποιείται προληπτικά παρά θεραπευτικά.

Ο καολίνης έχει εξαιρετική ανακλαστική 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 καολίνης μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στην κατασκευή κεραμικών, χαρτιού, στη ζωγραφική και στα καλλυντικά.

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 καολίνης στη γεωργία 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 βασική δραστηριότητα του καολίνη έγκειται στο να προλαμβάνει τις ζημιές από τα έντομα αφού δημιουργεί ένα προστατευτικό στρώμα για το φυτό, εμποδίζοντας τα να κινηθούν, να τραφούν και να ωοτοκήσουν, μειώνοντας τη διάρκεια ζωής και αυξάνοντας τη θνησιμότητα τους. Ακόμη, τα έντομα αδυνατούν να αναγνωρίσουν τα φυτά ξενιστές, αφού είναι καλυμμένα από τα σωματίδια καολίνη. Απομακρύνονται έτσι από την ψεκασμένη καλλιέργεια και αναζητούν αλλού το φυτό ξενιστή. Σύμφωνα με μελέτες ο καολίνης 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 παράδειγμα είναι ο αποπροσανατολισμός της καρπόκαψας (*Cydia pomonella*) και η μη ωοτοκία του θηλυκού που οδήγησε σε μείωση των προσβολών στους καρπούς μηλιάς και αχλαδιάς.

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο αγρόκτημα του Βελεσίνου 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 χημική προστασία, ενώ ο μάρτυρας παρέμεινε αφέκαστος. Τα αποτελέσματα έδειξαν πιο αποτελεσματικό στην καταπολέμηση των αφίδων το σκεύασμα imidacloprid (χημικό οργανοφωσφορικό εντομοκτόνο), που μείωσε τον πληθυσμό κατά 53,1% σε σχέση με το μάρτυρα, ενώ το Surround WP (καολίνης PFT) κατά 26,8%. Ακολούθησε το σαπούνι προκάλεσε 19,1% μείωση του πληθυσμού και τέλος το ορυκτέλαιο μείωση 6,7%.

Σε μια έρευνα των Mazor and Erez (2004) σε καλλιέργειες με νεκταρίνια, μήλα και λωτούς έδειξε ότι η εφαρμογή του καολίνης είχε ως αποτέλεσμα την καλή προστασία ενάντια στις προσβολές από την Μύγα της Μεσογείου (*Ceratitis capitata*).

Σε άλλη έρευνα των Braham et al. (2007) σε οπωρώνα με εσπεριδοειδή, η εφαρμογή του καολίνη ενάντια στις προσβολές από τη Μύγα της Μεσογείου (*Ceratitis capitata*), έδωσε εντυπωσιακά αποτελέσματα 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.

Σε μια έρευνα που έγινε σε ελαιώνα μετά από εφαρμογή του καολίνη για τον έλεγχο του δάκου (*Bactrocera oleae*), τα αποτελέσματα έδειξαν μειωμένα επίπεδα προσβολής των καρπών από το δάκο συγκριτικά με τα δέντρα του μάρτυρα. Στην ίδια έρευνα ο καολίνης κατέστειλε με επιτυχία τον πληθυσμό του δάκου, ακόμη και μετά την πάροδο των 14 εβδομάδων, ενώ με το χημικό εντομοκτόνο dimethoate τα επίπεδα προσβολής αυξήθηκαν μετά τον τελευταίο ψεκασμό (Saour and Makee, 2004).

Μια ακόμη εφαρμογή του καολίνη εκτός από τον έλεγχο εχθρών και ασθενειών είναι η αντιμετώπιση του ηλιακού εγκαύματος σε καρπούς. Επιπλέον, μειώνει τη θερμική καταπόνηση του φυτού, βελτιώνει το χρώμα των καρπών και αυξάνει το ρυθμό καθαρής φωτοσύνθεσης στα φύλλα. Επίσης, 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 περιεκτικότητά τους σε διαλυτά στερεά συστατικά.

Σε μια άλλη έρευνα στη ντομάτα η εφαρμογή του καολίνη αύξησε ελαφρώς τη θερμοκρασία του φύλλου, μείωσε τη φωτοσύνθεση, τη στοματική αγωγιμότητα, τη διαπνοή και την εσωτερική συγκέντρωση του CO₂. Ακόμη μείωσε την εσωτερική θερμοκρασία των καρπών τις πιο ζεστές ώρες τις ημέρας σε σχέση με το μάρτυρα με αποτέλεσμα την καθυστέρηση της ωρίμανσης των καρπών και την αύξηση του βάρους τους. Επίσης παρατηρήθηκε αύξηση της απόδοσης και της συγκέντρωσης σε λυκοπένιο χωρίς να επηρεάζει την περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά συστατικά, το pH και την οξύτητα στο χυμό των καρπών (Cantore et al., 2009).

Η εφαρμογή του καολίνη, επιπλέον, έχει δείξει ότι μετριάξει τις αρνητικές επιπτώσεις της υδατικής και θερμικής καταπόνησης στη φυσιολογία των φυτών

και την παραγωγικότητα με ποικίλα αποτελέσματα. 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 (Rosati et al., 2006).

Σε έρευνα που έγινε σε μηλιές διαφόρων ποικιλιών μετά από εφαρμογή του καολίνη διαπιστώθηκε, εξαιτίας της μείωσης της θερμοκρασίας, βελτίωση του οσμωπικού δυναμικού στα φύλλα λόγω της αύξησης της στοματικής αγωγιμότητας. Επίσης, 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) (Glenn et al., 2001).

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

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1 Φυτικό Υλικό

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε τον Μάιο του 2010 στο Βόλο στην περιοχή Διμήνι, όπου έγινε σύγκριση μεταξύ δένδρων ελιάς με καρπό και δένδρων σε παρενιαυτοφορία (χωρίς καρπούς). Το φυτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν ελαιόδεντρα 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.

Για την εφαρμογή καολίνη χρησιμοποιήθηκε το σκεύασμα SCREEN 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 ξηρανθεί. 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. Στον 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 ακολούθησε η εφαρμογή με θειωτήρα. Εφαρμόζονταν 500 g κόνεως εδάφους ανά δέντρο. Ομοίως για τα την εφαρμογή κόνεως τσιμέντου γινόταν ψεκασμός με νερό ποσότητας 2 kg ανά δέντρο, χωρίς απορροή και στην συνέχεια ακολούθησε η εφαρμογή της. Εφαρμόζονταν 1000 g κόνεως τσιμέντου για το σύνολο των τριών δένδρων. Στην καλλιέργεια της ελιάς έγιναν συνολικά τέσσερις εφαρμογές καολίνη και κόνεων εδάφους και τσιμέντου από το Μάιο έως τον

Αύγουστο ανάλογα με τις βροχοπτώσεις και τη συγκρατούμενη ποσότητα κόνεως στα φύλλα.

3.2 Μέτρηση της κόνεως των φύλλων

Σε κάθε δειγματοληψία φύλλων για μέτρηση της ξηράς ουσίας και χλωροφύλλης, η κόνις από τα τρία σκευάσματα που εφαρμόστηκαν περιοδικά αφαιρέθηκε με τη βοήθεια βούρτσας, ζυγίσθηκε σε ζυγό ακριβείας 4 δεκαδικών, μετρήθηκε και η επιφάνεια κάθε φύλλου και υπολογίστηκε η ποσότητα κόνεως που υπήρχε ανά μονάδα επιφάνειας του φύλλου. Η μέτρηση γινόταν σε πέντε επαναλήψεις των έξι φύλλων ανά μεταχείριση.

Η ποσότητα κόνεως στα φύλλα του μάρτυρα ήταν αμελητέα και δεν παρουσιάζεται αφού ήταν κοντά στο μηδέν ή μηδέν σε όλες τις δειγματοληψίες.

3.3 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 cm². Για τον υπολογισμό της χλωροφύλλης ακολουθήθηκε η αναλυτική μέθοδος που περιγράφεται από τους Wintermans and Motts (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 δοκιμαστικό σωλήνα 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.

3.4 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.

3.5 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.

3.6 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 σε τέσσερα φύλλα 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.

3.7 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 στο κεντρικό βλαστό των δένδρων με καρπό και αντίστοιχα στα δένδρα χωρίς καρπό, 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 πραγματοποιούσαν οι μέτρησις.

Όλες οι παραπάνω μετρήσεις πραγματοποιούνταν την ίδια ημέρα στα δένδρα με καρπό και αντίστοιχα στα δένδρα χωρίς καρπό. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν επτά κύκλοι μετρήσεων στην ελιά από το Μάιο έως τον Οκτώβριο.

3.8 Στατιστική ανάλυση

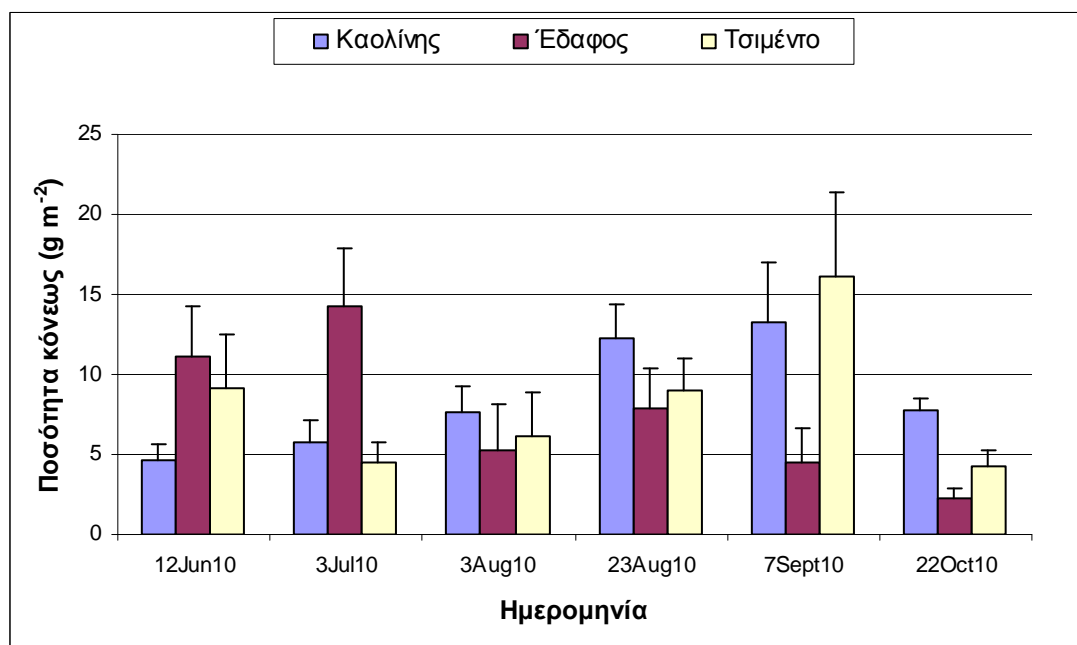
Όλα τα δεδομένα αναλύθηκαν με ανάλυση παραλλακτικότητας και παράγοντες, τη μεταχείριση και την εποχή μετρήσεων χωριστά στα δέντρα με καρπούς και στα δέντρα χωρίς καρπούς, χρησιμοποιώντας το στατιστικό πακέτο SPSS 16.0 (SPSS Inc., Chicago, IL). Παρουσιάζονται μέσοι όροι και ελάχιστη σημαντική διαφορά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

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 ΕΛΑΙΟΔΕΝΤΡΑ ΧΩΡΙΣ ΚΑΡΠΟΥΣ

4.1.1 Ποσότητα κόνεως στα φύλλα

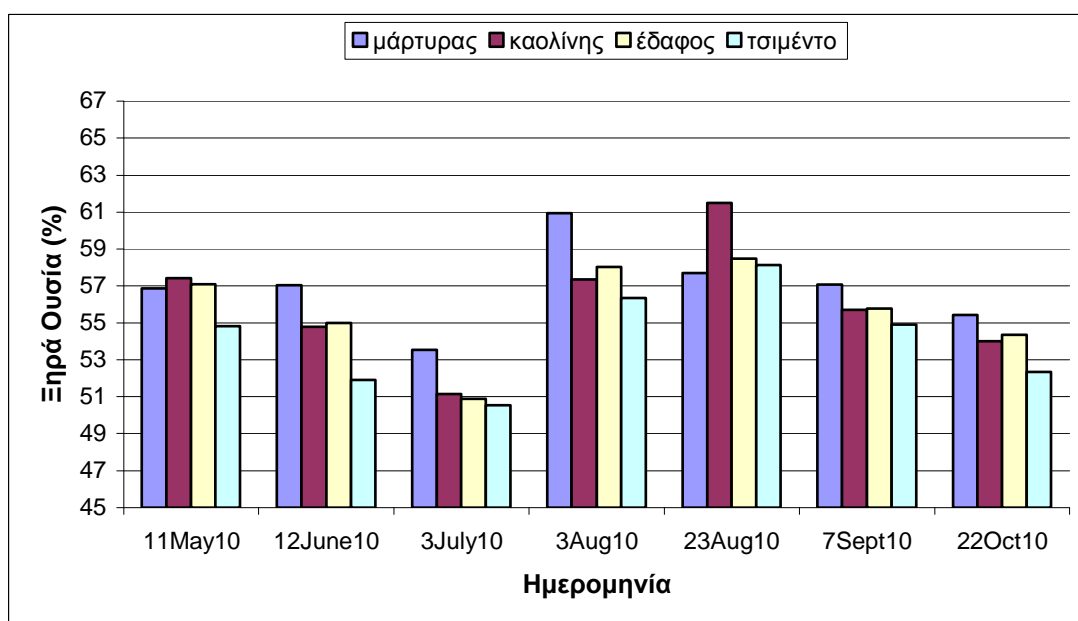
Η ποσότητα κόνεως των τριών μεταχειρίσεων που βρέθηκε στα φύλλα που θα αναλύονταν περαιτέρω για ξηρά ουσία και χλωροφύλλη φαίνεται στο Διάγρ. 1. Υπήρχε σημαντική απόκλιση στην ποσότητα κόνεως από φύλλο σε φύλλο. Η κόνις εδάφους δεν συσσωρεύτηκε με το χρόνο έως το τέλος καλοκαιριού καθώς ο άνεμος αφαιρεί μέρος αυτής της κόνεως. Αντίθετα, οι κόνιες καολίνη και τσιμέντου όχι μόνο δεν αφαιρούνται με τον άνεμο του καλοκαιριού αλλά με τις βροχοπτώσεις έως τις 22 Οκτωβρίου είχαμε μερική μόνο αφαίρεση αυτών των κόνεων, όταν η κόνις εδάφους είχε απομακρυνθεί στο μεγαλύτερο ποσοστό της. Η μέγιστη ποσότητα κόνεως ($16,16 \text{ g m}^{-2}$) μετρήθηκε στη μεταχείριση με κόνιν τσιμέντου στις αρχές Σεπτεμβρίου, ενώ η ελάχιστη ($2,25 \text{ g m}^{-2}$) μετρήθηκε στη μεταχείριση με κόνιν εδάφους τον Οκτώβριο.



Διάγρ. 1. Μεταβολή της ποσότητας κόνεως, από τέλη Μαΐου μέχρι τέλη Οκτωβρίου, που είχε συσσωρευτεί σε φύλλα ελιάς δένδρων χωρίς καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) (με μπάρα η τυπική απόκλιση).

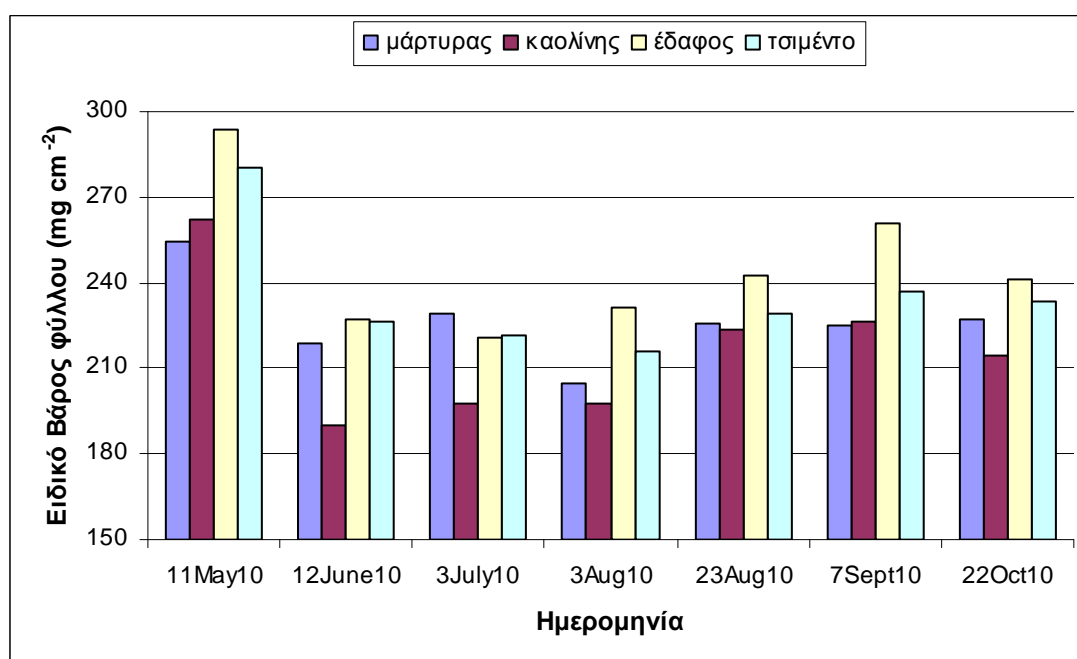
4.1.2 Ξηρά ουσία φύλλου, Ειδικό βάρος φύλλου και Συγκέντρωση Χλωροφύλλης

Το ποσοστό ξηράς ουσίας των φύλλων μειώθηκε σταδιακά από το Μάιο έως τον Ιούλιο, αυξήθηκε σημαντικά τον Αύγουστο σε όλες τις μεταχειρίσεις των δέντρων ελιάς και μειώθηκε ξανά από το Σεπτέμβριο έως τα τέλη Οκτωβρίου αλλά διατηρήθηκε καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων σε επίπεδα πάνω από 50% (Διάγρ. 2). Τα φύλλα του μάρτυρα είχαν μερικές χρονικές περιόδους μετρήσεων υψηλότερο ποσοστό ξηράς ουσίας από τα φύλλα των άλλων μεταχειρίσεων (Διάγρ. 2). Το ποσοστό ξηράς ουσίας των φύλλων που ψεκάστηκαν με καολίνη και κόνιν εδάφους δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους, ενώ τα φύλλα με κόνιν τσιμέντου παρουσίασαν το χαμηλότερο ποσοστό ξηράς ουσίας στις διάφορες χρονικές στιγμές κατά την περίοδο των μετρήσεων. Γενικότερα, το ποσοστό ξηράς ουσίας των φύλλων κυμάνθηκε από 50,55 έως 61,49 ανάλογα τη μεταχείριση και το χρόνο μέτρησης.



Διάγρ. 2. Μεταβολή του ποσοστού ξηράς ουσίας, από τέλη Μαΐου μέχρι τέλη Οκτωβρίου, σε φύλλα ελιάς δένδρων χωρίς καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) ($E\sigma\Delta_{0,05} = 2,44$).

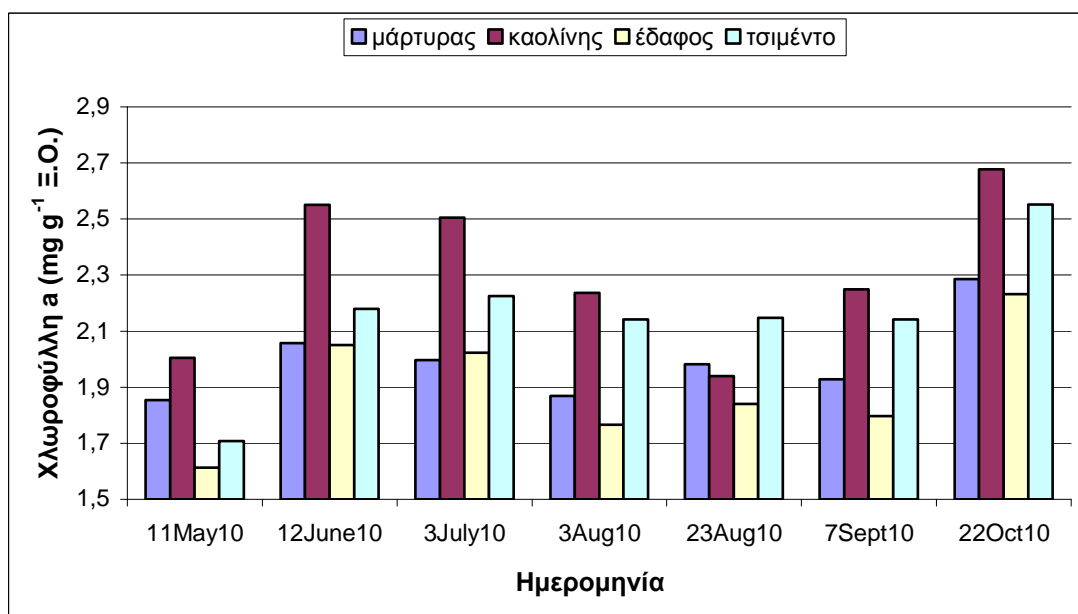
Το ειδικό βάρος φύλλου μειώθηκε σημαντικά από το Μάιο έως τον Ιούλιο, με τιμές που κυμάνθηκαν από 195 έως 294 mg cm⁻², με την ελάχιστη τιμή στις αρχές Αυγούστου σε όλες τις μεταχειρίσεις των φύλλων ελιάς πλην της μεταχείρισης με κόνιν εδάφους. Κατόπιν το ειδικό βάρος φύλλου αυξήθηκε από τα τέλη Αυγούστου έως της αρχές Σεπτεμβρίου (224-261 mg cm⁻²) και μειώθηκε ξανά προς τα τέλη Οκτωβρίου (Διάγρ. 3). Τα φύλλα με κόνιν εδάφους ή με κόνιν τσιμέντου είχαν υψηλότερο ειδικό βάρος φύλλου από τα φύλλα του μάρτυρα, ενώ τα φύλλα που ψεκάστηκαν με καολίνη είχαν το χαμηλότερο ειδικό βάρος καθ' όλη την περίοδο των μετρήσεων.



Διάγρ. 3. Μεταβολή του ειδικού βάρους φύλλου από τέλη Μαΐου μέχρι τέλη Οκτωβρίου σε φύλλα ελιάς δένδρων χωρίς καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνιν εδάφους (έδαφος) ή κόνιν τσιμέντου (τσιμέντο) (ΕΣΔ_{0,05}= 20,96).

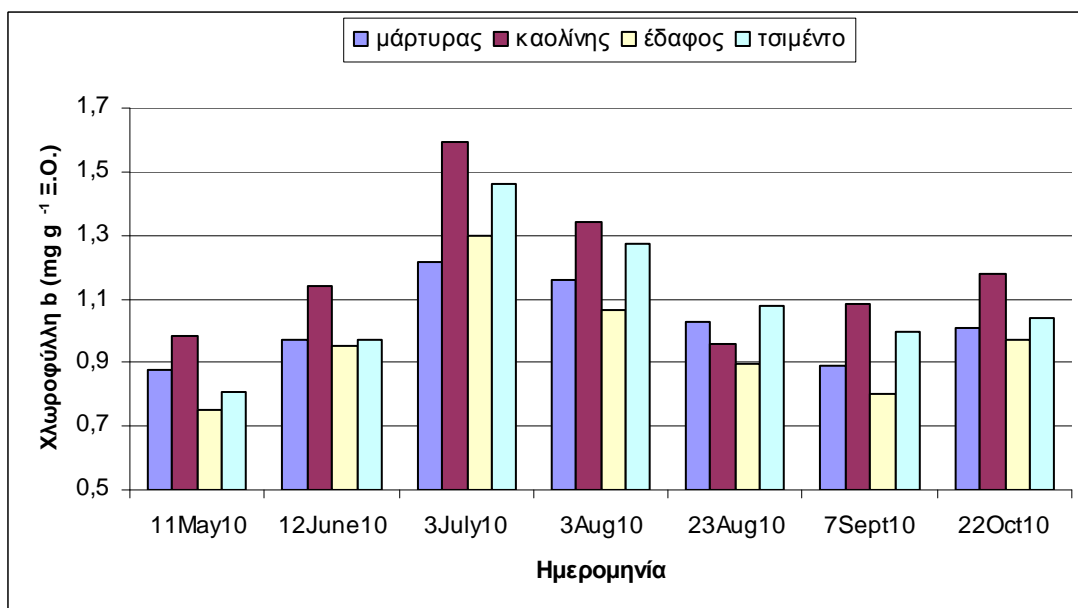
Η συγκέντρωση χλωροφύλλης a αυξήθηκε από το Μάιο έως τον Ιούνιο, παρουσίασε μια πτώση έως τις αρχές Σεπτεμβρίου και αυξήθηκε σημαντικά τον Οκτώβριο σε όλες τις μεταχειρίσεις των φύλλων ελιάς (Διάγρ. 4). Τα φύλλα των δέντρων ελιάς με καολίνη είχαν υψηλότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης a (2,68 mg g⁻¹ Ξ.Ο.) από τα φύλλα των άλλων μεταχειρίσεων (Διάγρ. 4). Ελαφρά χαμηλότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης a είχαν τα φύλλα

της μεταχείρισης με κόνιν τσιμέντου, ενώ τα φύλλα του μάρτυρα και τα φύλλα της μεταχείρισης με κόνιν εδάφους εμφάνισαν τη χαμηλότερη (1,85 και 1,61 mg g⁻¹ Ξ.Ο. αντίστοιχα) συγκέντρωση χλωροφύλλης a καθ' όλη την περίοδο των μετρήσεων.



