

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΑΣ**

Μεταπτυχιακή διατριβή

**Επίδραση “ανακουφιστικών” παραγόντων στην ανάπτυξη
και φωτοσυνθετική δραστηριότητα ποικιλιών ελιάς υπό
υδατική καταπόνηση.**

ΔΕΝΑΞΑ ΝΙΚΟΛΕΤΑ-ΚΛΕΙΩ

Επιβλέπων: Ρούσσος Πέτρος, Λέκτορας

Εξεταστική Επιτροπή:

**Ρούσσος Πέτρος, Λέκτορας
Βέμμος Σταύρος, Αναπληρωτής Καθηγητής
Αργυροκαστρίτης Ιωάννης, Επίκουρος Καθηγητής
Σταυρακάκης Μανόλης, Καθηγητής
Ευθυμιάδης Παναγιώτης, Καθηγητής**

ΑΘΗΝΑ 2008

Ευχαριστίες

Στην προσπάθειά μου για τη συγγραφή της παρούσας μελέτης, θα ήθελα πρωτίστως να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα Καθηγητή μου κ. Ρούσσο Πέτρο, Λέκτορα του εργαστηρίου Δενδροκομίας, για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε κατά τη διεξαγωγή της παρούσας πειραματικής μελέτης. Επίσης, τον ευχαριστώ για τις υποδείξεις του, τη διόρθωση του κειμένου και για όλες εκείνες τις χρήσιμες συμβουλές του για τη μετέπειτα πορεία μου.

Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω την εταιρεία Χελλαφάρμ Α.Ε. για τη δωρεάν παροχή ορισμένων εκ των σκευασμάτων καθώς και μέρους των χρησιμοποιούμενων αναλώσιμων υλικών. Επιπλέον, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου προς το συνάδελφο Γεωπόνο κ. Κωστελένο Γεώργιο για τη δωρεά των χρησιμοποιούμενων δενδρυλλίων ελιάς (Φυτώρια Κωστελένου, Πόρος, Τροιζηνία).

Θα ήθελα επίσης να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς την τριμελή και πενταμελή επιτροπή για τη διόρθωση και καλόβουλη κριτική της παρούσας μελέτης, που σκοπό έχει τη περαιτέρω βελτίωση αυτής. Τέλος, να ευχαριστήσω θερμά τον υποψήφιο Διδάκτορα Στουρνάρα Βασίλειο, το συνάδελφο και φίλο Δαμβακάρη Θεόδωρο, καθώς και όλα τα μέλη του Εργαστηρίου Δενδροκομίας και των οικείων Εργαστηρίων για τη βοήθεια που μου προσέφεραν όπου και όποτε τη χρειάστηκα.

Περίληψη

Η ελιά αποτελεί μια από τις βασικότερες δενδρώδεις καλλιέργειες και έχει μεγάλη κοινωνικο-οικονομική σημασία για τη χώρα μας. Πρόκειται για ένα φυτό που θεωρείται σχετικά ανθεκτικό στη ξηρασία, αν και υπό αρδευόμενες συνθήκες δίνει καλύτερης ποιότητας προϊόντα και υψηλότερη παραγωγή. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια τα μεσογειακά οικοσυστήματα, στα οποία καλλιεργείται κατά κόρον η ελιά, χαρακτηρίζονται από περιορισμένα υδατικά κατακρημνίσματα. Το γεγονός της μείωσης των αποθεμάτων του νερού καθιστά απαραίτητη την ανάπτυξη νέων ανθεκτικών στη ξηρασία ποικιλιών ή την εφαρμογή εναλλακτικών μεθόδων καλλιεργητικών τεχνικών.

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη της επίδρασης διαφόρων “ανακουφιστικών” παραγόντων σε φυτά ελιάς που υπόκεινται σε υδατική καταπόνηση. Χρησιμοποιήθηκαν δύο ποικιλίες ελιάς η ελαιοποιήσιμη ποικιλία “Κορωνέικη” και η επιτραπέζιας χρήσης ποικιλία “Χονδρολιά Χαλκιδικής”. Στα φυτά αυτά, εκ των οποίων τα μισά καταπονήθηκαν υδατικά, έγινε εξωγενής εφαρμογή με ψεκασμό τριών σκευασμάτων, ως «παράγοντες ανακούφισης», με διαφορετικό τρόπο δράσης το καθένα. Τα σκευάσματα αυτά είναι το Surround (kaolin 95% w/w) WP που προκαλεί κυρίως μείωση του εγκαύματος από υψηλής ενέργειας προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία (ηλιοέγκαυμα) και της θερμοκρασίας του ψεκαζομένου φυτικού οργάνου, το σκεύασμα Ambiol (1-methyl-4-dimethylaminomethyl-5-hydroxybenzimidazole) που δρα κυρίως ως αντιοξειδωτικός παράγοντας και τέλος το σκεύασμα BlueStim (glycine betaine 95% w/w) WP που δρα ως οσμωρυθμιστής.

Από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης φαίνεται ότι η υδατική καταπόνηση μειώνει το φωτοσυνθετικό ρυθμό των δένδρων, επομένως και το ρυθμό ανάπτυξης τους, καθώς επίσης προκαλεί και μείωση της παραγωγής, κυρίως του μάρτυρα. Τα φυτά “αντέδρασαν” στην έλλειψη νερού, βιοσυνθέτοντας ή συσσωρεύοντας μεταβολίτες όπως σάκχαρα, άμυλο και προλίνη με στόχο να διατηρήσουν το υδατικό δυναμικό τους χαμηλό. Επιπλέον, βρέθηκε ότι υπάρχει θετική επίδραση των

χρησιμοποιούμενων σκευασμάτων τόσο κατά τη φάση της υδατικής καταπόνησης, όσο και κατά την περίοδο της ανακούφισης.

Για την ποικιλία “Κορωνέϊκη” βρέθηκε ότι κατά την περίοδο της υδατικής καταπόνησης η εφαρμογή του σκευάσματος BlueStim WP φαίνεται να βοήθησε τα δένδρα να διατηρήσουν το φωτοσυνθετικό τους ρυθμό, προστάτευσε τις χλωροφύλλες από πιθανή οξείδωση και βελτίωσε την ικανότητα οσμωρύθμισης των φυτών. Τέλος, προώμισε την ανθοφορία και την έκπτυξη των ξυλοφόρων οφθαλμών. Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι η εφαρμογή του σκευάσματος Surround WP βοήθησε στη διατήρηση της περιεκτικότητας των φύλλων σε νερό υπό συνθήκες καταπόνησης, ενώ το σκεύασμα Ambiol αύξησε σημαντικά την παραγωγή και προστάτευσε κι αυτό τις χλωροφύλλες από την οξείδωση. Όσον αφορά την ποικιλία “Χονδρολιά Χαλκιδικής” βλέπουμε ότι κατά την περίοδο της υδατικής καταπόνησης η εφαρμογή του σκευάσματος Surround WP βοήθησε τα δένδρα να διατηρήσουν το φωτοσυνθετικό τους ρυθμό, προστάτευσε τις χλωροφύλλες και βοήθησε στη διατήρηση της περιεκτικότητας των φύλλων σε νερό. Επιπλέον, η εφαρμογή του σκευάσματος BlueStim WP προώμισε την ανθοφορία και την έκπτυξη των ξυλοφόρων οφθαλμών, καθώς επίσης αύξησε και την παραγωγή.

Κατά την περίοδο της ανακούφισης, βρέθηκε ότι η εφαρμογή του σκευάσματος BlueStim WP επιτάχυνε την επαναφορά του φωτοσυνθετικού μηχανισμού και στις δύο ποικιλίες. Επιπλέον, τα ψεκάσματα με το σκεύασμα Ambiol φυτά εξακολουθούν να παρουσιάζουν τις υψηλότερες τιμές χλωροφυλλών. Τέλος, για την ποικιλία “Κορωνέϊκη” η εφαρμογή του σκευάσματος BlueStim WP επιτάχυνε την επαναφορά της σπαργής των φύλλων, ενώ για την ποικιλία “Χονδρολιά Χαλκιδικής” η σπαργή των φύλλων επανήλθε γρηγορότερα για τα φυτά που ψεκάστηκαν με το σκεύασμα Surround WP.