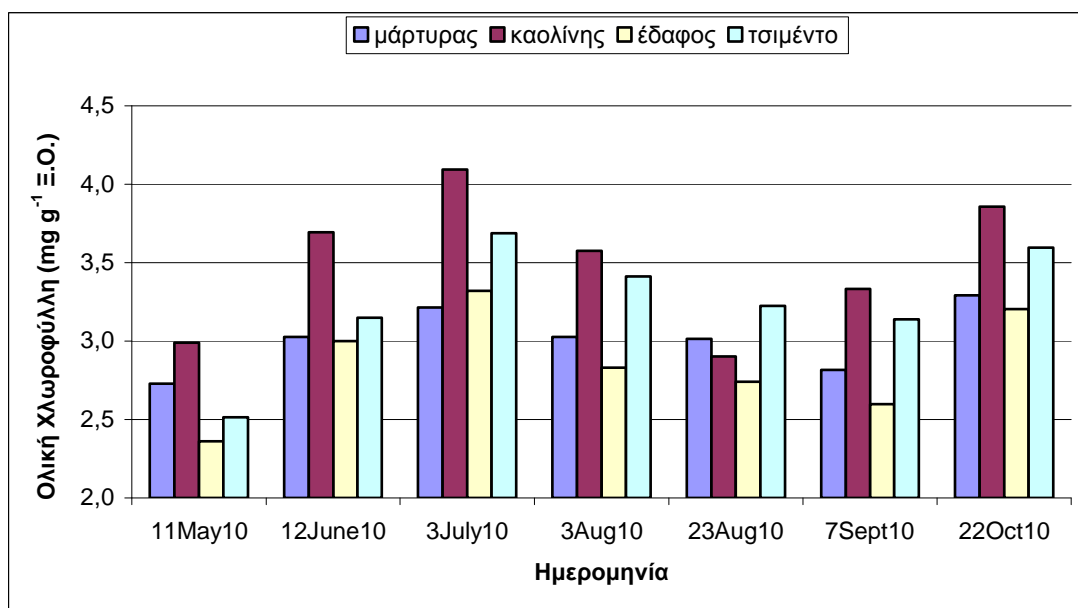
Διάγρ. 4. Μεταβολή της συγκέντρωσης χλωροφύλλης a, από το Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων χωρίς καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνιν εδάφους (έδαφος) ή κόνιν τσιμέντου (τσιμέντο) (ΕΣΔ_{0,05}= 0,25).

Η συγκέντρωση χλωροφύλλης b αυξήθηκε σταδιακά σε όλες τις μεταχειρίσεις από το Μάιο έως τις αρχές Ιουλίου, μειώθηκε σημαντικά από τις αρχές Αυγούστου έως τις αρχές Σεπτεμβρίου και αυξήθηκε προς τα τέλη Οκτωβρίου (Διάγρ. 5). Τα φύλλα της μεταχείρισης με καολίνη παρουσίασαν υψηλότερη (1,59 mg g⁻¹ Ξ.Ο) συγκέντρωση χλωροφύλλης b σ' όλη την περίοδο μέτρησης από τα φύλλα των άλλων μεταχειρίσεων, ενώ τα φύλλα με κόνιν εδάφους την χαμηλότερη (0,75 mg g⁻¹ Ξ.Ο) συγκέντρωση χλωροφύλλης b. Τα φύλλα με κόνιν τσιμέντου παρουσίασαν υψηλότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης b από τα φύλλα του μάρτυρα και πολύ υψηλότερη από τα φύλλα με κόνιν εδάφους, τα οποία σημείωσαν τη χαμηλότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης b κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.



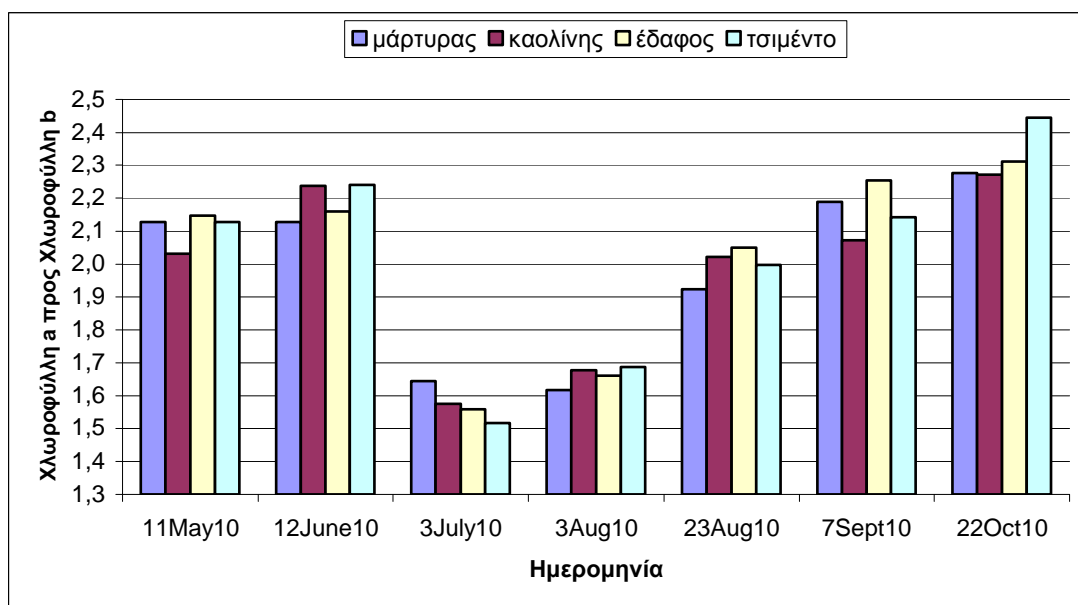
Διάγρ. 5. Μεταβολή της συγκέντρωσης χλωροφύλλης b, από το Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων χωρίς καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) ($E\sigma\Delta_{0,05} = 0,13$).

Η συγκέντρωση ολικής χλωροφύλλης αυξήθηκε σταδιακά από το Μάιο έως τον Ιούλιο, μειώθηκε σημαντικά από τον Αύγουστο έως τις αρχές Σεπτεμβρίου και αυξήθηκε και πάλι στα επίπεδα του Ιουλίου, τον Οκτώβριο (Διάγρ. 6). Τα φύλλα της μεταχείρισης με καολίνη είχαν σε όλη την περίοδο των μετρήσεων υψηλότερη συγκέντρωση ολικής χλωροφύλλης από τα φύλλα της μεταχείρισης με κόνιν τσιμέντου και αυτά με τη σειρά τους βρέθηκαν να έχουν υψηλότερη συγκέντρωση ολικής χλωροφύλλης από τα φύλλα του μάρτυρα, ενώ τα φύλλα της μεταχείρισης με κόνιν εδάφους είχαν τη χαμηλότερη συγκέντρωση ολικής χλωροφύλλης σε όλη την περίοδο των μετρήσεων (Διάγρ. 6). Η συγκέντρωση ολικής χλωροφύλλης που μετρήθηκε κυμάνθηκε από $2,36 \text{ mg g}^{-1} \text{ Ξ.Ο.}$ στη μεταχείριση με κόνιν εδάφους στις αρχές Μαΐου έως $4,1 \text{ mg g}^{-1} \text{ Ξ.Ο.}$ στη μεταχείριση με καολίνη στις αρχές Ιουλίου.



Διάγρ. 6. Μεταβολή της συγκέντρωσης ολικής χλωροφύλλης, από το Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων χωρίς καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) ($E_{SD_{0,05}} = 0,37$).

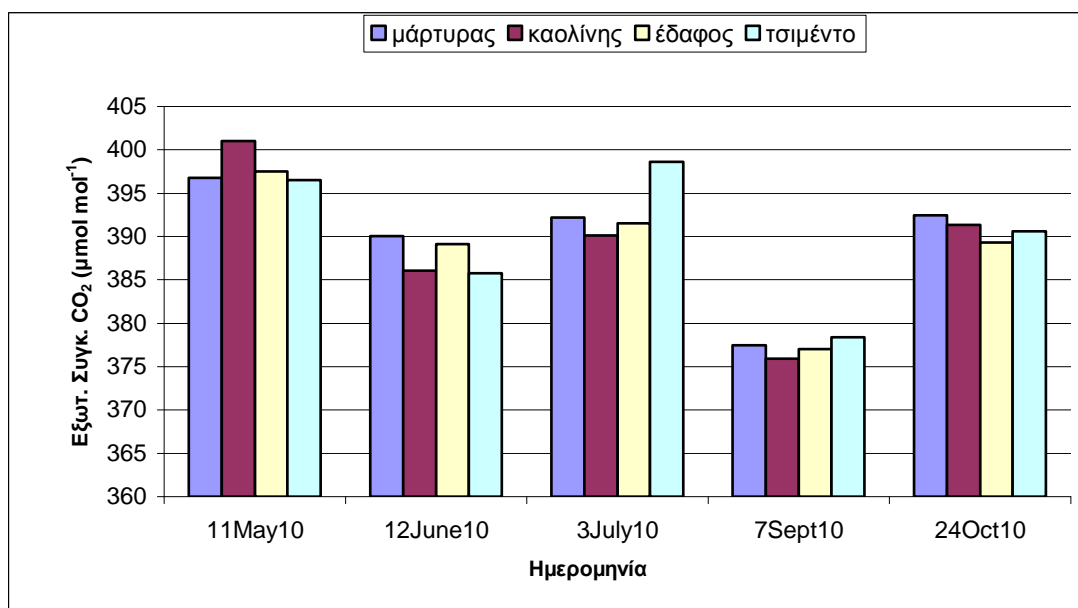
Η σχέση χλωροφύλλης a προς χλωροφύλλη b παρέμεινε σταθερή από το Μάιο έως τον Ιούνιο, μειώθηκε σημαντικά έως τις αρχές Αυγούστου και από τα τέλη Αυγούστου έως τα τέλη Οκτωβρίου παρουσίασε μια σημαντική σταδιακή αύξηση σε όλες τις μεταχειρίσεις των δέντρων ελιάς λόγω της σταδιακής μείωσης της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης b εκείνη την περίοδο (Διάγρ. 7). Τα φύλλα που ψεκάστηκαν με κόνιν εδάφους ή με κόνιν τσιμέντου είχαν στις περισσότερες χρονικές περιόδους μετρήσεων υψηλότερη τιμή σχέσης χλωροφύλλης a προς χλωροφύλλης b από τα φύλλα του μάρτυρα και αυτά από τα φύλλα της μεταχείρισης με καολίνη που παρουσίασαν τη χαμηλότερη τιμή σχέσης χλωροφύλλης a προς χλωροφύλλη b των μετρήσεων.



Διάγρ. 7. Μεταβολή της σχέσης χλωροφύλλης a προς χλωροφύλλη b, από το Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων χωρίς καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) ($E\text{Σ}\Delta_{0,05} = 0,14$).

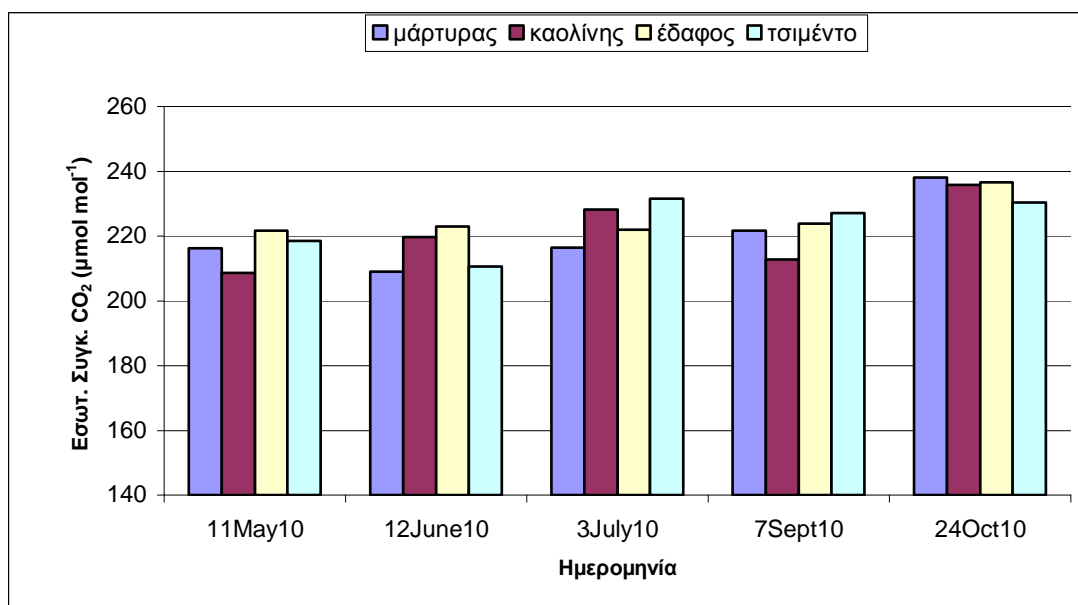
4.1.3 Φυσιολογικές λειτουργίες των φύλλων

Η συγκέντρωση CO_2 στον εισερχόμενο στο θάλαμο αέρα (εξωτερικός αέρας) παρουσίασε αυξομειώσεις κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού σε όλες τις μεταχειρίσεις των δέντρων ελιάς σημειώνοντας τη μεγαλύτερη τιμή της 401 και $399 \mu\text{mol mol}^{-1}$ το Μάιο και τον Ιούλιο αντίστοιχα, ενώ τη μικρότερη τιμή της $376 \mu\text{mol mol}^{-1}$ στις αρχές Σεπτεμβρίου (Διάγρ. 8). Τα φύλλα του μάρτυρα είχαν την υψηλότερη εξωτερική συγκέντρωση CO_2 στις περισσότερες περιόδους των μετρήσεων συγκριτικά με τα φύλλα που ψεκάστηκαν με κόνις και οι οποίες παρουσίασαν ελάχιστες σημαντικές διαφορές μεταξύ τους χωρίς όμως κάποια ουσιαστική σταθερή διαφορά (Διάγρ. 8). Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι η συγκέντρωση ήταν κοντά στα $390 \mu\text{mol mol}^{-1}$ CO_2 στις περισσότερες μετρήσεις, μια σχετικά υψηλή συγκέντρωση CO_2 , αλλά αποτέλεσμα των ανθρωπογενών εισροών στην ατμόσφαιρα κυρίως τις τελευταίες δεκαετίες.



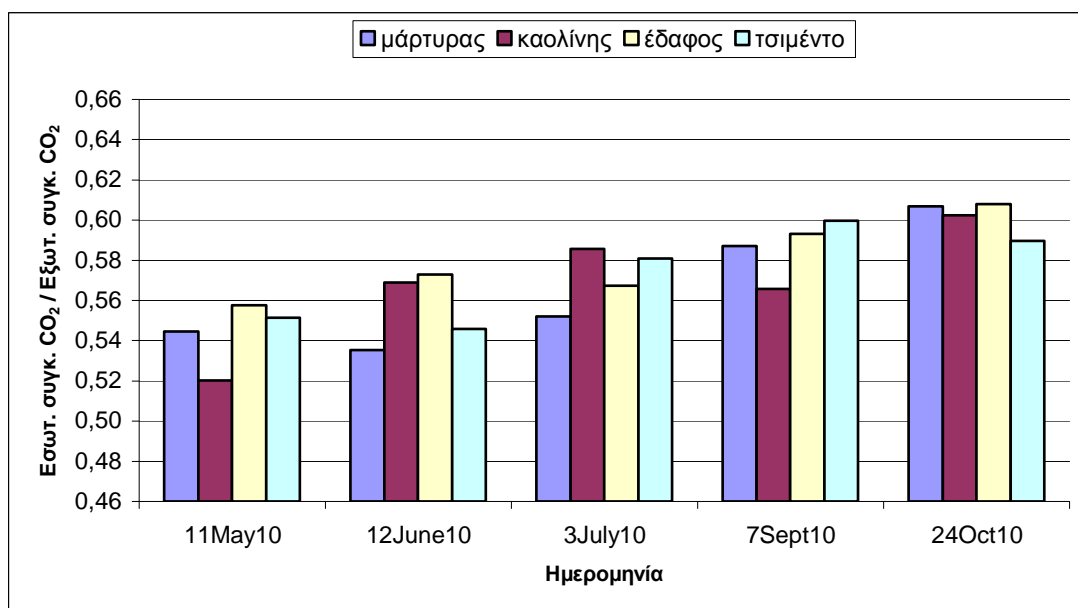
Διάγρ. 8. Μεταβολή της εξωτερικής συγκέντρωσης CO₂ από το Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων χωρίς καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) (ΕΣΔ_{0,05}= 4,58).

Η εσωτερική συγκέντρωση CO₂ στο μεσόφυλλο μειώθηκε από το Μάιο έως τον Ιούνιο (μόνο στις μεταχειρίσεις του μάρτυρα και του τσιμέντου), αυξήθηκε τον Ιούλιο, μειώθηκε το Σεπτέμβριο και αυξήθηκε και πάλι τον Οκτώβριο (Διάγρ. 9). Τα φύλλα με κόνις εδάφους ή κόνις τσιμέντου είχαν την υψηλότερη εσωτερική συγκέντρωση CO₂ από τα φύλλα του μάρτυρα και αυτά από τα φύλλα των δέντρων που ψεκάστηκαν με καολίνη (Διάγρ. 9). Οι ανωτέρω διαφορές ήταν χωρίς πρακτική συνέπεια καθώς συνολικά για όλη την περίοδο των μετρήσεων βρέθηκαν ελάχιστες σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων και η εσωτερική συγκέντρωση CO₂ κυμάνθηκε από 209-238 μmol mol⁻¹.



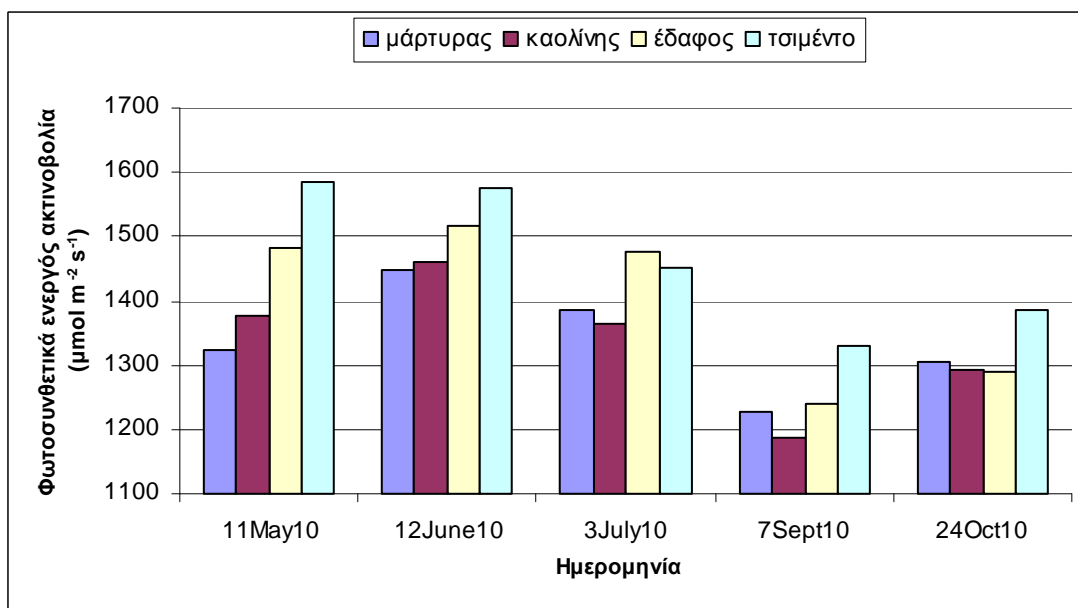
Διάγρ. 9. Μεταβολή της εσωτερικής συγκέντρωσης CO₂, από το Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων χωρίς καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) (ΕΣΔ_{0,05}= 13,56)

Η σχέση εσωτερικής συγκέντρωσης CO₂ προς την εξωτερική συγκέντρωση CO₂ παρουσίασε μια σταδιακή αυξητική πορεία σε όλες τις μεταχειρίσεις από το Μάιο έως τα τέλη Οκτωβρίου (Διάγρ. 10). Ελάχιστες σημαντικές διαφορές χωρίς πρακτική σημασία βρέθηκαν μεταξύ των μεταχειρίσεων κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.



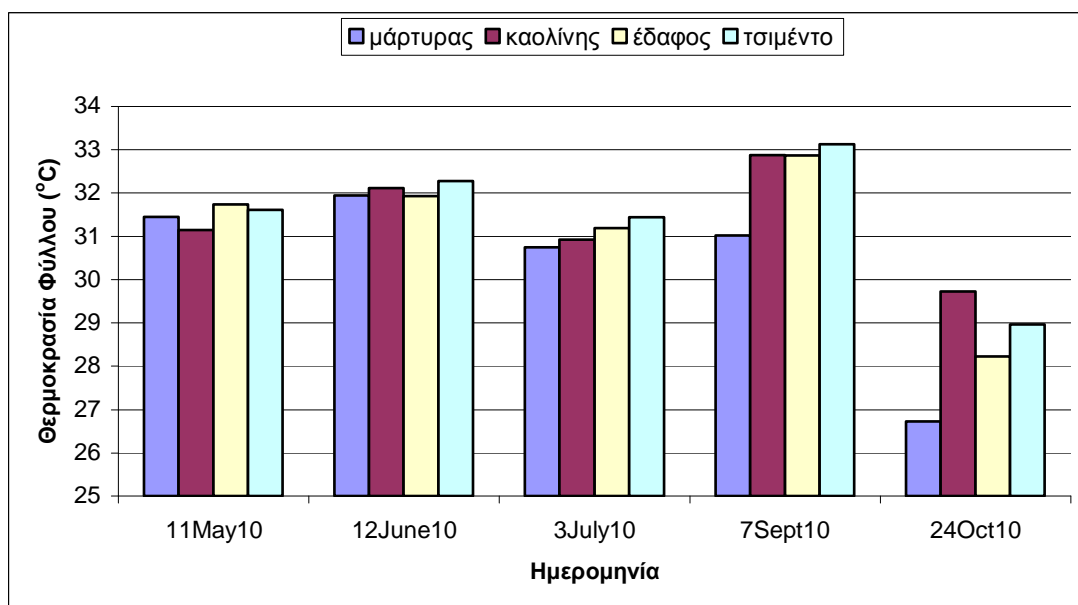
Διάγρ. 10. Μεταβολή της εσωτερικής συγκέντρωσης CO₂ προς εξωτερική συγκέντρωση CO₂, από το Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων χωρίς καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) (ΕΣΔ_{0,05}= 0,036).

Η τιμή της φωτοσυνθετικά ενεργού ακτινοβολίας κυμάνθηκε σε υψηλά επίπεδα από το Μάιο ($1584 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) έως και τον Ιούνιο ($1576 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), ενώ κατόπιν παρουσίασε σημαντική μείωση σε όλες τις μεταχειρίσεις των δέντρων ελιάς μέχρι τα τέλη Οκτωβρίου (Διάγρ. 11). Η τιμή της φωτοσυνθετικά ενεργού ακτινοβολίας ήταν πάνω από $1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (σημαντικά πάνω από το σημείο κορεσμού των φύλλων της ελιάς για μέγιστη φωτοσύνθεση) σε όλες τις μεταχειρίσεις των δέντρων ελιάς κατά τη διάρκεια των μετρήσεων (Διάγρ. 11). Υπήρχε μια τάση τα φύλλα με κόνιν τσιμέντου να δέχονται ελαφρά υψηλότερη φωτοσυνθετικά ενεργό ακτινοβολία από τα φύλλα των άλλων μεταχειρίσεων.



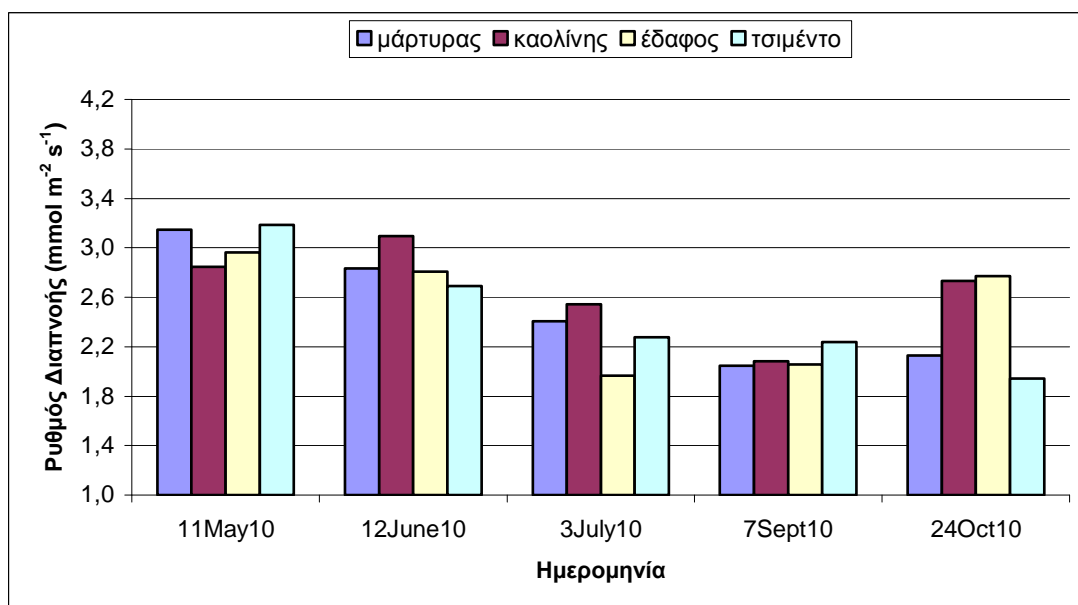
Διάγρ. 11. Μεταβολή της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας, από το Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων χωρίς καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) ($E_{SD_{0,05}} = 121$).

Η θερμοκρασία φύλλου αυξήθηκε από το Μάιο έως τον Ιούνιο, μειώθηκε ελαφρά τον Ιούλιο, αυξήθηκε σημαντικά έως τις αρχές Σεπτεμβρίου μόνο στα φύλλα των δέντρων ελιάς που ψεκάστηκαν με κόνις και μειώθηκε τελικά τον Οκτώβριο με τις χαμηλότερες θερμοκρασίες του φθινοπώρου και τις βροχοπτώσεις σε όλες τις μεταχειρίσεις των δέντρων ελιάς (Διάγρ. 12) Συνολικά για όλη την περίοδο των μετρήσεων τα φύλλα των μεταχειρίσεων με κόνις είχαν ελαφρά υψηλότερη θερμοκρασία φύλλου από τα φύλλα του μάρτυρα, αλλά σημαντικά υψηλότερη από τα τέλη του καλοκαιριού έως τον Οκτώβριο (Διάγρ. 12). Γενικότερα, η θερμοκρασία φύλλου παρέμεινε σχετικά χαμηλά έως και τις αρχές Ιουλίου κυμαινόμενη από 31 έως 32 °C και αυξήθηκε ελαφρά για τις κόνις έως τις αρχές Σεπτεμβρίου στους 33 °C.



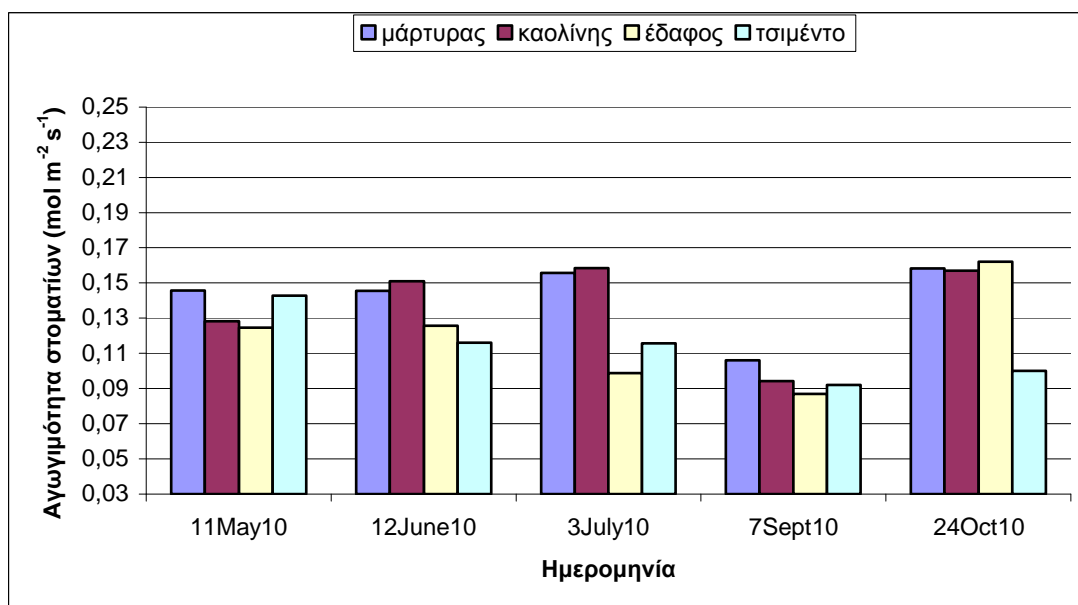
Διάγρ. 12. Μεταβολή της θερμοκρασίας φύλλου, από το Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων χωρίς καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) ($E\sigma\Delta_{0,05} = 1,53$).

Ο ρυθμός διαπνοής παρουσίασε μια σταδιακή μείωση από το Μάιο έως τις αρχές Σεπτεμβρίου λόγω των θερινών υψηλών θερμοκρασιών και της περιορισμένης διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας και αυξήθηκε ξανά τον Οκτώβριο με τις χαμηλότερες θερμοκρασίες του Φθινοπώρου και τις βροχοπτώσεις σε όλες τις μεταχειρίσεις των δέντρων ελιάς, πλην της μεταχείρισης με κόνιν τσιμέντου, όπου ο ρυθμός διαπνοής μειώθηκε περαιτέρω (Διάγρ. 13). Σε μερικές χρονικές περιόδους μετρήσεων, τα φύλλα των δέντρων ελιάς που ψεκάστηκαν με καολίνη είχαν ελαφρά υψηλότερο ρυθμό διαπνοής από τα φύλλα των δέντρων των άλλων μεταχειρίσεων (Διάγρ. 13). Τα φύλλα του μάρτυρα εμφάνισαν παρόμοιο έως ελαφρά υψηλότερο ρυθμό διαπνοής από τα φύλλα με κόνις τσιμέντου και εδάφους (Διάγρ. 13). Τέλος, τα φύλλα με κόνιν εδάφους εμφάνισαν σχετικά χαμηλό ρυθμό διαπνοής έως το Σεπτέμβριο και αυξημένο ρυθμό προς τα τέλη Οκτωβρίου φτάνοντας τις τιμές των φύλλων με καολίνη. Συνολικά ο ρυθμός διαπνοής κυμάνθηκε από $1,97 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ έως $3,19 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.



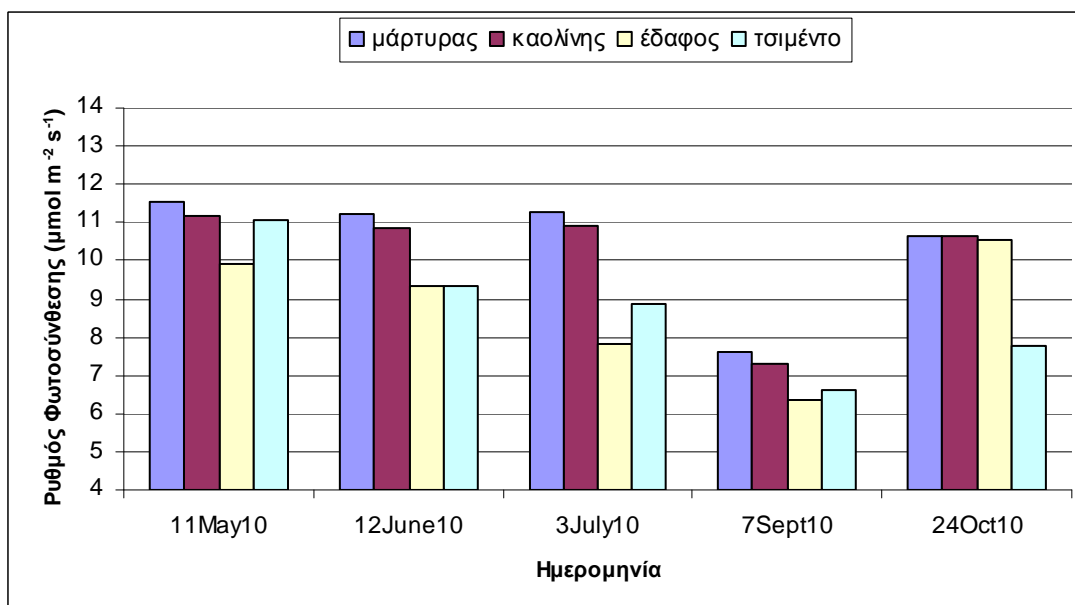
Διάγρ. 13. Μεταβολή του ρυθμού διαπνοής, από το Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων χωρίς καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) ($E\Sigma\Delta_{0,05} = 0,44$).

Η αγωγιμότητα των στοματίων των φύλλων των δέντρων ελιάς παρουσίασε διάφορες διακυμάνσεις με το χρόνο ανάλογα τη μεταχείριση σημειώνοντας τη χαμηλότερη τιμή ($0,09 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) αρχές Σεπτεμβρίου σε όλες τις μεταχειρίσεις των δένδρων ελιάς, ενώ τον Οκτώβριο αυξήθηκε σημαντικά σε όλες τις μεταχειρίσεις, πλην της κόνεως τσιμέντου, η οποία παρέμεινε στα φύλλα σε σημαντικό ποσοστό (δεν ξεπλύθηκε με τις φθινοπωρινές βροχές) και διατήρησε μειωμένη την αγωγιμότητα των στοματίων (Διάγρ.14). Τα φύλλα των μεταχειρίσεων με κόνιν εδάφους και κόνιν τσιμέντου είχαν σημαντικά χαμηλότερη αγωγιμότητα στοματίων από τα φύλλα του μάρτυρα και του καολίνης από τον Ιούνιο έως τις αρχές Σεπτεμβρίου, ενώ τον Οκτώβριο τα φύλλα με κόνιν εδάφους είχαν αυξημένη αγωγιμότητα στοματίων παρόμοια με τα φύλλα του μάρτυρα και του καολίνης, ενώ τα φύλλα με κόνιν τσιμέντου συνέχισαν να έχουν χαμηλή αγωγιμότητα στοματίων (Διάγρ.14).



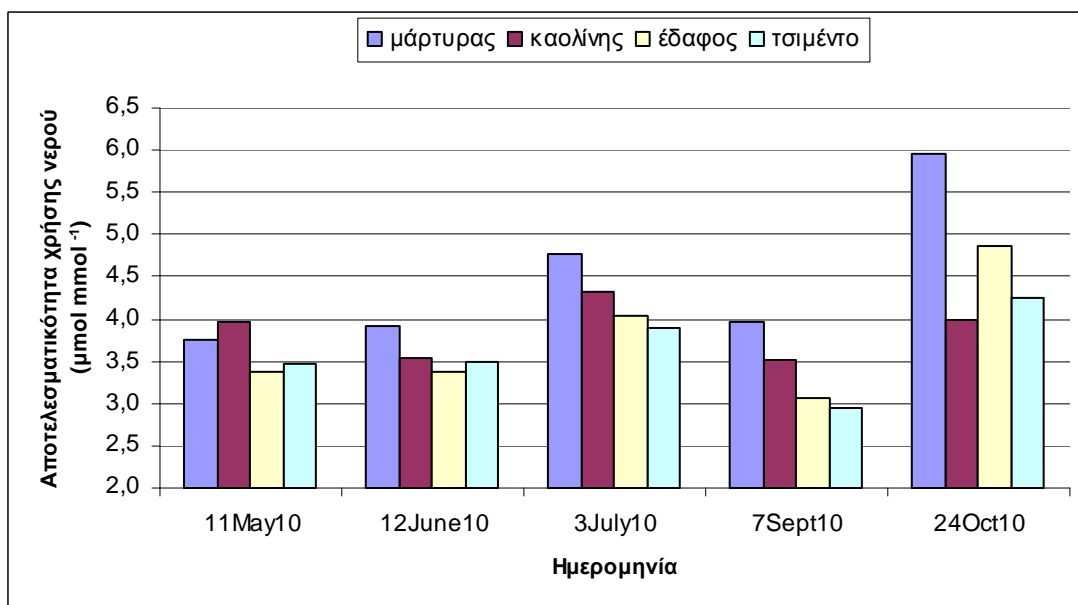
Διάγρ. 14. Μεταβολή της στοματικής αγωγιμότητας, από το Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων χωρίς καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) ($E_{SD_{0,05}} = 0,026$).

Στα φύλλα του μάρτυρα και του καολίνη, ο ρυθμός φωτοσύνθεσης παρέμεινε σταθερός από το Μάιο έως τις αρχές Ιουλίου, ενώ έως τις αρχές Σεπτεμβρίου μειώθηκε σημαντικά (κατά περίπου 40%) και αυξήθηκε ξανά σημαντικά τον Οκτώβριο (κατά περίπου 30%) (Διάγρ. 15). Στα φύλλα με κόνις εδάφους και τσιμέντου, ο ρυθμός φωτοσύνθεσης μειώθηκε σταδιακά από το Μάιο έως τις αρχές Σεπτεμβρίου και αυξήθηκε ξανά σημαντικά στα φύλλα με κόνιν εδάφους και πολύ λιγότερο στα φύλλα με κόνιν τσιμέντου τον Οκτώβριο. Έτσι στις περισσότερες περιόδους μετρήσεων, τα φύλλα του μάρτυρα και του καολίνη είχαν υψηλότερο ρυθμό φωτοσύνθεσης από τα φύλλα των μεταχειρίσεων με κόνις εδάφους ή τσιμέντου (Διάγρ. 15). Μόνο μετά τις βροχοπτώσεις του Οκτωβρίου, τα φύλλα με κόνιν εδάφους είχαν αυξημένο ρυθμό φωτοσύνθεσης παρόμοιο με αυτό των φύλλων του μάρτυρα και του καολίνη, λόγω της απομάκρυνσης της κόνειας εδάφους από τα φύλλα των δένδρων ελιάς, και σημαντικά υψηλότερο από το ρυθμό στα φύλλα με κόνιν τσιμέντου. Ο ρυθμός φωτοσύνθεσης κυμάνθηκε από 6,36 έως 11,52 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ στις 7 Σεπτεμβρίου και 11 Μαΐου, αντίστοιχα.



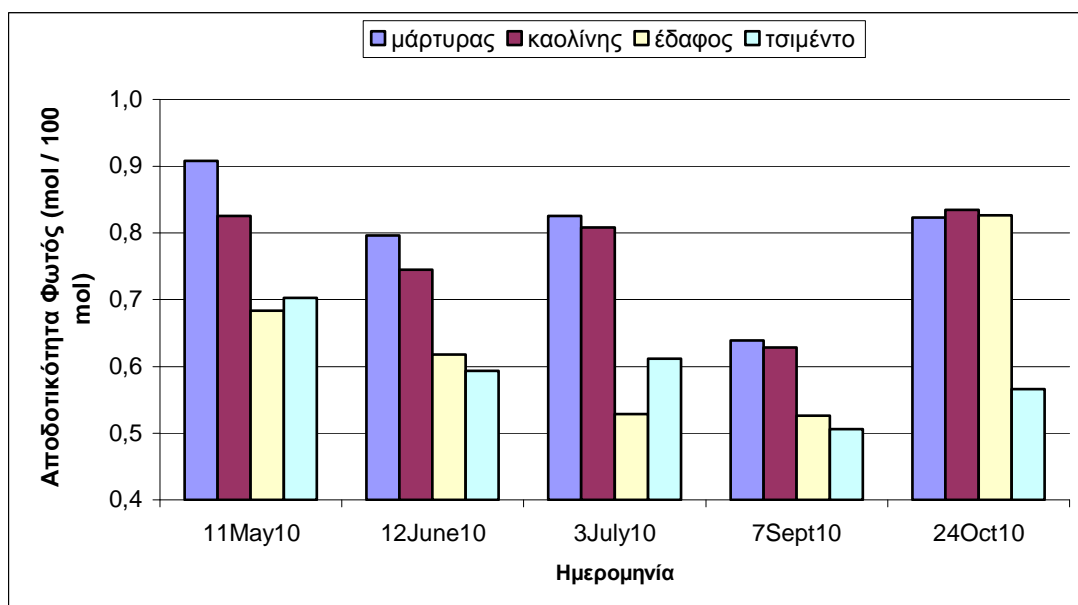
Διάγρ. 15. Μεταβολή του ρυθμού φωτοσύνθεσης, από το Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων χωρίς καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) ($E\sigma\Delta_{0,05} = 1,27$).

Η αποτελεσματικότητα χρήσης νερού των φύλλων (παραγωγή προϊόντων φωτοσύνθεσης ανά μονάδα νερού που διαπνέεται) μεταβλήθηκε μόνο ελάχιστα έως τις αρχές Σεπτεμβρίου σημειώνοντας τη μικρότερη τιμή ($2,95 \mu\text{mol mmol}^{-1}$) και φτάνοντας στη μεγαλύτερη τιμή ($5,97 \mu\text{mol mmol}^{-1}$) τον Οκτώβριο καθώς αυξήθηκε σε όλες τις μεταχειρίσεις των δέντρων ελιάς (Διάγρ. 16). Τα φύλλα του μάρτυρα κατά την περίοδο των μετρήσεων παρουσίασαν ελαφρά ή σημαντικά υψηλότερες τιμές αποτελεσματικότητας χρήσης νερού από τα φύλλα των άλλων μεταχειρίσεων χωρίς ουσιαστικές διαφορές μεταξύ των άλλων μεταχειρίσεων (Διάγρ. 16).



Διάγρ. 16. Μεταβολή της αποτελεσματικότητας χρήσης νερού, από το Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων χωρίς καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) ($E_{SD_{0,05}} = 0,78$).

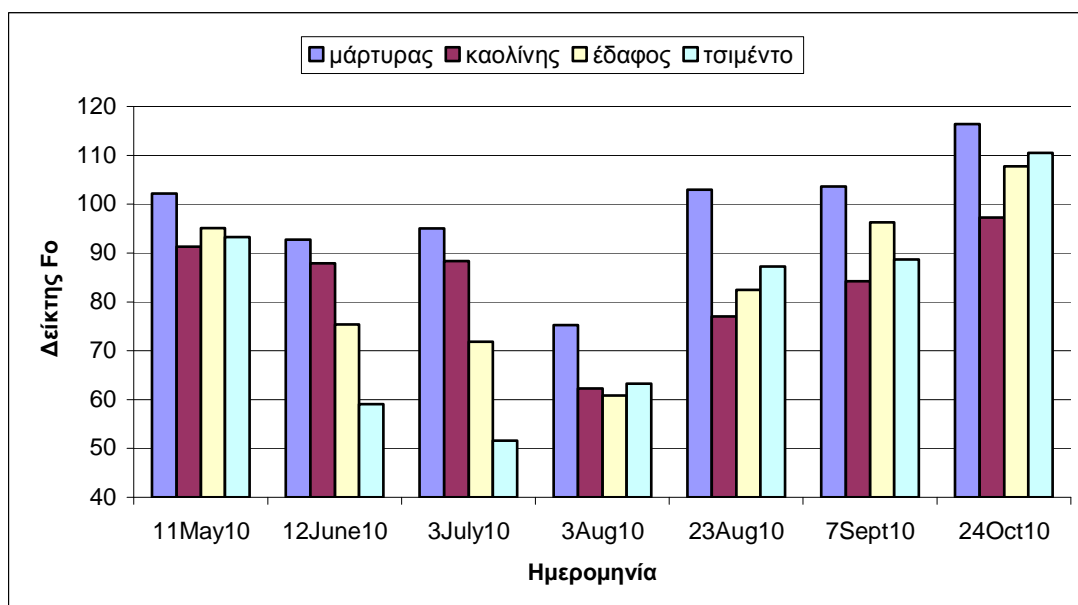
Η αποδοτικότητα φωτός μειώθηκε σταδιακά καθ' όλη τη διάρκεια του καλοκαιριού σε όλες τις μεταχειρίσεις των δέντρων ελιάς και αυξήθηκε αρκετά σημαντικά τον Οκτώβριο εκτός από τα φύλλα με κόνιν τσιμέντου που η αποδοτικότητα φωτός παρέμεινε χαμηλή (Διάγρ. 17). Τα φύλλα του μάρτυρα και αυτά που ψεκάστηκαν με καολίνη είχαν υψηλότερη αποδοτικότητα φωτός από τα φύλλα των δέντρων που εφαρμόστηκαν οι κόνις εδάφους ή τσιμέντου καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων, πλην του Οκτωβρίου όταν η αποδοτικότητα φωτός στα φύλλα με κόνιν εδάφους αυξήθηκε στα επίπεδα του μάρτυρα λόγω της απομάκρυνσης της κόνεως από τις φθινοπωρινές βροχές. Τέλος, η αποδοτικότητα φωτός κυμάνθηκε από 0,51 mol/100 mol στις 7 Σεπτεμβρίου στη μεταχείριση με τσιμέντο έως 0,91 mol/100 mol στη μεταχείριση του μάρτυρα στις 11 Μαΐου.



Διάγρ. 17. Μεταβολή της αποδοτικότητας φωτός, από το Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων χωρίς καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) ($E_{SD_{0,05}} = 0,13$).

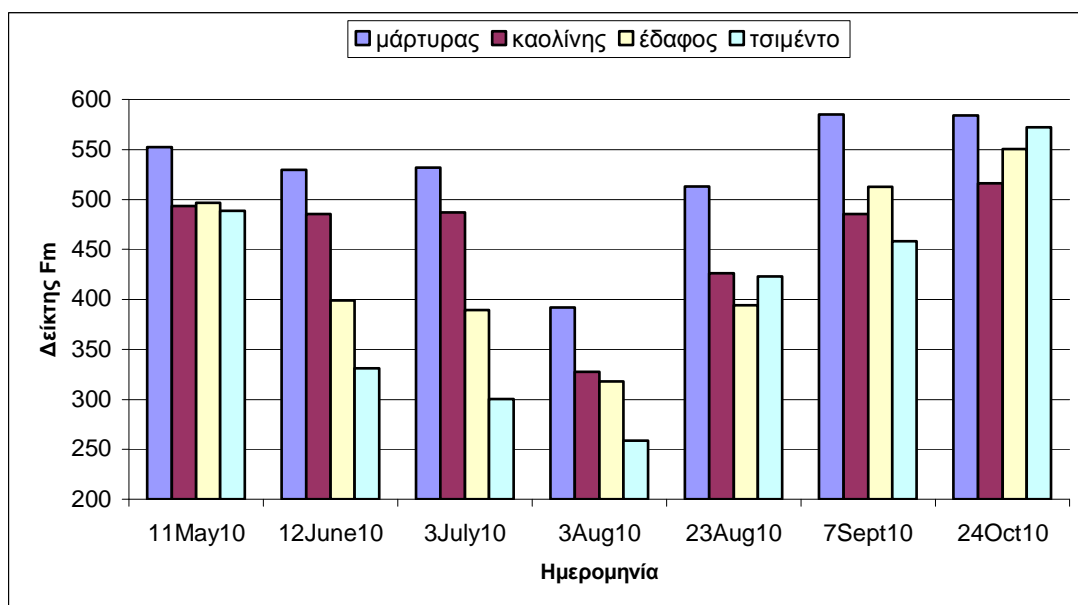
4.1.4 Φθορισμός χλωροφύλλης φύλλων

Από τις μετρήσεις φθορισμού χλωροφύλλης, η τιμή F_0 μειώθηκε σταδιακά από το Μάιο έως τις αρχές Αυγούστου και αυξήθηκε σταδιακά από τα τέλη Αυγούστου έως τα τέλη Οκτωβρίου (Διάγρ. 18). Η τιμή F_0 ήταν υψηλότερη στα φύλλα των δέντρων του μάρτυρα σε σχέση με τα φύλλα των δέντρων που ψεκάστηκαν με καολίνη ή δέχθηκαν επίταση με κόνις εδάφους ή τσιμέντου σχεδόν σε όλη την περίοδο των μεταχειρίσεων (Διάγρ. 18). Η τιμή F_0 κυμάνθηκε από 51,6 έως 116,4 ανάλογα με τη μεταχείριση και το χρόνο μέτρησης.