Επομένως, με βάση όλα τα παραπάνω κατανοούμε ότι το κάθε σκεύασμα προστατεύει καλύτερα κάποιους συγκεκριμένους μηχανισμούς του φυτού, ανάλογα και με την ποικιλία. Βέβαια χρειάζεται περαιτέρω και πιο εκτεταμένη μελέτη των ιδιοτήτων και των μηχανισμών δράσης των παραπάνω σκευασμάτων. Ίσως η συνδυασμένη ή η διαδοχική εφαρμογή κάποιων εκ των σκευασμάτων να έχει ως αποτέλεσμα την πληρέστερη προστασία των φυτών από την υδατική καταπόνηση, λόγω πιθανής συνεργιστικής ή συμπληρωματικής δράσης αυτών

Abstract

The olive tree constitutes one of the most important fruit tree cultivations with a great social-economic importance for our country. It is considered to be relatively tolerant to drought, although studies have shown that irrigation can increase olive yields and improve product quality. Nevertheless during the last few years the Mediterranean ecosystems, where olive trees are mostly cultivated, suffer from water shortage. Therefore, the need for alternative cultivation techniques and new drought resistant varieties is considered to be essential.

In this sense, the aim of the present study was to investigate the possible effects of certain “relieving” agents in olive plants that are subjected to water deficit conditions. For this purpose, two olive cultivars the olive oil variety “Koroneiki” and table-olive variety “Chondrolia Chalkidikis” were used. All the “relieving” products were applied as foliar spray till run-off. Half of the plants used in the present experiment were subjected to water stress, while the others were frequently irrigated, based on soil water potential measurements. These products are Surround (kaolin 95% w/w) WP, which decreases leaf temperature and solar burn by increasing irradiation reflectance, BlueStim (glycine betaine 95% w/w) WP, which is an osmolyte counteracting the effects of osmotic stress and the synthetic antioxidant Ambiol (1methyl-4-dimethylaminomethyl-5-hydroxybenzimidazole).

Based on the results of the present study yield (especially in control), net CO₂ assimilation rate and therefore growth rate were decreased by water stress. Plants responded to water-supply reduction by accumulating compatible osmolytes, such as sugar alcohols, starch and proline, in order to sustain an appropriate low water potential during water deficit. Furthermore, our results showed that the applied compounds ameliorate negative stress impact, not only during the water stress phase, but also during the relieving-alleviation phase.

Under water stress conditions, foliar application of BlueStim WP on “Koroneiki” plants, resulted in the maintenance of higher photosynthetic rates than control plants, protected the chlorophyll content from possible oxidative stress and also improved plant osmoregulation. Additionally, BlueStim WP caused early blossom and shoot bud sprouting. The treatment with Ambiol, preserved the chlorophyll content and also resulted in significant yield increase. Finally, Surround

WP application had as a consequence a considerably high leaf water content. Regarding “Chondrolia Chalkidikis”, plants which were sprayed with Surround WP, during the water stress period, exhibited an increased photosynthetic rate, a high chlorophyll and leaf water content. On the other hand, BlueStim WP caused an early blossom and led in better yields.

The application of BlueStim WP accelerated photosynthetic rate recovery during the water stress relief period, in both cultivars. Furthermore, during the recovery phase, Ambiol kept on protecting the chlorophyll content of leaves from possible oxidative stress. Last but not least, the foliar application of BlueStim WP on “Koroneiki” plants and Surround WP on “Chondrolia Chalkidikis” plants enabled trees, after re-watering, to quickly restore full turgor.

Based on all the above, we can conclude that each compound protects one or more specific plant functions, which seems to be cultivar dependent. Therefore, it is necessary to conduct further studies in order to investigate the properties and the exact function of each applied compound per cultivar. The combination or the successive application of the applied compounds, due to either synergism or supplementary actions, could result in ameliorating or hopefully in fully protecting the olive plants against water deficit.