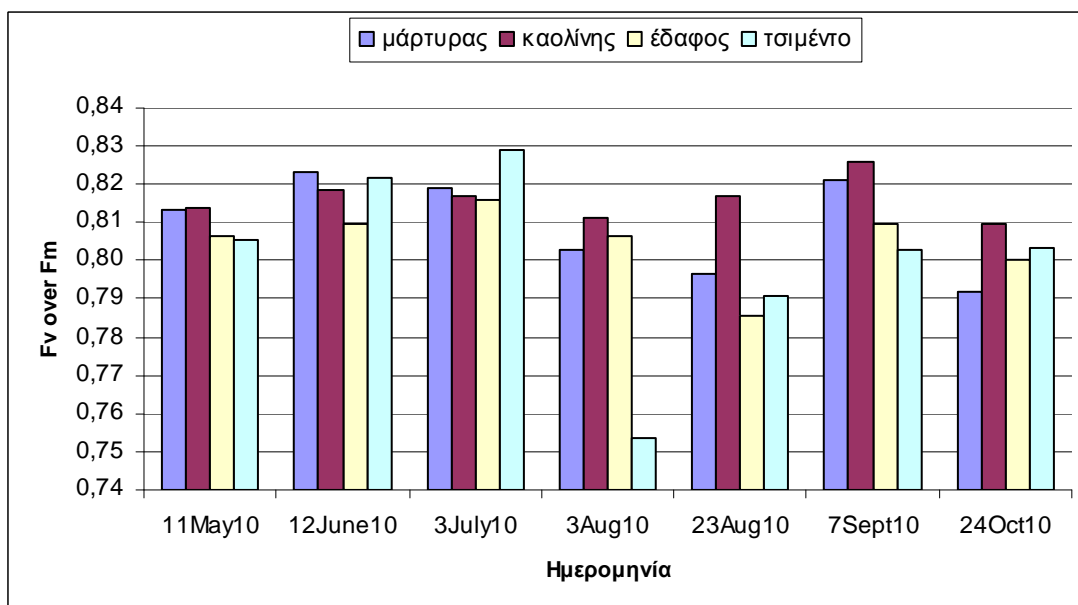
Διάγρ. 18. Μεταβολή του δείκτη F_0 , από το Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων χωρίς καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) ($E\Delta_{0,05} = 12,20$).

Η τιμή F_m επίσης μειώθηκε σταδιακά από το Μάιο έως τις αρχές Αυγούστου και αυξήθηκε και πάλι σταδιακά από τα τέλη Αυγούστου έως τα τέλη Οκτωβρίου σε όλες τις μεταχειρίσεις των δέντρων ελιάς (Διάγρ. 19). Τα φύλλα του μάρτυρα παρουσίασαν καθ' όλη την περίοδο των μετρήσεων υψηλότερες τιμές F_m από τα φύλλα των άλλων μεταχειρίσεων (Διάγρ. 19). Τα φύλλα των δέντρων ελιάς που ψεκάστηκαν με καολίνη είχαν υψηλότερες τιμές F_m από τα φύλλα με κόνις τσιμέντου και εδάφους από τον Ιούνιο έως τον Ιούλιο, ενώ από τον Αύγουστο έως τον Οκτώβριο παρουσίασαν παρόμοιες τιμές F_m με τα φύλλα με κόνις εδάφους ή τσιμέντου και μικρότερες από τα φύλλα του μάρτυρα. Επιπλέον τον Ιούνιο και Ιούλιο τα φύλλα με κόνιν εδάφους είχαν υψηλότερες τιμές F_m από τα φύλλα με κόνιν τσιμέντου, τα οποία σημείωσαν τις χαμηλότερες τιμές F_m κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.



Διάγρ. 19. Μεταβολή του δείκτη Fm, από το Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων χωρίς καρπούς που περιοδικά ψεκάζστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) ($E\sigma\Delta_{0,05} = 65,28$).

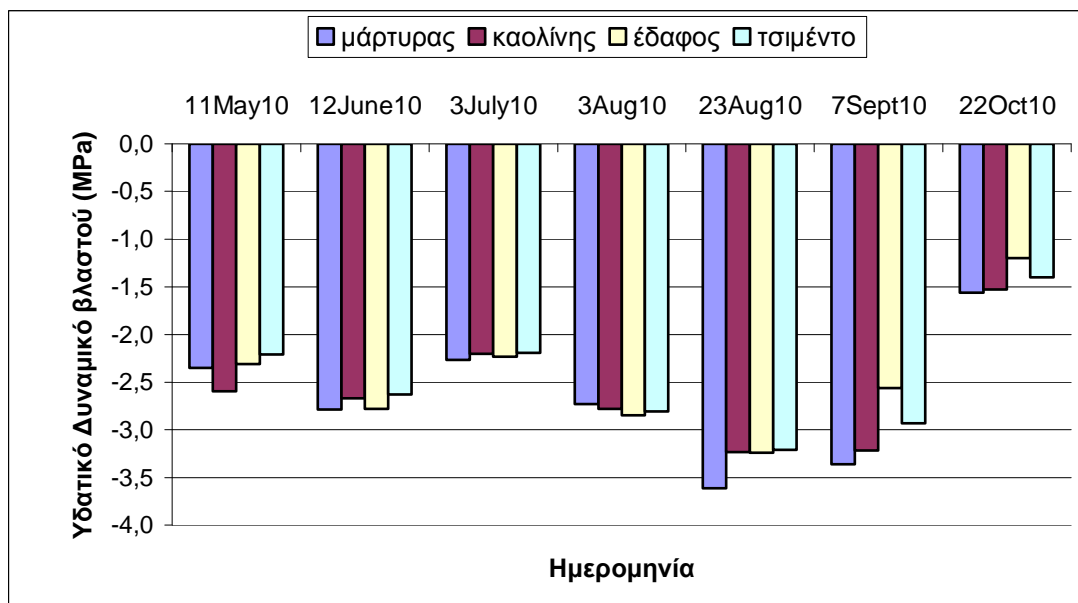
Ο λόγος F_v/F_m πρέπει να έχει τιμές από το 0,8 και πάνω. Όσο μειώνεται (και απομακρύνεται από το 0,8) σημαίνει ότι το φυτό είναι καταπονημένο. Στο πείραμα μας οι τιμές των φύλλων των τεσσάρων μεταχειρίσεων κυμάνθηκαν κοντά στο 0,8 σε όλη την περίοδο των μετρήσεων εκτός από τον Αύγουστο, που οι τιμές των μεταχειρίσεων έπεσαν κάτω από 0,8 πλην της μεταχείρισης με καολίνη, η οποία αυξήθηκε ελαφρά πάνω από 0,8 (Διάγρ. 20). Δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων.



Διάγρ. 20. Μεταβολή του F_v/F_m , από το Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων χωρίς καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) ($E_{SD_{0,05}} = 0,028$).

4.1.5 Υδατικό δυναμικό βλαστού τις μεσημβρινές ώρες

Το υδατικό δυναμικό βλαστού (midday stem water potential) όσο πιο αρνητικό γίνεται, τόσο πιο καταπονημένο είναι το φυτό. Το υδατικό δυναμικό παρουσίασε διάφορες αυξομειώσεις καθ' όλη την περίοδο των μετρήσεων, σημειώνοντας τις πιο αρνητικές τιμές -3,61 και -3,36 MPa τον Αύγουστο και τις αρχές Σεπτεμβρίου, αντίστοιχα, και τις μεγαλύτερες τιμές από -1,56 έως -1,2 MPa στα τέλη Οκτωβρίου (Διάγρ. 21). Ο μάρτυρας είχε ελαφρά πιο αρνητικές τιμές στις περισσότερες χρονικές περιόδους των μετρήσεων από τα δέντρα με κόνις, με τα δέντρα που ψεκάστηκαν με καολίνη να έχουν ενδιάμεσες των ανωτέρω τιμές.

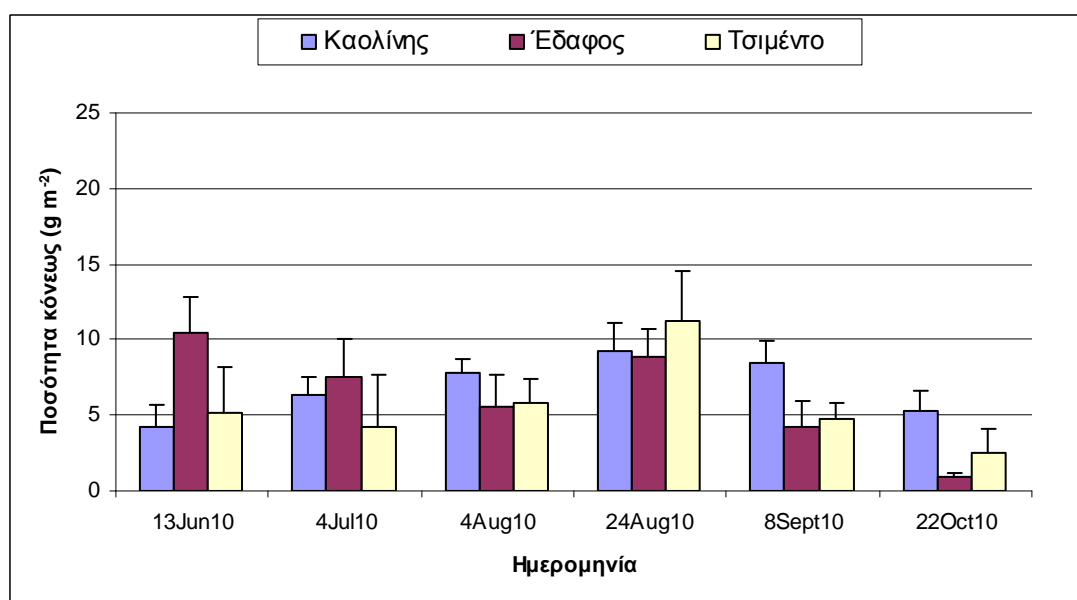


Διάγρ. 21. Μεταβολή του υδατικού δυναμικού βλαστού, από το Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων χωρίς καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) ($E\text{Σ}\Delta_{0,05} = 2,59$).

4.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΛΑΙΟΔΕΝΤΡΑ ΜΕ ΚΑΡΠΟΥΣ

4.2.1 Ποσότητα κόνεως στα φύλλα

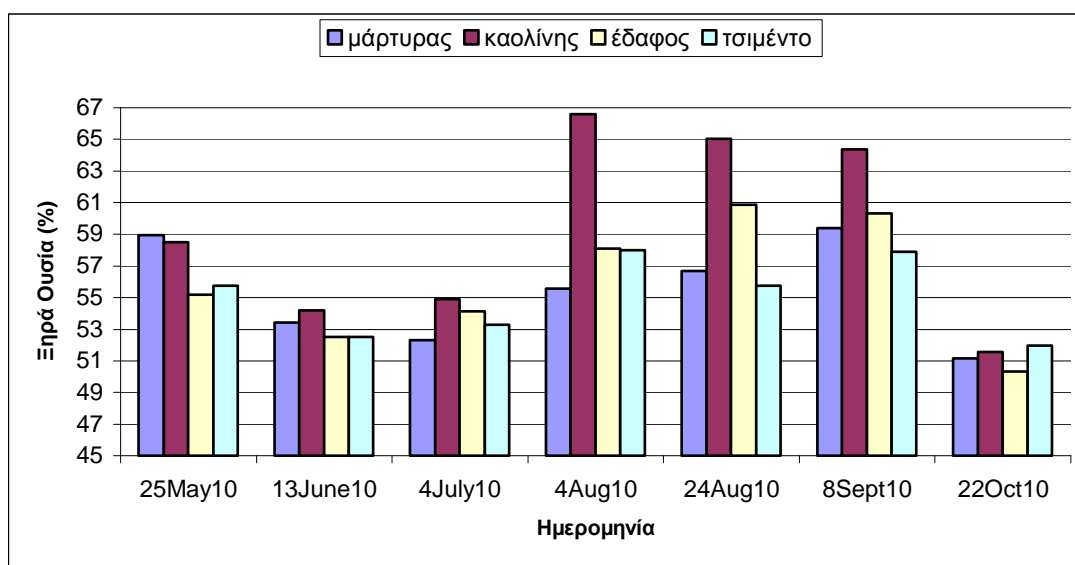
Όπως αναφέρθηκε και στα ελαιόδεντρα χωρίς καρπούς η ποσότητα κόνεως των τριών μεταχειρίσεων που βρέθηκε στα φύλλα που θα αναλύονταν περαιτέρω για ξηρά ουσία και χλωροφύλλη φαίνεται στο Διάγρ. 22. Η κόνις εδάφους δεν συσσωρεύτηκε με το χρόνο έως το τέλος καλοκαιριού αλλά παρέμεινε αρκετά υψηλή, αλλά ο άνεμος αφαιρεί μέρος αυτής της κόνεως. Αντίθετα, οι κόνιες καολίνη και τσιμέντου συσσωρεύτηκαν σταδιακά με το χρόνο και τις περιοδικές εφαρμογές αλλά, καθώς δεν αφαιρούνται με τον άνεμο του καλοκαιριού αλλά μόνο με τις βροχοπτώσεις, βρέθηκε μερική μόνο αφαίρεση αυτών των κόνεων από τα μέσα Σεπτεμβρίου έως τις 22 Οκτωβρίου, όταν η κόνις εδάφους είχε απομακρυνθεί στο μεγαλύτερο ποσοστό της. Η μέγιστη ποσότητα κόνεως ($11,2 \text{ g m}^{-2}$) παρατηρήθηκε στη μεταχείριση με κόνιν τσιμέντου, όπως και στα ελαιόδεντρα χωρίς καρπούς, ενώ η ελάχιστη ($0,95 \text{ g m}^{-2}$) στη μεταχείριση με κόνιν εδάφους στα τέλη Οκτωβρίου.



Διάγρ. 22. Μεταβολή της ποσότητας κόνεως, από τέλη Μαΐου μέχρι τέλη Οκτωβρίου, που είχε συσσωρευτεί σε φύλλα ελιάς δένδρων με καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) (με μπάρα η τυπική απόκλιση).

4.2.2 Ξηρά ουσία φύλλου, Ειδικό βάρος φύλλου και Συγκέντρωση χλωροφύλλης

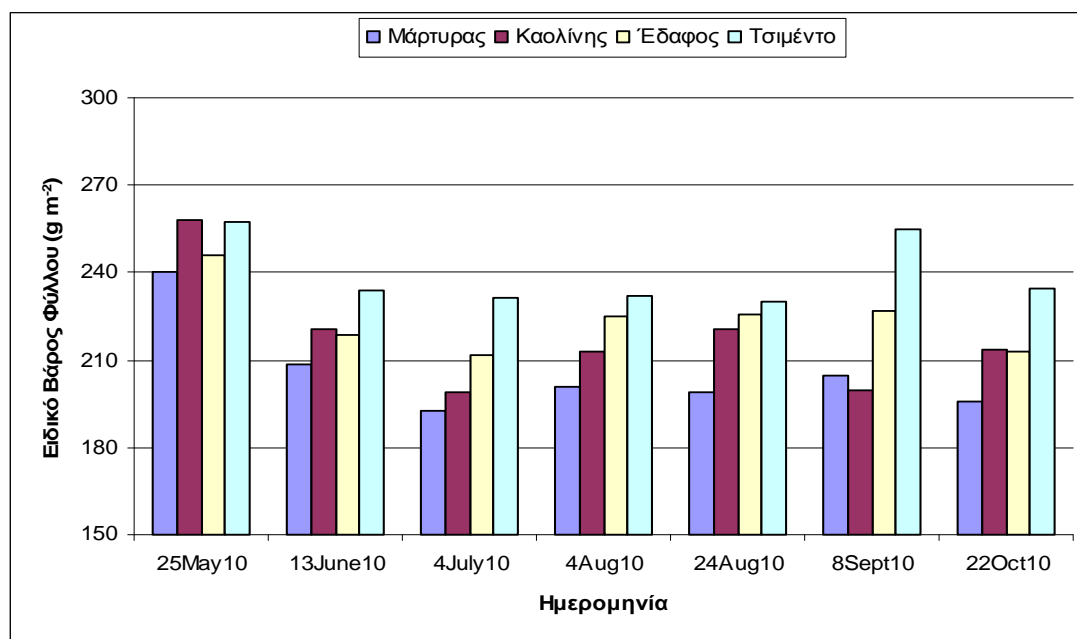
Το ποσοστό ξηράς ουσίας φύλλου παρέμεινε σταθερό μέχρι και τις αρχές Ιουλίου, οπότε και από τις αρχές Αυγούστου έως τις αρχές Σεπτεμβρίου αυξήθηκε σε όλες τις μεταχειρίσεις των δένδρων ελιάς, και κατόπιν μειώθηκε σημαντικά προς τα τέλη Οκτωβρίου (Διάγρ. 23). Οι μετρήσεις πιθανόν σημαίνουν ότι τα φύλλα είχαν ωριμάσει από το Μάιο, αλλά με τις υψηλές θερινές θερμοκρασίες, η μερική αφυδάτωση των φύλλων εμφανίστηκε ως αύξηση του ποσοστού ξηράς ουσίας. Τα φύλλα με καολίνη είχαν υψηλότερο % ξηράς ουσίας φύλλου από τα φύλλα των άλλων μεταχειρίσεων μόνο κατά τους θερινούς μήνες (Διάγρ. 23). Συνολικά δεν βρέθηκαν άλλες σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων και το ποσοστό ξηράς ουσίας φύλλου κυμάνθηκε από 50,3 έως 66,6%.



Διάγρ. 23. Μεταβολή του ποσοστού ξηράς ουσίας, από τέλη Μαΐου μέχρι τέλη Οκτωβρίου, σε φύλλα ελιάς δένδρων με καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) ($E\sigma\Delta_{0,05} = 2,49$).

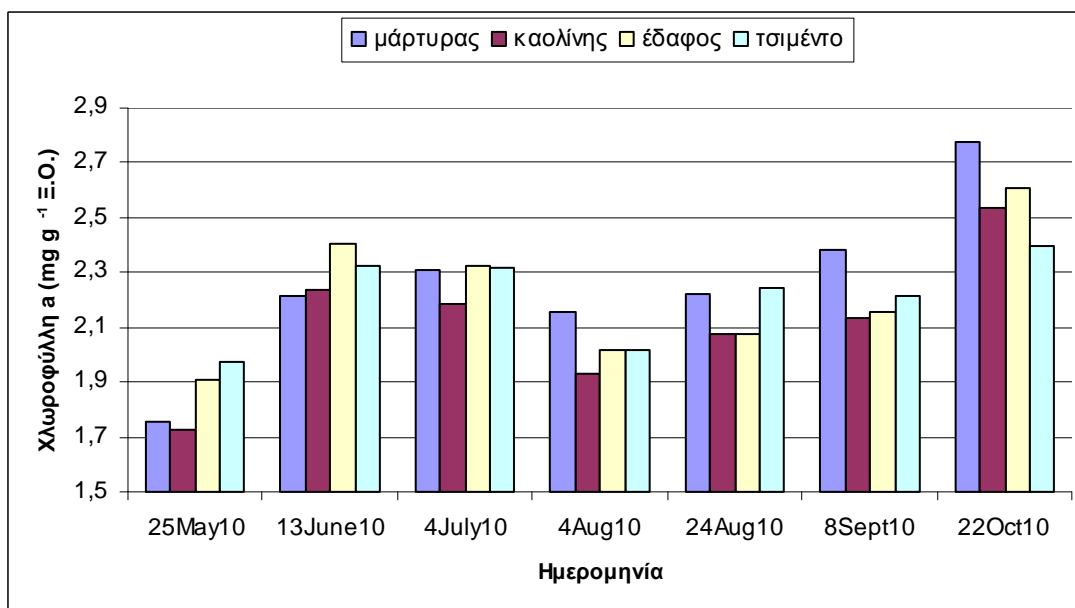
Το ειδικό βάρος φύλλου μετά από μια μείωση στις αρχές του θέρους παρέμεινε σχετικά σταθερό με τιμές από 20 έως 25 (σχετικά υψηλές για φύλλα σπυροφόρων, αλλά η ελιά είναι ξηροφυτικό θερμόφιλο είδος) έως και τον Οκτώβριο (Διάγρ. 24). Τα φύλλα που ψεκάστηκαν με κόνις εδάφους ή με

κόνιν τσιμέντου είχαν στις περισσότερες χρονικές περιόδους μετρήσεων υψηλότερο ειδικό βάρος φύλλου από τα φύλλα του καολίνης και αυτά από τα φύλλα του μάρτυρα που παρουσίασαν το χαμηλότερο ειδικό βάρος (Διάγρ. 24).



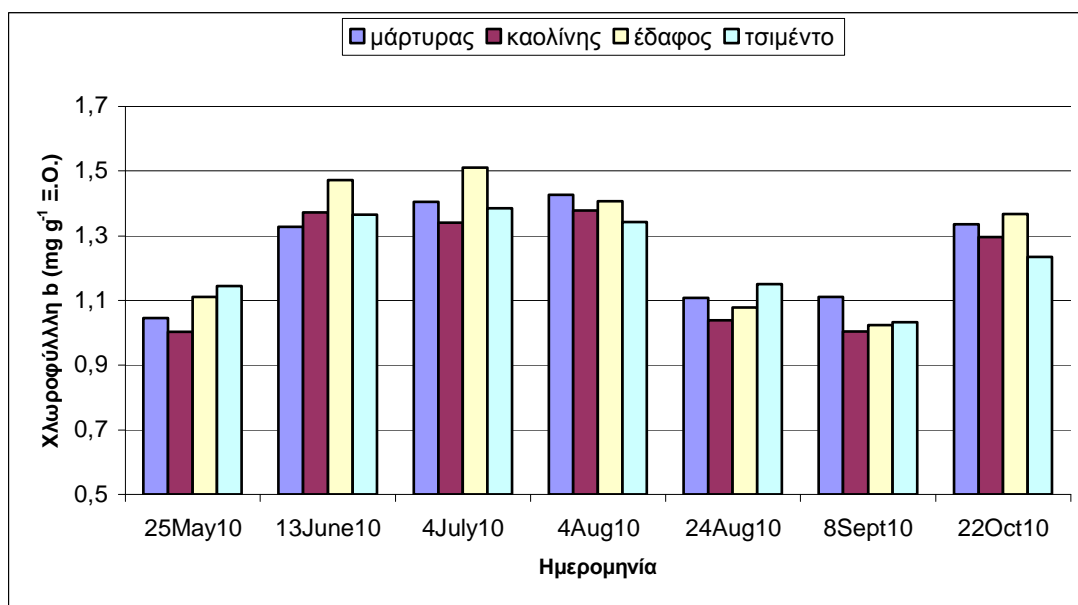
Διάγρ. 24. Μεταβολή του ειδικού βάρους φύλλου από τέλη Μαΐου μέχρι τέλη Οκτωβρίου σε φύλλα ελιάς δένδρων με καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνης 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) ($E\text{Σ}\Delta_{0,05} = 1,98$).

Η συγκέντρωση χλωροφύλλης a αυξήθηκε από το Μάιο έως τα μέσα Ιουνίου, παρουσίασε μια ελαφρά μείωση τους θερμούς μήνες, Ιούλιο και Αύγουστο έως τις αρχές Σεπτεμβρίου και αυξήθηκε ξανά τον Οκτώβριο με τις ηπιότερες φθινοπωρινές θερμοκρασίες και τις βροχοπτώσεις σε όλες τις μεταχειρίσεις των φύλλων των δέντρων της ελιάς (Διάγρ. 25). Συνολικά η υψηλότερη ($2,78 \text{ mg g}^{-1} \text{ Ξ.Ο.}$) συγκέντρωση χλωροφύλλης a παρουσιάστηκε στα φύλλα των δέντρων του μάρτυρα και η χαμηλότερη ($1,73 \text{ mg g}^{-1} \text{ Ξ.Ο.}$) συγκέντρωση στα φύλλα με καολίνη (Διάγρ. 25). Παρόμοια χαμηλή συγκέντρωση χλωροφύλλης a είχαν τα φύλλα με κόνιν τσιμέντου ή με κόνιν εδάφους σχετικά με τα φύλλα του μάρτυρα από τις αρχές του Αυγούστου έως τα τέλη Οκτωβρίου.



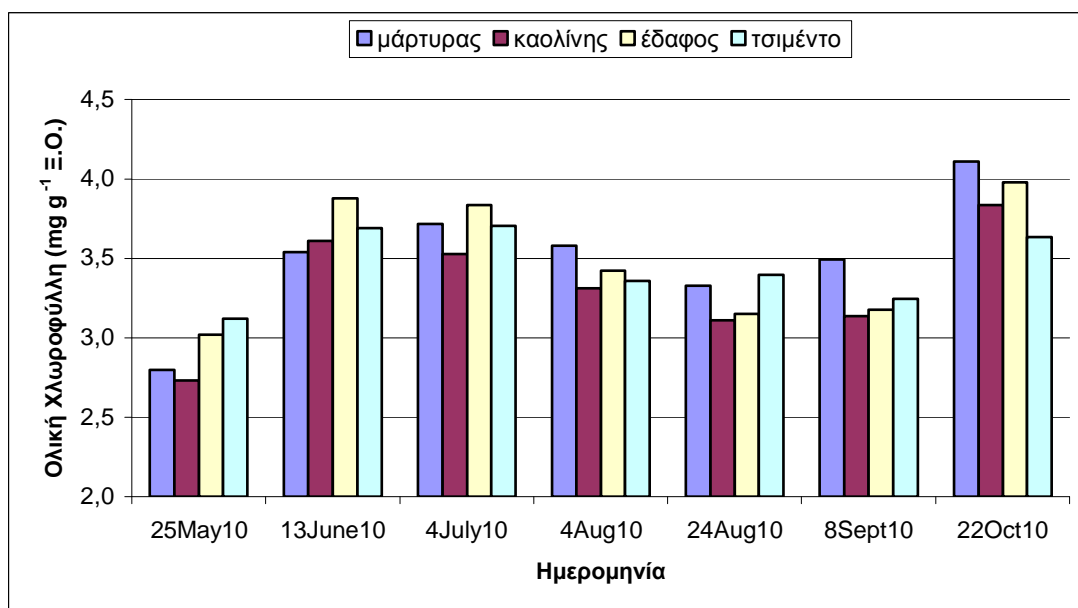
Διάγρ. 25. Μεταβολή της συγκέντρωσης χλωροφύλλης α, από το Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων με καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) ($E\sigma\Delta_{0,05} = 0,25$).

Η συγκέντρωση χλωροφύλλης b σε όλες τις μεταχειρίσεις αυξήθηκε από το Μάιο έως τα μέσα Ιουνίου, όπως και η χλωροφύλλη a, παρέμεινε σταθερή έως τις αρχές Αυγούστου, κατόπιν μειώθηκε σημαντικά τον Αύγουστο έως τις αρχές Σεπτεμβρίου και αυξήθηκε και πάλι τον Οκτώβριο χωρίς όμως να φτάσει τα επίπεδα της χλωροφύλλης b του Ιουνίου (Διάγρ. 26). Τα φύλλα με κόνις εδάφους είχαν τις περισσότερες φορές υψηλότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης b από τα φύλλα των άλλων μεταχειρίσεων και δεν βρέθηκαν ουσιαστικές διαφορές στη συγκέντρωση χλωροφύλλης b μεταξύ των φύλλων των άλλων μεταχειρίσεων (Διάγρ. 26). Τέλος, η συγκέντρωση χλωροφύλλης b κυμάνθηκε από $1,0 \text{ mg g}^{-1} \text{ Ξ.Ο.}$ στην μεταχείριση με καολίνη το Μάιο έως $1,51 \text{ mg g}^{-1} \text{ Ξ.Ο.}$ στη μεταχείριση με έδαφος τον Ιούνιο.



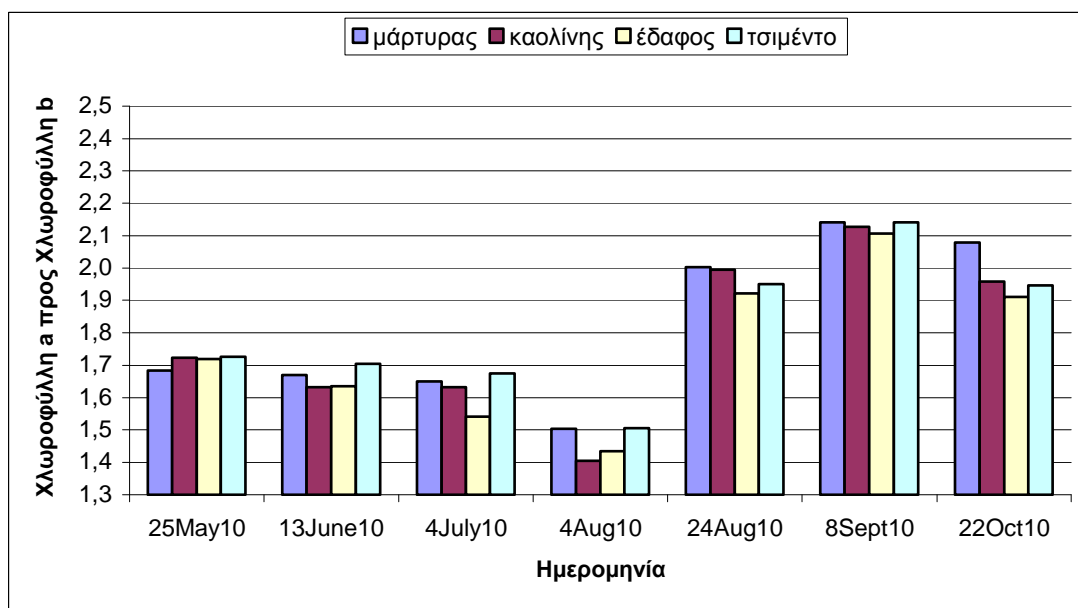
Διάγρ. 26. Μεταβολή της συγκέντρωσης χλωροφύλλης b, από το Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων με καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) ($E\text{Σ}\Delta_{0,05} = 0,15$).

Η συγκέντρωση ολικής χλωροφύλλης αυξήθηκε από το Μάιο έως τον Ιούνιο, με τιμές που κυμάνθηκαν από $2,73 \text{ mg g}^{-1} \text{ Ξ.Ο.}$ έως $3,88 \text{ mg g}^{-1} \text{ Ξ.Ο.}$, σε όλες τις μεταχειρίσεις των δένδρων ελιάς, αλλά μειώθηκε από τον Ιούλιο έως τις αρχές Σεπτεμβρίου και αυξήθηκε σημαντικά ξανά τον Οκτώβριο σημειώνοντας την υψηλότερη τιμή της ($4,11 \text{ mg g}^{-1} \text{ Ξ.Ο.}$) (Διάγρ. 27). Τα φύλλα της μεταχείρισης με καολίνη είχαν τις περισσότερες χρονικές περιόδους μετρήσεων χαμηλότερη συγκέντρωση ολικής χλωροφύλλης από τα φύλλα του μάρτυρα (Διάγρ. 27). Αντίθετα, τα φύλλα των μεταχειρίσεων με κόνιν τσιμέντου και εδάφους είχαν παρόμοια συγκέντρωση χλωροφύλλης με τα φύλλα του μάρτυρα τις περισσότερες χρονικές περιόδους μετρήσεων. Από όλα τα ανωτέρω δεν προκύπτει ουσιαστική επίδραση των μεταχειρίσεων στη συσσωρευόμενη ξηρά ουσία και στη συγκέντρωση χλωροφύλλης των φύλλων ελιάς. Αντίθετα, σημαντικές αλλαγές λόγω των θερινών υψηλών θερμοκρασιών βρέθηκαν στα μελετηθέντα χαρακτηριστικά φύλλων ελιάς και των τεσσάρων μεταχειρίσεων.



Διάγρ. 27. Μεταβολή της συγκέντρωσης ολικής χλωροφύλλης, από το Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων με καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) ($E_{SD_{0,05}} = 0,39$).

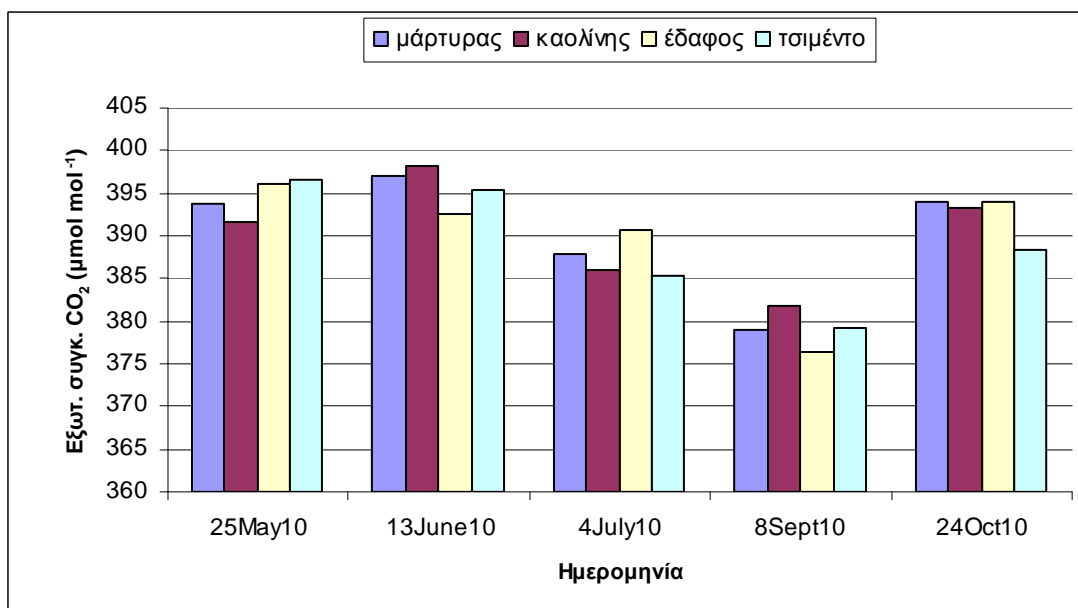
Η σχέση χλωροφύλλης a προς χλωροφύλλη b παρέμεινε σχεδόν σταθερή έως τις αρχές Αυγούστου (Διάγρ. 28). Από τον Αύγουστο όμως παρατηρήθηκε μια αύξηση της σχέσης χλωροφύλλης a προς χλωροφύλλη b σε όλες τις μεταχειρίσεις δέντρων ελιάς που παρέμεινε σταθερή έως τα τέλη Οκτωβρίου. Συνολικά όλη την περίοδο των μετρήσεων, τα φύλλα των τεσσάρων μεταχειρίσεων είχαν παρόμοια τιμή σχέσης χλωροφύλλης a προς χλωροφύλλη b χωρίς κάποια ουσιαστική σταθερή διαφορά (Διάγρ. 28).



Διάγρ. 28. Μεταβολή της σχέσης χλωροφύλλης a προς χλωροφύλλη b, από το Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων με καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνης 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) ($ΕΣΔ_{0,05} = 0,09$).

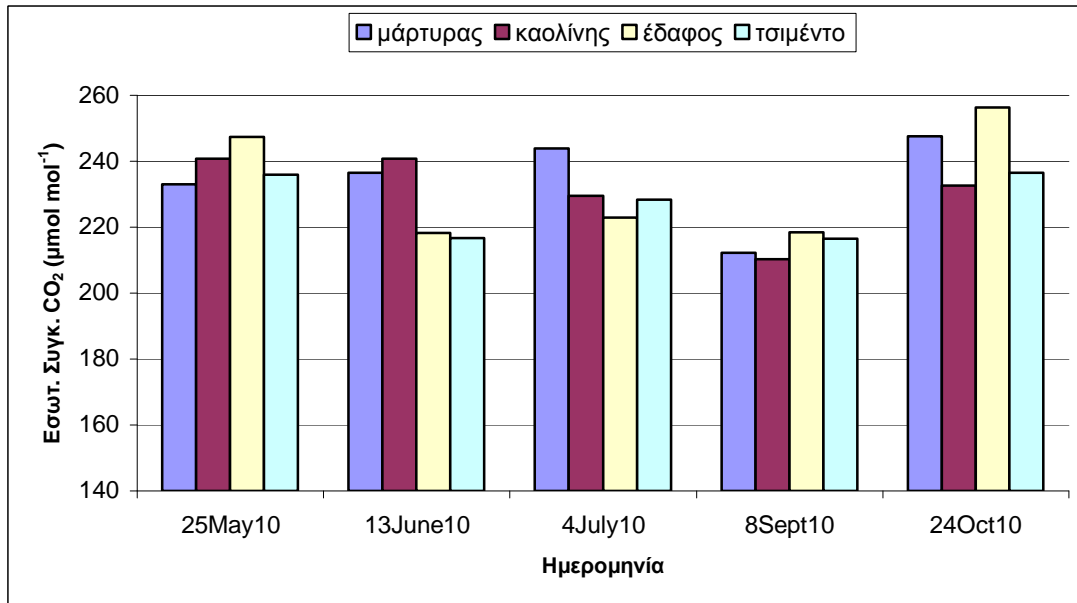
4.2.3 Φυσιολογικές λειτουργίες των φύλλων

Η συγκέντρωση CO_2 στον εισερχόμενο στο θάλαμο αέρα (εξωτερικός αέρας) παρέμεινε σταθερή από το Μάιο έως τον Ιούνιο, μειώθηκε σταδιακά τον Ιούλιο έως τις αρχές Σεπτεμβρίου και αυξήθηκε ξανά στα επίπεδα του Μαΐου τον Οκτώβριο (Διάγρ. 29). Οι ανωτέρω αλλαγές στη συγκέντρωση CO_2 στον εισερχόμενο στο θάλαμο αέρα βρέθηκαν για όλες τις μεταχειρίσεις. Οι διαφορές στη συγκέντρωση CO_2 στον εισερχόμενο στο θάλαμο αέρα ήταν ελάχιστες μεταξύ των μεταχειρίσεων και δεν φάνηκαν να επηρεάζονται σε καμία χρονική στιγμή από τις μεταχειρίσεις (Διάγρ. 29). Η συγκέντρωση CO_2 κυμάνθηκε από 376-398 $\mu\text{mol mol}^{-1}$.



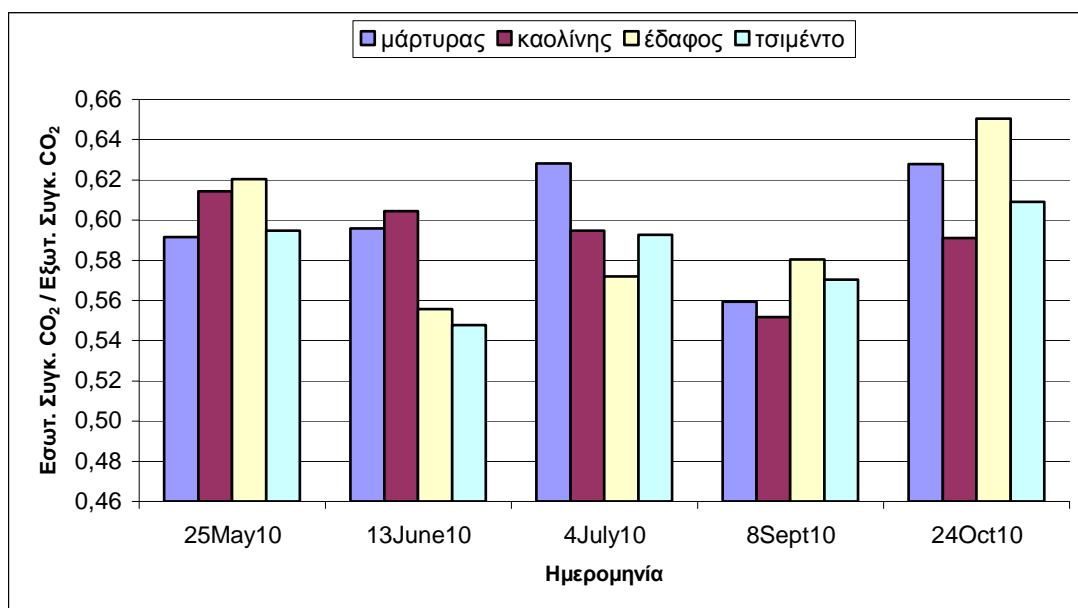
Διάγρ. 29. Μεταβολή της εξωτερικής συγκέντρωσης CO₂ από το Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων με καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) (ΕΣΔ_{0,05}= 5,02).

Συνολικά, η εσωτερική συγκέντρωση CO₂ στους μεσοκυττάρους χώρους των φύλλων μειώθηκε από το Μάιο έως τον Ιούνιο (μόνο στις μεταχειρίσεις του εδάφους και του τσιμέντου), αυξήθηκε τον Ιούλιο, μειώθηκε σημαντικά έως τις αρχές Σεπτεμβρίου σε όλες τις μεταχειρίσεις των δέντρων ελιάς και αυξήθηκε ξανά σημαντικά έως τα τέλη Οκτωβρίου (Διάγρ. 30). Η εσωτερική συγκέντρωση CO₂ των φύλλων των δέντρων που δέχτηκαν καολίνη παρουσίασε μία σταδιακή μείωση καθ' όλη τη θερινή θερμή περίοδο συγκριτικά με τα φύλλα του μάρτυρα που παρουσίασαν μία σταδιακή αύξηση έως τις αρχές Ιουλίου (Διάγρ. 30). Τα φύλλα των δέντρων που ψεκάστηκαν με κόνιν τσιμέντου είχαν χαμηλότερη εσωτερική συγκέντρωση CO₂ από τα φύλλα του μάρτυρα κατά το θέρος και τον Οκτώβριο (Διάγρ. 30). Τα φύλλα των δένδρων ελιάς που δέχτηκαν κόνιν εδάφους συμπεριφέρθηκαν παρόμοια με τα φύλλα με κόνιν τσιμέντου κατά το θέρος, αλλά εμφάνισαν την υψηλότερη εσωτερική συγκέντρωση CO₂ στα τέλη Οκτωβρίου από όλες τις μεταχειρίσεις.



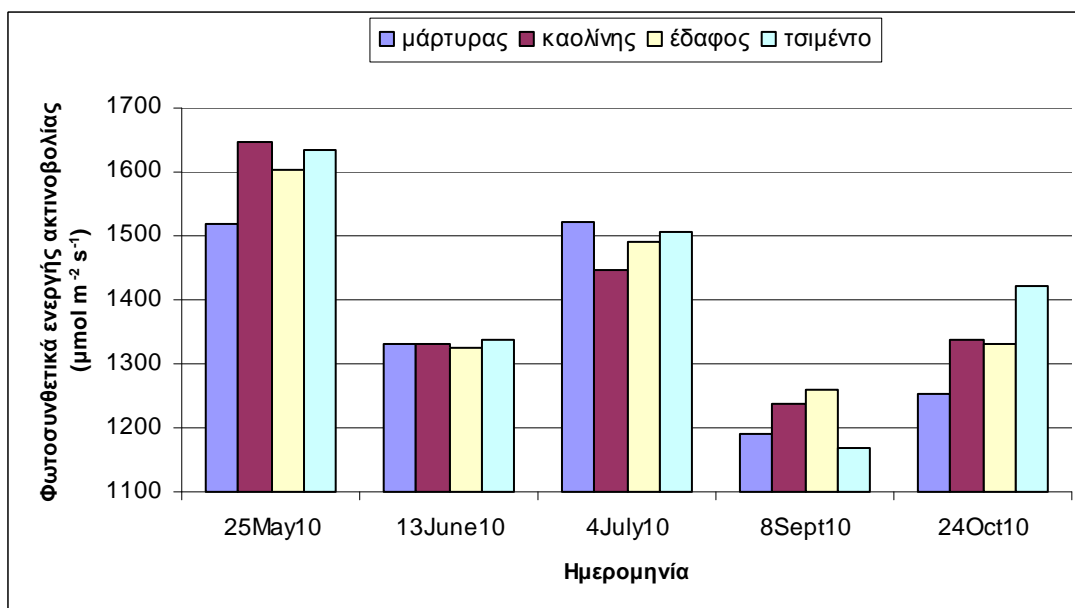
Διάγρ. 30. Μεταβολή της εσωτερικής συγκέντρωσης CO₂, από το Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων με καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) (ΕΣΔ_{0,05}= 14,17).

Η σχέση εσωτερικής συγκέντρωσης CO₂ προς εξωτερική συγκέντρωση CO₂ παρουσίασε αρκετές αυξομειώσεις καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων των δέντρων ελιάς σημειώνοντας την υψηλότερη τιμή (0,65 μmol mol⁻¹) στα τέλη Οκτωβρίου και τη χαμηλότερη τιμή (0,55 μmol mol⁻¹) στις αρχές Ιουνίου και αρχές Σεπτεμβρίου (Διαγρ. 31). Δεν βρέθηκαν ουσιώδεις διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.



Διάγρ. 31. Μεταβολή της εσωτερικής συγκέντρωσης CO₂ προς εξωτερική συγκέντρωση CO₂, από το Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων με καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) (ΕΣΔ_{0,05}= 0,036).

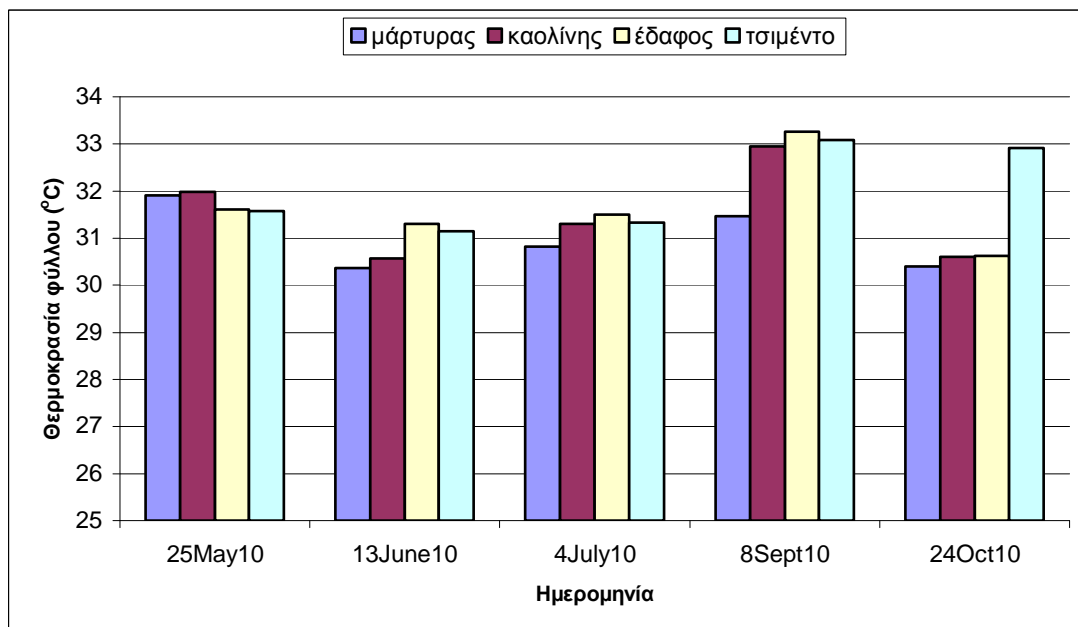
Η τιμή της φωτοσυνθετικά ενεργού ακτινοβολίας παρουσίασε αρκετές αυξομειώσεις καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων αλλά ήταν πάντα πάνω από 1150 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Διάγρ. 32). Δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές στην τιμή της φωτοσυνθετικά ενεργού ακτινοβολίας μεταξύ των μεταχειρίσεων και η φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία κυμάνθηκε από 1170 έως 1648 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.



Διάγρ. 32. Μεταβολή της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας, από το Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων με καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) (ΕΣΔ_{0,05}= 128).

Η θερμοκρασία φύλλου μειώθηκε από το Μάιο στον Ιούνιο (μόνο στις μεταχειρίσεις του μάρτυρα και του καολίνης), παρέμεινε σταθερή τον Ιούλιο, αυξήθηκε σημαντικά έως τις αρχές Σεπτεμβρίου μόνο στις μεταχειρίσεις με κόνις και μειώθηκε τελικά τον Οκτώβριο με τις δροσερότερες θερμοκρασίες του φθινοπώρου και τις βροχοπτώσεις σε όλες τις μεταχειρίσεις που μελετήθηκαν πλην της κόνεως τσιμέντου, η οποία παρέμεινε σε ένα ποσοστό στα φύλλα και διατήρησε τη θερμοκρασία αυτών σε υψηλότερα επίπεδα είτε λόγω μειωμένης διαπνοής είτε λόγω αυξημένης απορρόφησης ηλιακής ακτινοβολίας (Διάγρ. 33). Το Μάιο, με την πρώτη εφαρμογή των κόνεων, όλες οι μεταχειρίσεις είχαν παρόμοια θερμοκρασία φύλλου. Κατά την περίοδο του θέρους, όταν οι κόνις βρίσκονταν επί των φύλλων, τα φύλλα σε όλες τις μεταχειρίσεις με κόνις είχαν υψηλότερη θερμοκρασία φύλλου από τα φύλλα του μάρτυρα (Διάγρ. 33). Με την έλευση των βροχών του φθινοπώρου, τα φύλλα των μεταχειρίσεων με έδαφος και με καολίνη είχαν παρόμοια θερμοκρασία φύλλου με τα φύλλα του μάρτυρα, αλλά τα φύλλα με κόνιν τσιμέντου είχαν υψηλότερη θερμοκρασία φύλλου από τις άλλες μεταχειρίσεις, καθώς η κόνις τσιμέντου παρέμεινε και δεν ξεπλύθηκε με τις βροχές. Η

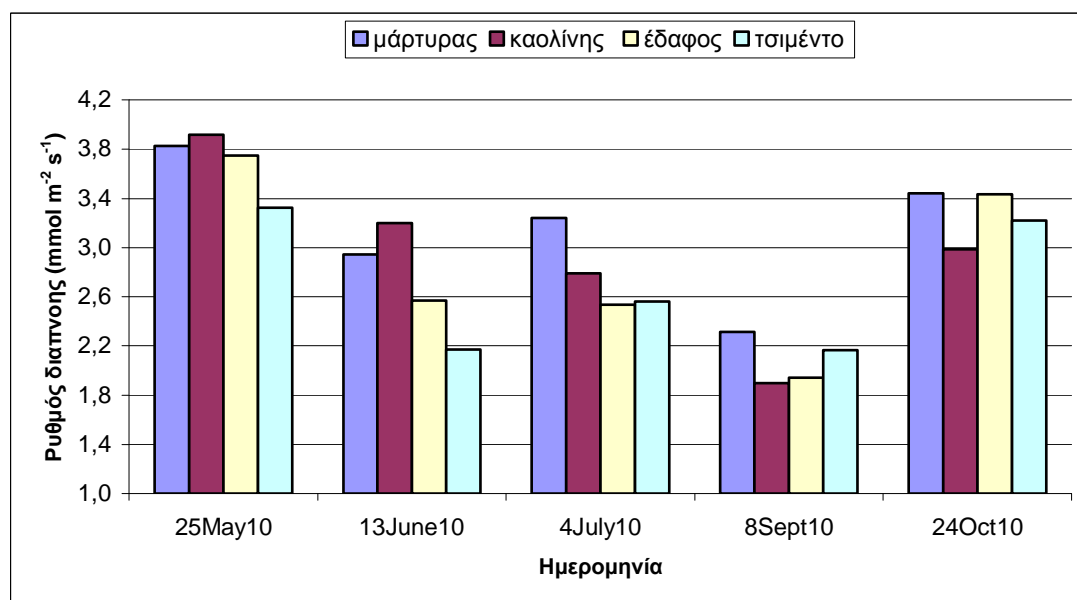
θερμοκρασία φύλλου κυμάνθηκε σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες από 30 έως 33 °C ανάλογα τη μεταχείριση και την περίοδο μέτρησης.



Διάγρ. 33. Μεταβολή της θερμοκρασίας φύλλου, από το Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων με καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) ($E\sigma\Delta_{0,05} = 0,92$).

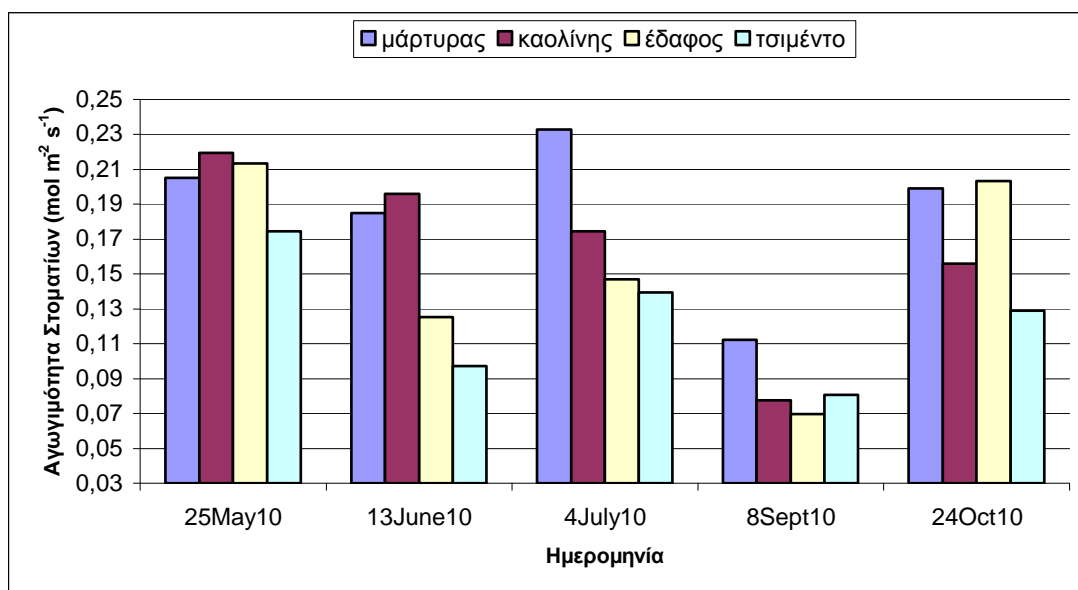
Ο ρυθμός διαπνοής παρουσίασε μια απότομη μείωση από τον Ιούνιο φτάνοντας στις χαμηλότερες τιμές τις αρχές Σεπτεμβρίου ($1,90$ έως $2,30$ $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) λόγω των θερινών υψηλών θερμοκρασιών, ενώ αυξήθηκε ξανά σημαντικά τον Οκτώβριο φτάνοντας στα $2,99$ έως $3,44$ $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ανάλογα τη μεταχείριση με τις βροχοπτώσεις του φθινοπώρου και τη μείωση των θερμοκρασιών του αέρα (Διάγρ. 34). Τα φύλλα του μάρτυρα είχαν τον υψηλότερο ρυθμό διαπνοής από όλες τις μεταχειρίσεις από τον Ιούλιο έως τις αρχές Σεπτεμβρίου (Διάγρ. 34). Τα φύλλα των δέντρων ελιάς με καολίνη είχαν ελαφρά υψηλότερο ρυθμό διαπνοής από τα φύλλα των δέντρων των άλλων μεταχειρίσεων με κόνις από το Μάιο έως τον Ιούλιο, ενώ από το Σεπτέμβριο έως τα τέλη Οκτωβρίου ο ρυθμός διαπνοής ήταν μικρότερος από τις μεταχειρίσεις με κόνις εδάφους και τσιμέντου καθώς και από τα φύλλα του μάρτυρα. Στις περισσότερες χρονικές περιόδους τα φύλλα των δέντρων που δέχτηκαν κόνιν τσιμέντου είχαν το μικρότερο ρυθμό διαπνοής (Διάγρ.

34). Τέλος, ο ρυθμός διαπνοής των φύλλων με κόνιν εδάφους ήταν χαμηλότερος αυτού του μάρτυρα έως τις αρχές Σεπτεμβρίου, αλλά αυξήθηκε σημαντικά αγγίζοντας τα επίπεδα του μάρτυρα τον Οκτώβριο με το ξέπλυμα της κόνεως εδάφους από τις φθινοπωρινές βροχές.



Διάγρ. 34. Μεταβολή του ρυθμού διαπνοής, από το Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων με καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνιν εδάφους (έδαφος) ή κόνιν τσιμέντου (τσιμέντο) ($E\text{Σ}\Delta_{0,05} = 0,38$).

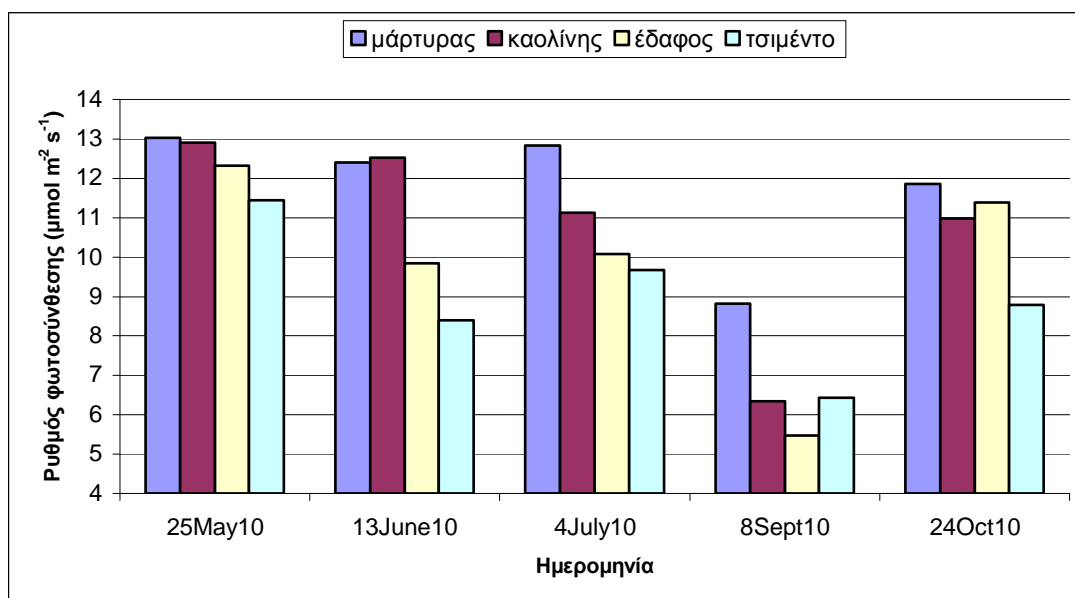
Η αγωγιμότητα των στοματίων των φύλλων των δένδρων ελιάς παρουσίασε διάφορες αυξομειώσεις με το χρόνο μετρήσεων ανάλογα τη μεταχείριση αλλά μειώθηκε σημαντικά τον Αύγουστο έως τις αρχές Σεπτεμβρίου σημειώνοντας την μικρότερη τιμή ($0,07 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) κατά τη θερμότερη και ξηρότερη περίοδο του έτους (Διάγρ. 35). Τα φύλλα του μάρτυρα παρουσίασαν την υψηλότερη αγωγιμότητα στοματίων τον Ιούλιο και τη μικρότερη αρχές Σεπτεμβρίου. Τα φύλλα των δένδρων ελιάς που ψεκάστηκαν με καολίνη είχαν παρόμοια αγωγιμότητα στοματίων με τα φύλλα του μάρτυρα έως και τον Ιούνιο, και μικρότερη στοματική αγωγιμότητα από τον Ιούλιο έως τον Οκτώβριο (Διάγρ. 35). Τα φύλλα των μεταχειρίσεων με κόνεις εδάφους και τσιμέντου είχαν σημαντικά χαμηλότερη αγωγιμότητα στοματίων από τα φύλλα του μάρτυρα από τον Ιούνιο έως τον Οκτώβριο με μοναδική εξαίρεση τα φύλλα με κόνιν εδάφους, που τον Οκτώβριο είχαν παρόμοια αγωγιμότητα στοματίων με τα φύλλα του μάρτυρα.



Διάγρ. 35. Μεταβολή της αγωγιμότητας στοματίων, από το Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων με καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) ($E\text{Σ}\Delta_{0,05} = 0,036$).

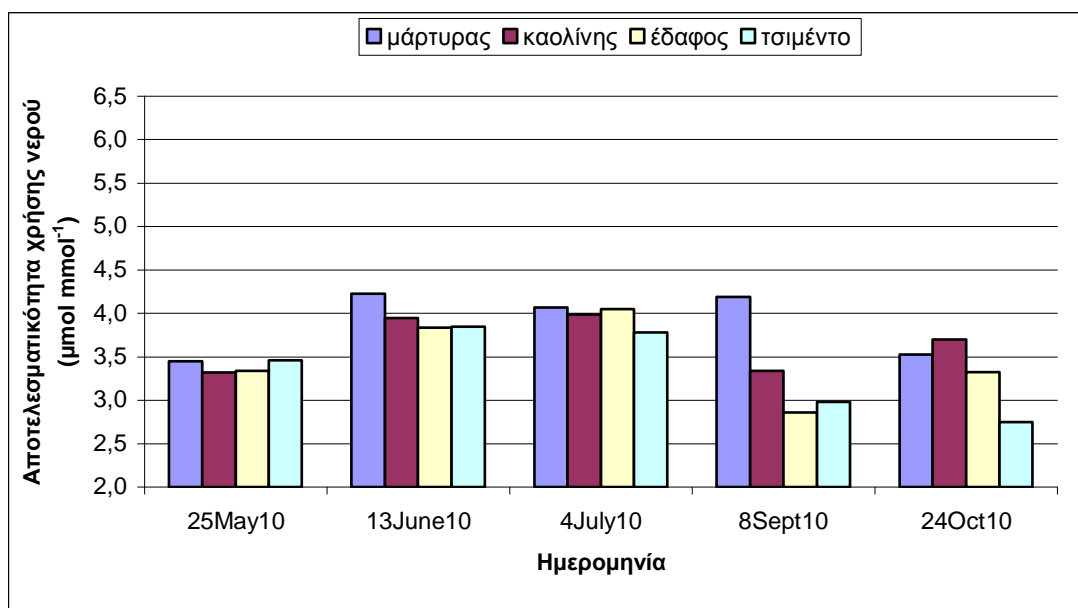
Συνολικά από όλες τις μεταχειρίσεις, ο ρυθμός φωτοσύνθεσης μειώθηκε σημαντικά μόνο στα φύλλα με κόνις εδάφους και τσιμέντου, μειώθηκε σημαντικά (κατά 38%) σε όλες τις μεταχειρίσεις από τις αρχές Ιουλίου έως τις αρχές Σεπτεμβρίου και αυξήθηκε και πάλι τον Οκτώβριο κατά 59% (Διάγρ. 36). Ο ρυθμός φωτοσύνθεσης των φύλλων του μάρτυρα παρέμεινε σταθερός έως και τον Ιούλιο και μειώθηκε μόνο στις αρχές Σεπτεμβρίου λόγω της θερμικής και υδατικής καταπόνησης του καλοκαιριού. Με τις ψυχρότερες θερμοκρασίες του φθινοπώρου, ο ρυθμός φωτοσύνθεσης των φύλλων του μάρτυρα αυξήθηκε τον Οκτώβριο. Ο ρυθμός φωτοσύνθεσης των φύλλων του καολίνης ήταν μικρότερος των φύλλων του μάρτυρα μόνο από τις αρχές Ιουλίου έως τις αρχές Σεπτεμβρίου κατά 13 και 28%, αντίστοιχα. Ο ρυθμός φωτοσύνθεσης των φύλλων με κόνις εδάφους και τσιμέντου ήταν μικρότερος από το ρυθμό φωτοσύνθεσης του μάρτυρα από την αρχή της περιόδου μετρήσεων και έως τις αρχές Σεπτεμβρίου για τις δύο μεταχειρίσεις, ενώ παρέμεινε χαμηλός για τα φύλλα με κόνιν τσιμέντου και τον Οκτώβριο (Διάγρ. 36). Συνολικά, για ολόκληρη την περίοδο μετρήσεων η κόνις εδάφους μείωσε το ρυθμό φωτοσύνθεσης κατά 18% και η κόνις τσιμέντου κατά 23% σε σχέση

με το μάρτυρα. Τέλος, ο ρυθμός φωτοσύνθεσης κυμάνθηκε από 13,03 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ στις αρχές Μαΐου έως 5,48 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ στις αρχές Σεπτεμβρίου.



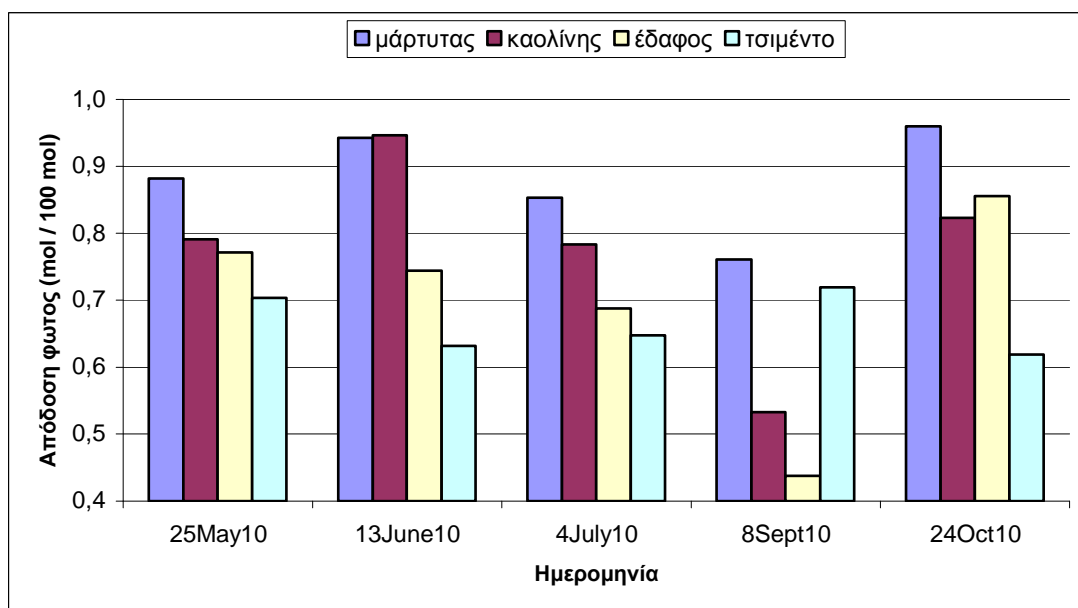
Διάγρ. 36. Μεταβολή του ρυθμού φωτοσύνθεσης, από το Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων με καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) (ΕΣΔ_{0,05} = 1,09) .

Η αποτελεσματικότητα χρήσης νερού των φύλλων (παραγωγή προϊόντων φωτοσύνθεσης ανά μονάδα νερού που διαπνέεται) αυξήθηκε από το Μάιο στον Ιούνιο από 3,32 έως 4,23 $\mu\text{mol mmol}^{-1}$, παρέμεινε σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του καλοκαιριού, σημειώνοντας τη χαμηλότερη τιμή 2,86 $\mu\text{mol mmol}^{-1}$ αρχές Σεπτεμβρίου σε όλες τις μεταχειρίσεις με κόνις, ενώ τον Οκτώβριο αυξήθηκε σημαντικά σε όλες τις μεταχειρίσεις των δένδρων ελιάς πλην των δένδρων με κόνιν τσιμέντου και του μάρτυρα, όπου η αποδοτικότητα χρήσης νερού μειώθηκε περαιτέρω (Διάγρ.37). Συνολικά τα φύλλα του μάρτυρα είχαν τις υψηλότερες τιμές αποδοτικότητας νερού από τα φύλλα των άλλων μεταχειρίσεων κατά τη χρονική περίοδο των μετρήσεων (Διάγρ. 37). Επιπλέον, τα φύλλα με καολίνη είχαν υψηλότερη αποδοτικότητα χρήσης νερού από τα φύλλα με κόνις εδάφους και τσιμέντου αργά το καλοκαίρι και τον Οκτώβριο.



Διάγρ. 37. Μεταβολή της αποτελεσματικότητας χρήσης νερού, από το Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων με καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) ($ΕΣΔ_{0,05} = 0,47$).

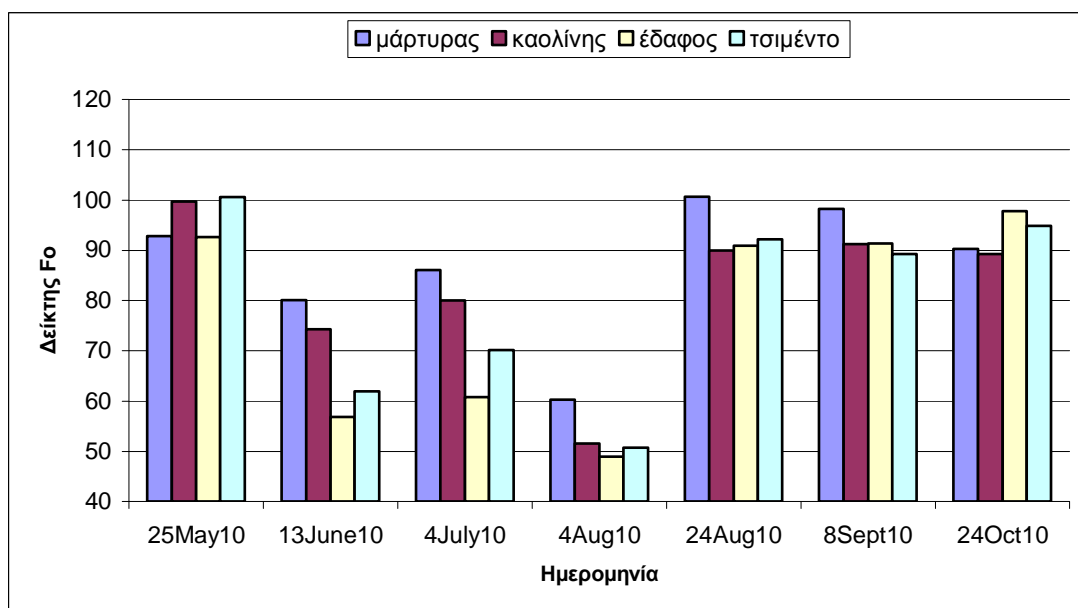
Συνολικά, η απόδοση φωτός μειώθηκε ουσιαστικά σε όλες τις μεταχειρίσεις των δένδρων ελιάς μόνο αργά το καλοκαίρι, και αυξήθηκε ξανά τον Οκτώβριο πλην των φύλλων με κόνιν τσιμέντου, που η απόδοση φωτός παρέμεινε χαμηλή ($0,62 \text{ mol} / 100 \text{ mol}$) (Διάγρ. 38). Τα φύλλα του μάρτυρα παρουσίασαν την υψηλότερη απόδοση φωτός από τα φύλλα με καολίνη και αυτά με την σειρά τους από τα φύλλα που δέχτηκαν κόνιν εδάφους, ενώ τη χαμηλότερη απόδοση φωτός είχαν τα φύλλα των δένδρων με κόνιν τσιμέντου κατά τη διάρκεια των μετρήσεων εκτός από τις αρχές Σεπτεμβρίου (Διάγρ. 38). Η απόδοση φωτός κυμάνθηκε από $0,44 \text{ mol} / 100 \text{ mol}$ στις αρχές Σεπτεμβρίου στη μεταχείριση με κόνιν εδάφους έως $0,96 \text{ mol} / 100 \text{ mol}$ στη μεταχείριση του μάρτυρα τον Οκτώβριο.



Διάγρ. 38. Μεταβολή της απόδοσης φωτός, από το Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων με καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) ($E\sigma\Delta_{0,05}=0,18$).

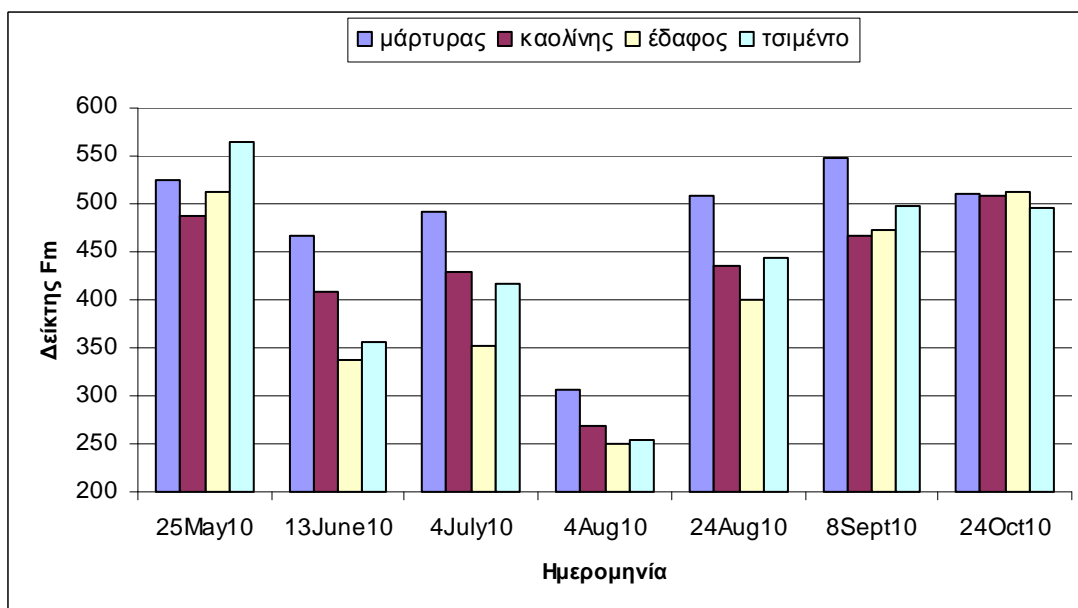
4.2.4 Φθορισμός χλωροφύλλης φύλλων

Από τις μετρήσεις φθορισμού χλωροφύλλης, η τιμή F_0 μειώθηκε σταδιακά από το Μάιο έως τον Ιούνιο, παρέμεινε χαμηλή φτάνοντας στη χαμηλότερη τιμή της (49) στις αρχές Αυγούστου και αυξήθηκε σημαντικά φτάνοντας τις αρχικές τιμές Μαΐου (από 93 έως 101) από τα τέλη Αυγούστου έως τον Οκτώβριο (Διάγρ. 39). Η τιμή F_0 ήταν υψηλότερη στα φύλλα των δένδρων του μάρτυρα συγκριτικά με τα φύλλα των δένδρων που ψεκάστηκαν με κόνις και οι οποίες δεν διέφεραν ουσιαστικά μεταξύ τους (Διάγρ. 39).



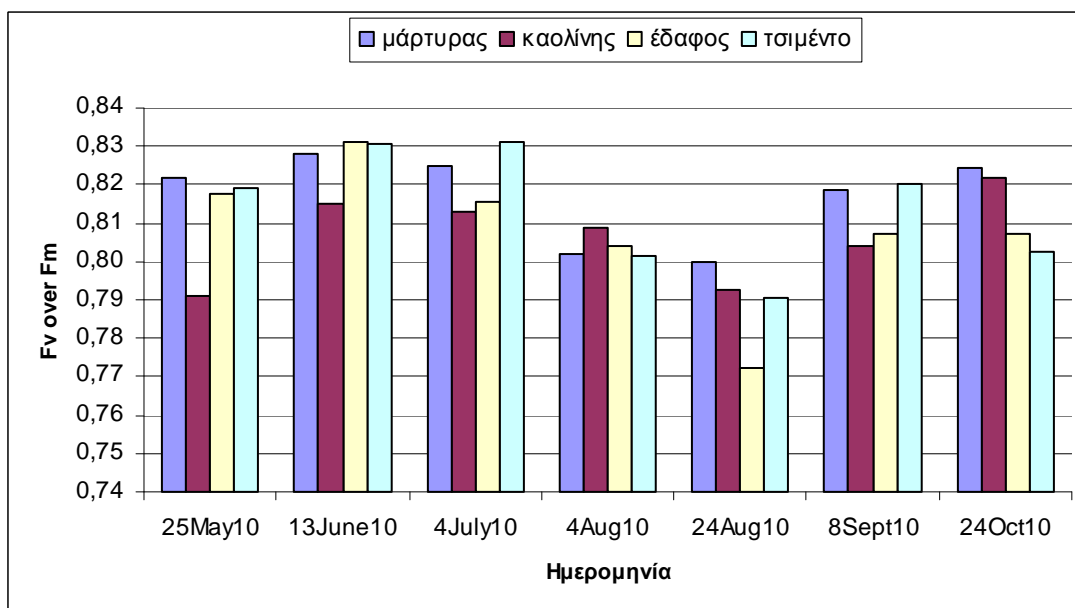
Διάγρ. 39. Μεταβολή του δείκτη F_0 , από το Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων με καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) ($E\sigma\Delta_{0,05}=12,80$).

Η τιμή F_m παρουσίασε αρκετές αυξομειώσεις καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων σε όλες τις μεταχειρίσεις των δέντρων ελιάς σημειώνοντας τις υψηλότερες τιμές F_m που ήταν 564, 547 και 514 το Μάιο, Σεπτέμβριο και Οκτώβριο, αντίστοιχα, και τις χαμηλότερες τιμές F_m από 250 έως 306 στις αρχές Αυγούστου (Διάγρ. 40). Τα φύλλα του μάρτυρα είχαν υψηλότερες τιμές F_m από τα φύλλα των δέντρων των άλλων μεταχειρίσεων στις περισσότερες μετρήσεις (Διάγρ. 40). Τα φύλλα με κόνις είχαν χαμηλότερες τιμές F_m από τα φύλλα του μάρτυρα από τον Ιούνιο έως το Σεπτέμβριο και παρόμοιες το Μάιο και παρόμοιες το Μάιο και Οκτώβριο. Μόνο στις αρχές Αυγούστου οι διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ήταν ελάχιστες καθώς οι τιμές F_m ήταν χαμηλές σε όλες τις μεταχειρίσεις συμπεριλαμβανομένου και του μάρτυρα (Διάγρ. 40).



Διάγρ. 40. Μεταβολή του δείκτη Fm, από το Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων με καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) ($E\sigma\Delta_{0,05}=62,02$).

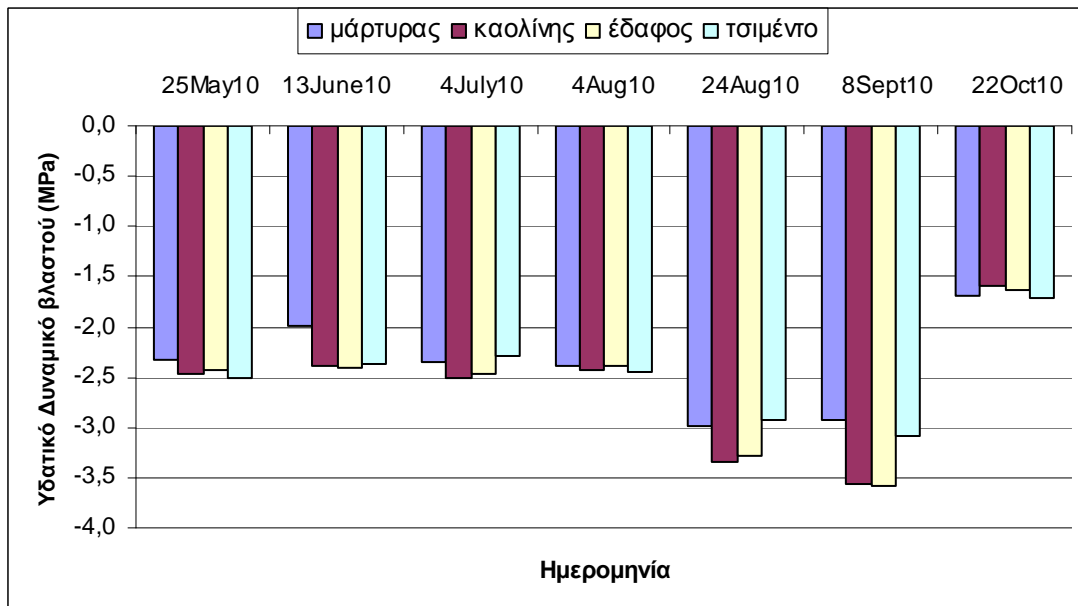
Ο λόγος F_v/F_m πρέπει να έχει τιμές από την περιοχή του 0,8 και πάνω. Όσο μειώνεται (και απομακρύνεται από το 0,8) σημαίνει ότι το φυτό είναι καταπονημένο. Ο λόγος F_v/F_m αυξήθηκε σταδιακά από το Μάιο έως τις αρχές Ιουλίου, μειώθηκε σταδιακά έως τα τέλη Αυγούστου, σημειώνοντας τιμές οριακά κάτω από το 0,8 στα τέλη Αυγούστου, σε όλες τις μεταχειρίσεις των φύλλων των δέντρων ελιάς και αυξήθηκε και πάλι το Σεπτέμβριο έως τον Οκτώβριο με τιμές πάνω από το 0,8 (Διάγρ. 41). Ο λόγος F_v/F_m δεν διέφερε ουσιαστικά μεταξύ των μεταχειρίσεων.



Διάγρ. 41. Μεταβολή του Fv/Fm, από το Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων με καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) ($E_{SD_{0,05}} = 0,028$).

4.2.5 Υδατικό δυναμικό βλαστού τις μεσημβρινές ώρες

Το υδατικό δυναμικό βλαστού (midday stem water potential) όσο γίνεται πιο αρνητικό, τόσο πιο καταπονημένο είναι το φυτό. Από το Μάιο έως τις αρχές Αυγούστου παρέμεινε σταθερό στις -2 έως -2,5 MPa, αλλά έγινε ακόμα πιο αρνητικό φτάνοντας και ξεπερνώντας τα -3 MPa από τα τέλη Αυγούστου έως τις αρχές Σεπτεμβρίου ενώ αυξήθηκε τον Οκτώβριο φτάνοντας στα -1,7 MPa λόγω των δροσερών θερμοκρασιών του φθινοπώρου και των βροχοπτώσεων που μείωσαν σημαντικά την υδατική καταπόνηση (Διάγρ. 42). Δεν βρέθηκαν ουσιώδεις διαφορές στο υδατικό δυναμικό βλαστού από το Μάιο έως τις αρχές Αυγούστου και τον Οκτώβριο. Αλλά τον Αύγουστο και Σεπτέμβριο, τα φύλλα του μάρτυρα είχαν λιγότερο αρνητικές τιμές από τα φύλλα με καολίνη και με κόνιν εδάφους (Διάγρ. 42). Τα δέντρα που ψεκάστηκαν με κόνιν τσιμέντου είχαν παρόμοιες τιμές υδατικού δυναμικού με τα δέντρα του μάρτυρα καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων.



Διάγρ. 42. Μεταβολή του υδατικού δυναμικού βλαστού, από το Μάιο έως τον Οκτώβριο, σε φύλλα ελιάς δένδρων με καρπούς που περιοδικά ψεκάστηκαν με νερό (μάρτυρας) ή με διάλυμα καολίνη 5% (καολίνης), ή εφαρμόστηκε κόνις εδάφους (έδαφος) ή κόνις τσιμέντου (τσιμέντο) ($E\bar{S}\Delta_{0,05} = 3,34$).

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Πολλές και σημαντικές αλλαγές συνέβησαν στα φύλλα τον Αύγουστο, που προφανώς ήταν και η περίοδος της υψηλότερης καταπόνησης λόγω της παρατεταμένης περιόδου ξηρασίας και υψηλών θερμοκρασιών. Καθώς η στάγδην άρδευση κάλυπτε ένα ποσοστό περίπου 50% της εξατμισοδιαπνοής των φυτών (εφαρμόστηκαν περίπου 100 m³ το στρέμμα). Η παρουσία ή όχι καρπών δεν επηρέασε τις αλλαγές που συνέβησαν τον Αύγουστο. Πιο συγκεκριμένα, λόγω της μερικής αφυδάτωσης βρέθηκε μια αύξηση του % ξηράς ουσίας στα φύλλα της ελιάς τον Αύγουστο. Αυτή η αύξηση του ποσοστού ξηράς ουσίας περιέργως δεν συνοδεύτηκε από αύξηση του ειδικού βάρους του φύλλου. Λόγω της καταπόνησης αλλά και λόγω της αύξησης του ποσοστού ξηράς ουσίας η συνολική και οι δύο επιμέρους χλωροφύλλες μειώθηκαν τον Αύγουστο. Είναι πιθανό λοιπόν με τη θερμική καταπόνηση να είχαμε διάσπαση μέρους της χλωροφύλλης με φωτοοξειδωση. Σε έρευνα του Proietti (2000) και των Hagidimitriou and Pontikis (2005) σε δένδρα ελιάς επίσης διαπιστώθηκε μειωμένη συγκέντρωση χλωροφύλλης τον Αύγουστο παρουσία ή απουσία καρπών. Από την άλλη μεριά, η θερμοκρασία φύλλου παρέμεινε σχετικά σταθερή έως τις αρχές Σεπτεμβρίου χωρίς να ξεπερνά σημαντικά τους 30 °C παρά τη μείωση της αγωγιμότητας στοματίων και της διαπνοής που μετρήθηκαν την ίδια περίοδο. Φαίνεται ότι το φύλλο της ελιάς έχει κατασκευαστεί και αλλάζει προσανατολισμό με τέτοιο τρόπο ώστε να ανακλά σημαντικό μέρος της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και να αποφεύγει την υπερθέρμανση. Λόγω της μείωσης της αγωγιμότητας στοματίων αλλά πιθανόν και λόγω της αύξησης της φωτοαναπνοής, η καθαρή φωτοσύνθεση που μετρήσαμε ήταν μειωμένη τον Αύγουστο και φυσικά και η απόδοση φωτός. Η φωτοσύνθεση σχετίζεται θετικά με τη αγωγιμότητα στοματίων σύμφωνα με προηγούμενες έρευνες (Giorgelli et al., 1994, Mariana et al., 2002, Hagidimitriou and Pontikis, 2005, Mili et al., 2011). Δεν είναι δυνατόν να υποστηριχθεί αν η μείωση της συγκέντρωσης των χλωροφυλλών προκάλεσε τη μείωση του ρυθμού φωτοσύνθεσης ή το αντίστροφο, δηλ. ο μειωμένος ρυθμός φωτοσύνθεσης προκάλεσε και την υδρόλυση μέρους της χλωροφύλλης ως μη χρήσιμης για το φύλλο. Παρόλα αυτά, ο δείκτης καταπόνησης (βάσει του φθορισμού χλωροφύλλης) Fv/Fm δεν μεταβλήθηκε

ουσιαστικά τον Αύγουστο και δεν μειώθηκε σημαντικά κάτω από το 0,8 που θεωρείται το επίπεδο ασήμαντης καταπόνησης για τα φυτά. Είναι πιθανόν ότι, με τις ιδιότητες των φύλλων της ελιάς να ανακλούν ή να αποφεύγουν να απορροφήσουν μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας όταν αυτή είναι πολύ υψηλότερη των αναγκών της φωτοσύνθεσης, ο ανωτέρω δείκτης F_v/F_m να μην είναι χρήσιμος για αυτό το είδος σε περιπτώσεις ελαφριάς καταπόνησης καθώς μόνο η αγωγιμότητα των στοματίων είναι ο περιοριστικός παράγοντας για τη φωτοσύνθεση και αποτελεσματικότητα χρήσης του φωτός (Angelopoulos et al., 1996). Αντίθετα, αργά τον Αύγουστο, το υδατικό δυναμικό του βλαστού μειώθηκε σημαντικά δείχνοντας έτσι και την καταπόνηση που δέχονταν ολόκληρο το δέντρο της ελιάς κατά τον Αύγουστο.

Οι φθινοπωρινές βροχοπτώσεις και η μείωση της θερμοκρασίας αέρα με την ελαφρά μείωση της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας που μετρήσαμε (βάσει της πορείας του ήλιου κατά τη διάρκεια της ημέρας τον Οκτώβριο) προκάλεσαν σημαντικές αλλαγές στα φύλλα της ελιάς. Συγκεκριμένα, η συγκέντρωση χλωροφύλλης (ολικής και a), η αγωγιμότητα στοματίων, και οι ρυθμοί διαπνοής και φωτοσύνθεσης αυξήθηκαν τον Οκτώβριο παρουσία ή μη καρπών δείχνοντας ότι τα φύλλα της ελιάς, εφόσον και οι θερμοκρασίες αέρα είναι ευνοϊκές, εκμεταλλεύονται τις φθινοπωρινές θερμοκρασίες και βροχές και, καθώς είναι λιγότερο καταπονημένα, γίνονται πιο παραγωγικά ανεξάρτητα αν υπάρχουν καρποί που είναι ισχυροί 'καταναλωτές' ακόμα (καθώς δεν έχουν ωριμάσει) ή όχι. Παρόμοια αποτελέσματα σχετικά με την αύξηση της αγωγιμότητας στοματίων, το ρυθμό διαπνοής και τη φωτοσύνθεση τον Οκτώβριο αναφέρονται σε προηγούμενες έρευνες για την ελιά (Proietti, 2000, Proietti and Famiani, 2002, Hagidimitriou and Pontikis, 2005). Αυτή η παραγωγική περίοδος πιθανόν να επηρεάζει σημαντικά κύρια τη συσσώρευση ελαιολάδου στις ελαιοποιήσιμες ποικιλίες αλλά και στις επιτραπέζιες που συγκομίζονται ως μαύροι καρποί, επομένως παρουσιάζει ενδιαφέρον για περαιτέρω μελέτη. Η μείωση της καταπόνησης τον Οκτώβριο φυσικά βρέθηκε και από τις μετρήσεις του φθορισμού χλωροφύλλης και του υδατικού δυναμικού του βλαστού που αυξήθηκαν σημαντικά.

Εδώ να σημειωθεί ότι το ποσοστό ξηράς ουσίας των φύλλων σε όλες τις μετρήσεις και εποχές βρέθηκε να είναι πάνω από το 50%, που σημαίνει πέρα

από τη σκληροφυλλία που έχει η ελιά και το μεγάλο κόστος παραγωγής των φύλλων για το δέντρο. Αυτή η νέα βλάστηση δημιουργείται την Άνοιξη, επομένως καλές καιρικές συνθήκες και κατάλληλες καλλιεργητικές τεχνικές απαιτούνται για την ανάπτυξη των νέων βλαστών αλλά και τη χρονιά της καρποφορίας για την ανάπτυξη των ταξιανθιών, την άνθιση και αρχική σημαντική ανάπτυξη των καρπών. Γι' αυτό και είναι γνωστό ότι άρδευση και ικανοποιητική αζωτούχος λίπανση την Άνοιξη απαιτούνται για καλή βλαστική ανάπτυξη και καρπόδεση. Τέλος, τα φύλλα των περασμένων ετών, εφόσον φωτίζονται και δεν προσβληθούν από ασθένειες (βασικά κυκλοκόνιο), παραμένουν στο δέντρο και βοηθούν στην παραγωγή υδατανθράκων και την επόμενη τουλάχιστον χρονιά από τη χρονιά δημιουργίας τους. Και εδώ είναι προφανές ότι το σωστό κλάδεμα και φυτοπροστασία μπορούν να προστατέψουν τα φύλλα της ελιάς ώστε αυτό το μεγάλο κόστος παραγωγής για το φυτό να αποδώσει περισσότερο από ένα έτος στο φυτό. Σε νεαρά φυτά ελιάς σε γλάστρα τα περυσινά φύλλα συνεισέφεραν ουσιαστικά στην παραγωγή υδατανθράκων για το φυτό έως τον Ιούνιο και σε μικρότερο βαθμό αργότερα κατά την καλλιεργητική περίοδο (Hagidimitriou and Pontikis, 2005).

Όσον αφορά τώρα τις διαφορές στη φυσιολογία των φύλλων της ελιάς όταν αυτή έχει καρποφορία ή όχι, όπως αναφέρθηκε στον ίδιο ελαιώνα μελετήθηκαν φυτά που βρίσκονταν στη χρονιά καρποφορίας ή στη χρονιά παρενιαυτοφορίας (χωρίς καρπούς). Η καρποφορία δεν τροποποίησε το ποσοστό ξηράς ουσίας και ειδικό βάρος φύλλου αλλά αύξησε τη συγκέντρωση χλωροφυλλών (ειδικότερα της χλωροφύλλης a κατά 5,5%, της χλωροφύλλης b κατά 17% και της ολικής χλωροφύλλης κατά 9%) (Πίν. 5.1). Αυτή η αύξηση της συγκέντρωσης χλωροφύλλης θα μπορούσε να είναι μια αντίδραση του φυτού στις αυξημένες ανάγκες του σε φωτοσυνθετικά προϊόντα. Πράγματι με παρόμοιο υδατικό δυναμικό βλαστού στα καρποφορούντα ή μη δέντρα (Πίν. 5.1), η αγωγιμότητα στοματίων αυξήθηκε κατά 24%, ο ρυθμός διαπνοής κατά 13% και ο ρυθμός φωτοσύνθεσης κατά 9% λόγω της παρουσίας καρπών στο δέντρο. Αυτές οι τιμές είναι οι μέσοι όροι των τεσσάρων μεταχειρίσεων, ενώ αν ληφθούν υπόψη οι διαφορές του μάρτυρα στα ελαιόδεντρα με ή χωρίς καρποφορία, αυτές είναι σχεδόν διπλάσιες από τις ανωτέρω.

Πίνακας 5.1. Διαφορές λόγω καρποφορίας

	Χωρίς Καρπούς	Με Καρπούς
Ειδικό βάρος φύλλου	231 a	222 a
Συνολική Χλωροφύλλη	3,16 b	3,44 a
Θερμοκρασία Φύλλου	31,4 a	31,6 a
Αγωγιμότητα στοματίων	0,13 b	0,16 a
Διαπνοή	2,54 b	2,91 a
Φωτοσύνθεση	9,5 b	10,3 a
Αποτελ. χρήσης νερού	3,92 a	3,60 b
Fv/Fm	0,81 a	0,81 a
Υδατικό Δυν. Βλαστού	-2,55 a	-2,52 a

Από όλα όσα περιγράφηκαν είναι προφανές ότι η φέρουσα ικανότητα των αγγείων του βλαστού είναι αρκετά μεγάλη και μεταβάλλεται χωρίς αυξομειώσεις στην πίεση από παράγοντες όπως η παρουσία ισχυρών 'καταναλωτών', που είναι οι καρποί σε αυτή την περίπτωση. Είναι επίσης προφανές ότι ο ρυθμός διαπνοής δεν αυξήθηκε ανάλογα με τη αγωγιμότητα στοματίων. Είναι γνωστό ότι τα φύλλα της ελιάς έχουν στομάτια μόνο στην κάτω επιφάνεια του φύλλου και αυτά καλύπτονται εν μέρει από το ομβρελοειδές τρίχωμα του φύλλου της ελιάς μειώνοντας έτσι την απώλεια νερού και επιτρέποντας την είσοδο του CO₂. Επίσης, ο ρυθμός φωτοσύνθεσης αυξήθηκε κατά 9% λόγω της παρουσίας καρπών και αυτό είναι σχετικά μικρό ποσοστό. Φυσικά γνωρίζουμε ότι τη χρονιά καρποφορίας το δέντρο της ελιάς παράγει πολύ λιγότερη βλάστηση (και επομένως πολύ λιγότερους οφθαλμούς να δύνανται να διαφοροποιηθούν σε ανθοφόρους) λόγω της ισχυρής ζήτησης υδατανθράκων από τους καρπούς (Proietti, 2000). Έτσι ένα πολύ μεγαλύτερο ποσοστό των παραγόμενων υδατανθράκων από το 9% της αύξησης της φωτοσύνθεσης μεταφέρεται στους καρπούς τη χρονιά καρποφορίας στην ελιά εις βάρος της νέας βλάστησης. Ο Proietti (2000) και οι Hagidimitriou and Pontikis (2005) δεν βρήκαν διαφορές σε όλες τις φυσιολογικές παραμέτρους των φύλλων σε καρποφορούντα ή μη δέντρα

ξηρικής όμως ελιάς στην Ιταλία ή νεαρών φυτών ελιάς σε γλάστρα στην Ελλάδα. Και αυτό το θέμα επιδέχεται μελλοντική μελέτη καθώς επηρεάζει την ποιότητα καρπών και παραγωγικότητα της παρούσας χρονιάς και την παρενιαυτοφορία της ελιάς γενικότερα.

Η εφαρμογή σκευασμάτων με καολίνη δεν έχει μελετηθεί στην ελιά. Σε άλλα οπωροφόρα χρησιμοποιείται εκτενώς για τη μείωση της θερμικής καταπόνησης του φυτού, του ηλιοκάματος στους καρπούς και τη μείωση των προσβολών από εχθρούς και ασθένειες (Glenn et al., 2002, Glenn and Ruterka, 2005). Παρόλο που το ενεργειακό κόστος παραγωγής του συγκεκριμένου σκευάσματος είναι πολύ μικρότερο των λοιπών φυτοπροστατευτικών, το οικονομικό του κόστος στην Ελλάδα αυτή τη στιγμή είναι υψηλό. Επίσης στα αρνητικά του προϊόντος είναι και η απόθεση υπολειμμάτων (λευκό επίχρισμα) στους καρπούς, το οποίο, παρότι είναι αβλαβές για τον άνθρωπο και τα ζώα γενικότερα, είναι οπτικά απαράδεκτο για νωπούς καρπούς από τους καταναλωτές. Για την ελιά όμως ο καολίνης στους καρπούς δεν θα ήταν πρόβλημα λόγω της μεταποίησης της. Έτσι παρουσιάζει ενδιαφέρον η μελέτη του καολίνη στην ελιά με σκοπό την πιθανή μείωση της καταπόνησης της ελιάς από τις υψηλές θερμοκρασίες και ελάχιστη διαθέσιμη εδαφική υγρασία τους καλοκαιρινούς μήνες. Αν ο καολίνης μείωνε την καταπόνηση και βοηθούσε στην καλύτερη λειτουργία των φύλλων το καλοκαίρι, θα αυξάνονταν η παραγωγή υδατανθράκων και παραγωγικότητα καρπών και ελαίου των δέντρων. Θα μπορούσε επίσης να μειωθεί και η ανάγκη άρδευσης των ελαιόδεντρων, ώστε με λιγότερη ποσότητα αρδευτικού νερού να είχαμε διατήρηση καλής παραγωγής καρπών. Έτσι θα μπορούσε να γίνει οικονομική η χρήση του καολίνη.

Στη συνέχεια συνοψίζονται και συζητούνται τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης της χρήσης καολίνη σε ελαιώνα που αρδεύονταν περιορισμένα και η παραγωγή του είναι επίσης περιορισμένη με περίπου 1000 κιλά καρπών το στρέμμα και 150 κιλά ελαιόλαδου το στρέμμα ανά διετία. Η εφαρμογή καολίνη στα ελαιόδεντρα χωρίς καρπούς μείωσε ελαφρά το ειδικό βάρος φύλλου (κατά 5%), αλλά αύξησε σημαντικά τη συγκέντρωση χλωροφύλλης (κατά 16%). Οι ανωτέρω μεταβολές σχετίζονται με τη σκίαση και έχουν βρεθεί σε φύλλα σκιαζόμενων ελαιόδεντρων (Gregoriou et al.,

2007). Επιπλέον με την παρουσία καολίνη στα δέντρα χωρίς καρπούς μειώθηκαν ελαφρά η αγωγιμότητα στοματίων (κατά 5%) και ο ρυθμός φωτοσύνθεσης (κατά 3%), ενώ αυξήθηκε ελαφρά ο ρυθμός διαπνοής (κατά 3%). Αυτά τα αποτελέσματα κατέληξαν σε μείωση της αποτελεσματικότητας χρήσης νερού του φύλλου κατά 11% παρουσία καολίνη χωρίς αυτός να επηρεάσει σημαντικά τις υπόλοιπες παραμέτρους που μελετήθηκαν. Αντίθετα, στα ελαιόδεντρα με καρπούς ο καολίνης αύξησε το ειδικό βάρος φύλλου κατά 6% και μείωσε τη συγκέντρωση χλωροφύλλης κατά 5%. Επίσης έκανε πιο αρνητικό το υδατικό δυναμικό βλαστού (κατά 10%) και μείωσε σημαντικά τη λειτουργία των φύλλων καθώς μείωσε τη αγωγιμότητα στοματίων (κατά 12%), το ρυθμό διαπνοής (κατά 6%) και φωτοσύνθεσης (κατά 10%) και φυσικά μείωσε την αποτελεσματικότητα χρήσης νερού (κατά 7%) και απόδοση φωτός (κατά 12%). Οι υπόλοιπες παράμετροι που μετρήθηκαν δεν άλλαξαν σημαντικά παρουσία του καολίνης. Συνοπτικά φαίνεται ότι ο καολίνης μείωσε τη λειτουργία των φύλλων, την αποτελεσματικότητα χρήσης του διαπνεόμενου νερού και την παραγωγικότητα υδατανθράκων ιδιαίτερα παρουσία καρπών. Αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ο καολίνης προκαλεί αρκετή σκίαση ή παρεμπόδιση της λειτουργίας των στοματίων που είχαν αυτές τις αρνητικές συνέπειες. Παρόμοια αποτελέσματα έχουν βρεθεί στη φυσιολογία φύλλου καλλιέργειας τομάτας (Cantore et al., 2009). Η ελιά γνωρίζουμε ότι είναι φωτόφιλο είδος και, από στοιχεία μας (που δεν παρουσιάζονται εδώ), η ανακλώμενη φωτοσυνθετικά ενεργός ακτινοβολία από τα ψεκασμένα με καολίνη δέντρα ήταν διπλάσια από την ανακλώμενη από τα δέντρα του μάρτυρα. Ίσως αυτό να προκάλεσε μέρος των απωλειών λειτουργίας των φύλλων στην ελιά. Ακόμη, η κόνις καολίνη μπορεί να παρεμβλήθηκε μεταξύ των τριχών επάνω από τα στομάτια κάνοντας πιο δαιδαλώδη την κίνηση του CO₂ και των υδρατμών και αναποτελεσματική τη λειτουργία των στοματίων. Η σκίαση είναι επίσης πιθανή καθώς σε αντίστοιχη εργασία με σκίαση νεαρών ελαιόδεντρων παρατηρήθηκαν παρόμοιες αλλαγές στη φυσιολογία φύλλου (Gregoriou et al., 2007). Σε έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί με κάποιες δενδρώδεις καλλιέργειες η εφαρμογή του καολίνης είχε θετικές συνέπειες στη φυσιολογία των φύλλων τους, και σε άλλες περιπτώσεις είχε αρνητικές συνέπειες. Συγκεκριμένα ο καολίνης μείωσε τη θερμοκρασία φύλλου, βελτίωσε το οσμωτικό δυναμικό στα φύλλα, αύξησε τη αγωγιμότητα

στοματίων και τη φωτοσύνθεση σε μηλιές (Glenn et al., 2001). Στα εσπεριδοειδή αύξησε την ανακλαστικότητα των φύλλων, μείωσε τη θερμοκρασία, αύξησε τη αγωγιμότητα στοματίων και τη φωτοσύνθεση των φύλλων. Με την αύξηση της φωτοσύνθεσης αυξήθηκε και η αποτελεσματικότητα χρήσης νερού των φύλλων χωρίς αύξηση του ρυθμού διαπνοής (Jifon and Syvertsen, 2003). Αντίθετα, σε καλλιέργειες καρυδιάς (*Juglans regia*) και αμυγδαλιάς (*Prunus dulcis*), ο καολίνης μείωσε τη θερμοκρασία των φύλλων και τη θερμική καταπόνηση, αλλά παρατηρήθηκε και ελάχιστη μείωση της φωτοσύνθεσης εξαιτίας πιθανότατα της σκίασης των φύλλων (Rosati et al., 2006).

Η ύπαρξη κόνεως εδάφους επί των φύλλων της ελιάς αύξησε το ειδικό βάρος των φύλλων (κατά 8-9%) και μείωσε (κατά 5%) ή δεν τροποποίησε τη συγκέντρωση χλωροφύλλης στα μη καρποφορούντα και στα καρποφορούντα ελαιόδεντρα, αντίστοιχα. Τα ανωτέρω σημαίνουν ότι η κόνις εδάφους δεν τροποποίησε τα χαρακτηριστικά των φύλλων ώστε να συμπεριφέρονται ως σκιαζόμενα φύλλα. Επίσης μείωσε τη αγωγιμότητα στοματίων και το ρυθμό φωτοσύνθεσης των φύλλων κατά 16 έως 20% στα καρποφορούντα και μη δέντρα και το ρυθμό διαπνοής μόνο στα καρποφορούντα δέντρα κατά 11%. Αυτές οι αλλαγές είχαν σαν αποτέλεσμα τη μείωση της αποδοτικότητας χρήσης νερού και της απόδοσης φωτός σε σημαντικό ποσοστό. Επίσης, το υδατικό δυναμικό βλαστού παρουσία κόνεως εδάφους έγινε λιγότερο αρνητικό σε μη καρποφορούντα και περισσότερο αρνητικό σε καρποφορούντα δέντρα ελιάς σε σχέση με το μάρτυρα. Με άλλα λόγια, τα καρποφορούντα δέντρα καταπονήθηκαν περισσότερο από την ύπαρξη κόνεως εδάφους σε σχέση με τα μη καρποφορούντα δέντρα. Σε όλες τις περιπτώσεις όμως η ύπαρξη κόνεως εδάφους επί του φύλλου μείωσε τη λειτουργία και παραγωγικότητα των φύλλων. Στο άρθρο ανασκόπησης του Farmer (1993) παρουσιάζονται και προηγούμενες εργασίες όπου παρόμοιες αδρανείς κόνεις μείωσαν το ρυθμό φωτοσύνθεσης και αγωγιμότητας στοματίων σε δέντρα και ποώδη φυτά.

Παρόμοια αποτελέσματα με αυτά της κόνεως εδάφους βρέθηκαν και στη μεταχείριση με κόνιν τσιμέντου και συχνά σε πιο έντονο βαθμό κυρίως γιατί η κόνις τσιμέντου παρέμεινε και μετά τις βροχοπτώσεις του Σεπτεμβρίου σε σημαντικό βαθμό επί των φύλλων ώστε μείωσε τη λειτουργία των φύλλων και

το Φθινόπωρο. Η κόνις τσιμέντου παρουσία υγρασίας δημιουργεί μια κρούστα στην επιφάνεια του φύλλου η οποία δεν απομακρύνεται εύκολα με τις βροχές (Farmer, 1993). Σε πλήθος ερευνών σε διάφορα φυτά καταγράφεται ότι η κόνις τσιμέντου μειώνει τη λειτουργία των φύλλων με μείωση της διαπνοής (Singh and Rao, 1981, Nanos and Ilias, 2007), της φωτοσύνθεσης (Nanos and Ilias, 2007), της συγκέντρωσης χλωροφύλλης (Pandey and Kumar, 1996, Mandre and Tuulmets, 1997, Nanos and Ilias, 2007), της ανάπτυξης (Singh & Rao, 1968, 1981, Shukla et al., 1990, Farmer, 1993, Iqbal and Shafiq, 1995) και της παραγωγής καρπών (Singh and Rao, 1968, 1981, Anderson, 1914, Farmer, 1993). Οι κόνεις μπορεί να δρουν με τρεις τρόπους όπως περιγράφηκε ανωτέρω για τον καολίνη. Συγκεκριμένα, μπορεί να προκαλούν δυσλειτουργία των στοματίων καθώς μπλοκάρουν τις κινήσεις των καταφρακτικών κυττάρων (guard cells) φράζοντας το άνοιγμα, να προκαλούν σκίαση ή και να προκαλούν τοξικότητα ή ανισορροπία της ανόργανης θρέψης και μέσω της αλλαγής του pH της επιφάνειας του φύλλου, του μεσοκυττάριου χώρου αυτών αλλά και του εδάφους που βρίσκονται οι ρίζες των φυτών (Farmer, 1993). Η περίπτωση της σκίασης είναι λιγότερη πιθανή καθώς, ενώ μετρήσαμε μια μείωση στην προσπίπτουσα ακτινοβολία λόγω της ύπαρξης των κόνεων (τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία), δεν βρήκαμε ουσιαστικές αλλαγές στη συγκέντρωση χλωροφύλλης και ειδικού βάρους που να μας επιτρέπουν να υποθέσουμε ότι η σκίαση προκάλεσε τη μείωση των φυσιολογικών λειτουργιών των φύλλων παρουσία κόνεων. Αυτό ισχύει για όλες τις περιπτώσεις παρουσίας κόνεων πλην των μη καρποφορούντων φύλλων ελιάς με καολίνη, όπου το ειδικό βάρος φύλλου μειώθηκε και η συγκέντρωση χλωροφύλλης αυξήθηκε. Και οι δύο αυτές αλλαγές σχετίζονται με τη σκίαση των φύλλων των οπωροφόρων.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τον Αύγουστο κατά τη θερμότερη και ξηρότερη περίοδο του έτους η παραγωγικότητα των φύλλων της ελιάς παρουσία ή μη καρπών μειώθηκε. Πιο συγκεκριμένα βρέθηκε μια αύξηση του % ξηράς ουσίας (λόγω της μερικής απώλειας εξωκυττάριου και ενδοκυττάριου νερού), μια μείωση της συγκέντρωσης χλωροφυλλών, μείωση της αγωγιμότητας στοματίων, του ρυθμού διαπνοής και του ρυθμού φωτοσύνθεσης. Αντίθετα, οι φθινοπωρινές βροχοπτώσεις και η μείωση της θερμοκρασίας του αέρα προκάλεσαν σημαντικές αλλαγές με θετικά αποτελέσματα στη λειτουργία των φύλλων της ελιάς παρουσία ή όχι καρπών, αυξάνοντας τη συγκέντρωση χλωροφύλλης, την αγωγιμότητα στοματίων και τους ρυθμούς διαπνοής και φωτοσύνθεσης.

Η ύπαρξη καρπών βελτίωσε τη λειτουργία των φύλλων και αύξησε την παραγωγικότητά τους, αλλά και τη χρήση νερού, καθώς οι καρποί ήταν ισχυροί 'καταναλωτές' καθ' όλη την περίοδο των μετρήσεων. Όταν όμως τα φύλλα βρίσκονταν κάτω από καταπόνηση λόγω των κόνεων, οι καρποί επιδείνωσαν τη λειτουργία των φύλλων.

Η εφαρμογή καολίνη μείωσε ελαφρά το ειδικό βάρος φύλλου αλλά αύξησε σημαντικά τη συγκέντρωση χλωροφύλλης στα ελαιόδεντρα χωρίς καρπούς, ενώ στα ελαιόδεντρα με καρπούς αύξησε το ειδικό βάρος φύλλου και μείωσε τη συγκέντρωση χλωροφύλλης. Επιπλέον, μείωσε τη λειτουργία των φύλλων, την αποτελεσματικότητα χρήσης νερού του φύλλου παρουσία ή όχι καρπών και την παραγωγικότητα υδατανθράκων ιδιαίτερα παρουσία καρπών. Η εφαρμογή κόνεως εδάφους αύξησε το ειδικό βάρος των φύλλων, μείωσε τη συγκέντρωση χλωροφύλλης, μείωσε τη λειτουργία και την παραγωγικότητα των φύλλων παρουσία ή μη καρπών. Παρόμοια αποτελέσματα με αυτά της κόνεως εδάφους βρέθηκαν και στη εφαρμογή με κόνιν τσιμέντου και συχνά σε πιο έντονο βαθμό, γιατί η κόνιν τσιμέντου παρέμεινε και μετά τις βροχοπτώσεις του Σεπτεμβρίου σε ένα μεγάλο βαθμό και μείωσε τη λειτουργία των φύλλων και το Φθινόπωρο.

Συνοπτικά λοιπόν, και οι τρεις κόνεις που μελετήθηκαν προκάλεσαν μείωση των φυσιολογικών λειτουργιών στα φύλλα της ελιάς με μεγαλύτερες μειώσεις στα καρποφορούντα δέντρα σε σχέση με τα μη καρποφορούντα και σε αύξουσα σειρά τον καολίνη, το έδαφος και το τσιμέντο. Οι λόγοι αυτής της

μείωσης παραμένουν να εξιχνιαστούν καθώς το αντικείμενο δεν έχει μελετηθεί στην ελιά αλλά και ούτε στα οπωροφόρα γενικότερα. Τα τελευταία και η αντίδραση τους στη ρύπανση με μικροσωματίδια της ατμόσφαιρας έχουν μεγάλη σημασία πρώτον λόγω της επέκτασης τους σε ξηροθερμικά περιβάλλοντα όπου η έλλειψη βροχοπτώσεων βοηθά στη συσσώρευση μικροσωματιδίων πάνω στα φυτά και δεύτερον λόγω της κατανάλωσης των καρπών τους που αναπτύσσονται καθ' όλη την περίοδο που τα φυτά ρυπαίνονται με τις συγκεκριμένες κόνεις.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

6.1 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

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

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

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

Ποντίκης Κ. Α. (2000): Ειδική Δενδροκομία - Ελαιοκομία. Τόμος Γ'. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλη, Αθήνα

Τζανακάκης Μ. και Κατσόγιαννος Β. (2003): Έντομα Καρποφόρων Δένδρων και Αμπέλου. Εκδόσεις ΑγροΤύπος, Αθήνα

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

6.2 ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Anderson P.J.** (1914): The effect of dust from cement mills on the setting of fruit. *Plant World*, 17: 57-68
- Angelopoulos K., Dichio B. and Xiloyannis C.** (1996): Inhibition of photosynthesis in olive trees (*Olea europaea* L.) during water stress and rewatering. *J. Exper. Bot.* 47: 1093-1100
- Armbrust D.V.** (1986): Effect of particulates (dust) on cotton growth, photosynthesis and respiration. *Agronomy J.* 78: 1078-1081
- Avidan B., Ogrodovitch A. and Lavee S.** (1999): A reliable and rapid shaking extraction system for determination of the oil content in olive fruit. *Acta Hortic.* 474: 653-658
- Bostanian N.J. and Racette G.** (2008): Particle films for managing arthropod pests of apple. *J. Econ. Entomol.* 101: 145-150
- Braham M., Pasqualini E. and Ncira N.** (2007): Efficacy of kaolin, spinosad and malathion against *Ceratitis capitata* in citrus orchards. *Bull. Insectology* 60: 39-47
- Brandt C.J. and Rhoades R.W.** (1972): Effect of limestone dust accumulation on composition of a forest trees. *Environ. Pollut.* 3: 217-225
- Brandt C.J. and Rhoades R.W.** (1973): Effect of limestone dust accumulation on lateral growth of forest trees. *Environ. Pollut.* 4: 207-213
- Cantore V., Pace B. and Albrizio R.** (2009): Kaolin-based particle film technology affects tomato physiology, yield and quality. *Environ. Experim. Bot.* 66: 279–288
- Czaja A.T.** (1961): Die Wirkung von verstaubtem Kalt and Zement auf Pflanzen. *Qual. Plant et Mat. Veg.* 8: 184-212
- Czaja A.T.** (1962): Uber die Einwirkung von Stauben, speziell von Zementofenstaub auf Pflanzen. *Angew. Bot.* 40: 106-120

- 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: 498
- Farmer A.M.** (1993): The effects of dust on vegetation -A review. Environ. Pollut. 79: 63-75
- Fluckiger W., Fluckiger-Keller H., Oertli J.J. and Guggenheim R.** (1977): Verschmutzung von Blatt- und Nadeloberflächen im Nahbereich einer Autobahn und deren einfluss auf den stomataren diffusionswiderstand. Eur. J. For. Pathol. 7: 358-64.
- 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, eds. R. Bornkamm, J.A. Lee & M.R.D. Seaward, Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 331-332
- Gary A.R.** (2006): Chlorophyll Fluorescence: What is it and what do the numbers mean? USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-43, pp. 34-42
- Genty B., Briantais J.M and Baker N.R.** (1989): The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. Biochimica et Biophysica Acta 990: 87–92.
- Giorgelli F., Minnocci A., Panicucci A., Vitagliano C. and Lorenzini G.** (1994): Effects of long-term SO₂ pollution on olive tree gas exchange and leaf morphology. Acta Hort. 356: 185-188.
- 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
- Glenn D.M. and Puterka G.J.** (2005): Particle films: a new technology for agriculture. Hortic. Rev. 31: 1-44
- 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: 175-181

- 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: 188-193
- Gregoriou K., Pontikis K. and Vemmos S.** (2007). Effects of reduced irradiance on leaf morphology, photosynthetic capacity, and fruit yield in olive (*Olea europaea* L.). *Photosynthetica* 45: 172-181
- 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
- Jifon J.L. and Syvertsen J.P.** (2003): Kaolin particle film applications can increase photosynthesis and water use efficiency of 'Ruby Red' grapefruit leaves. *J. Amer. Soc. Hortic. Sci.* 128: 107–112.
- Iqbal M.Z. and Iqbal H.** (1995): Impact of dust from the factory at Karachi on the vegetation and soil characteristics. *Res. Bull. Punjab Univ. Sci.* 45: 1-4 & 73-78
- Krause G.H. and Weis E.** (1991): Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: The Basics. *Annu. Rev. Plant. Physiol. Plant Mol. Biol.* 42: 313-349
- Larcher W.** (1995): *Physiological Plant Ecology.* Springer-Verlag, Berlin
- Lavee S.** (2007): Biennial bearing in olive (*Olea europaea*). *Annales Ser. Hist. Nat* 101-112
- Mandre M. and Tuulments L.** (1997): Pigment changes in Norway spruce induced by dust pollution. *Water Air Soil Pollut.* 94: 247-258
- Manning W.J.** (1971): Effects of limestone dust on leaf condition, foliar disease incidence, and leaf surface microflora of native plants. *Environ. Pollut.* 2: 69-79
- Maxwell K. and Johnson G.N.** (2000): Chlorophyll fluorescence—a practical guide. *J. Exper. Bot.* 51: 659-668
- Mazor M. and Erez A.** (2004): Processed kaolin protects fruits from Mediterranean fruit fly infestations. *Crop Protection* 23: 47–51

- Mili E., Vemmos S.N. and Pisimisi E.**, 2011. The effect of water stress on CO₂ assimilation rate of 10 olive cultivars. *Acta Hortic.* 888: 169-175
- Moriana A., Villalobos F.J. and Fereres E.** (2002): Stomatal and photosynthetic responses of olive (*Olea europaea* L.) leaves to water deficits. *Plant Cell Environ.* 25: 395-405
- 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: 212–214
- 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
- Pierce G.J.** (1909): The possible effects of cement dust on plants. *Science* 30: 652-654
- Proietti P.**, (2000): Effect of fruiting on leaf gas exchange in olive (*Olea europaea* L.). *Photosynthetica* 38: 397-402
- Proietti P. and Famiani F.**, (2002): Diurnal and seasonal changes in photosynthetic characteristics in different olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Photosynthetica* 40: 171-176
- Rosati A., Metcalf S.G., Buchner R.P., Fulton A.E. and Lampinen B.D.** (2006): Physiological effects of kaolin applications in well-irrigated and water-stressed walnut and almond trees. *Ann. Bot.* 98: 267–275.
- 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
- Saour G. and Makee H.** (2004): A kaolin-based particle film for suppression of the olive fruit fly *Bactrocera oleae* Gmelin (Diptera, Tephritidae) in olive groves. *J. Appl. Entom.* 128: 28–31
- 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

- 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
- Singh S.N. and Rao D.N.** (1981): Certain responses of wheat plants to cement dust pollution. *Environ. Pollut.* 24: 75-81
- Troncoso A., Garcia J.L. and Lavee S.** (2010): Evaluation of the present information on the mechanisms leading to flower bud induction, evocation and differentiation. *Acta Hortic.* (In Press)
- Vardaka E., Cook C.M., Lanaras T., Sgardelis S.P. and Pantis J.D.** (1995): Effect of dust from a limestone quarry on the photosynthesis of *Quercus coccifera*, an evergreen sclerophyllous shrub. *Environ. Contam. Toxicol.* 54: 414-419
- Wintermans J.F. and Mots A.** (1965). Spectrophotometric characteristics of chlorophyll and their pheophytins in ethanol. *Biochim. Biophys. Acta* 109: 448-453.