NIKOΛΕΤΑ-ΚΑΙΡΟΠΟΥΛΟΥ

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	i
Περίληψη.....	ii
Abstract.....	iv
Περιεχόμενα.....	vi
1. Εισαγωγή.....	9
Καταγωγή και εξάπλωση της ελιάς.....	9
Σημασία της ελιάς για την Ελλάδα.....	10
Βασικά χαρακτηριστικά του φυτού.....	10
Ποικιλίες ελιάς.....	14
Κορωνέϊκη.....	14
Χονδρολιά Χαλκιδικής (Χονδρολιά ή Χαλκιδικής).....	16
Οικολογικές απαιτήσεις της ελιάς.....	18
Κλίμα.....	18
Έδαφος.....	19
Νερό.....	19
Καταπονήσεις φυτών.....	20
Το νερό και η χρήση του.....	20
Ανασκόπηση βιβλιογραφίας.....	21
Αναπόκριση της ελιάς στην υδατική καταπόνηση.....	25
Φύλλα.....	25
Ριζικό σύστημα.....	27
Στομάτια και Φωτοσύνθεση.....	27
Φωτοσύνθεση και Υδατόγθρακες.....	29
Άλλοι τρόποι ανταπόκρισης των φυτών στην υδατική καταπόνηση.....	31
Σάκχαρα.....	32
Προλίνη.....	32
Glycine Betaine (GB).....	33
Περιγραφή σκευασμάτων.....	34
Surround WP.....	35
Ambio.....	37
BlueStim WP.....	37
Σκοπός του πειράματος.....	38
2. Υλικά και Μέθοδοι.....	39
Γενικά.....	39
Φυτικό Υλικό.....	40
Φύτευση και Εγκατάσταση.....	40
Υπόστρωμα.....	42
Επεμβάσεις (Εφαρμογή σκευασμάτων).....	43
Πειραματικό σχέδιο.....	45
Αρδευτικό σύστημα.....	45
Εφαρμογή Υδατικής Καταπόνησης.....	46
Δειγματοληψία.....	47
Πειραματικές μέθοδοι.....	50
Γενικά.....	50
Μέτρηση βιομετρικών στοιχείων.....	52
Μέτρηση ρυθμού αφομοίωσης διοξειδίου του άνθρακα.....	55
Εκχύλιση και Μέτρηση χλωροφυλλών.....	56
Μέθοδος προσδιορισμού προλίνης.....	57
Μέθοδος εκχύλισης και ανάλυσης Διαλυτών Σακχάρων.....	57

Μέθοδος εκχύλισης και μέτρησης Αμύλου.....	59
Μέθοδος προσδιορισμού της περιεκτικότητας των καρπών σε λάδι.....	59
Στατιστική Ανάλυση.....	60
3. Αποτελέσματα.....	61
Γενικά.....	61
Στομάτια και Τρίχες.....	61
Βιομετρικά Χαρακτηριστικά.....	62
Χαρακτηριστικά φύλλων.....	64
Φωτοσύνθεση.....	70
Χλωροφύλλες.....	75
Σάκχαρα.....	82
Άμυλο.....	87
Προλίνη.....	89
Έκπτυξη οφθαλμών.....	91
Καρπόδεση – Παραγωγή.....	96
Βιομετρικά Χαρακτηριστικά.....	100
Χαρακτηριστικά φύλλων.....	102
Φωτοσύνθεση.....	108
Χλωροφύλλες.....	113
Σάκχαρα.....	121
Άμυλο.....	126
Προλίνη.....	128
Έκπτυξη οφθαλμών.....	130
Καρπόδεση – Παραγωγή.....	135
Θερμοκρασία φύλλων.....	139
4. Συζήτηση.....	141
Βιομετρικά χαρακτηριστικά – Παραγωγή – Έκπτυξη οφθαλμών.....	141
Φωτοσύνθεση.....	144
Χαρακτηριστικά φύλλων.....	148
Χλωροφύλλες.....	150
Οσμωρυθμιστές - Σάκχαρα.....	152
5. Συμπεράσματα.....	157
Βιβλιογραφία.....	159
Παράρτημα.....	171



Olea europaea L.

ΝΙΚΟΛΕΤΑ-ΚΑΒΕΣ

1

Εισαγωγή

1.1 Καταγωγή και Εξάπλωση της ελιάς

Η ελιά (*Olea europaea* L.) ανήκει στην οικογένεια Oleaceae και θεωρείται ένα από τα αρχαιότερα καλλιεργούμενα καρποφόρα δένδρα (περίπου από το 3000 πΧ) (Connor, 2005). Σχετικά με την καταγωγή και την προέλευση της έχουν διατυπωθεί διάφορες απόψεις. Πολλοί ιστορικοί συγγραφείς θεωρούν σαν πιο πιθανό τόπο προέλευσης της ελιάς, τις περιοχές της Συρίας και της Μικράς Ασίας. Άλλοι πιστεύουν ότι η ελιά προέρχεται από την Αφρική (Αβησσυνία, Αίγυπτος). Από κει διαδόθηκε στην Κύπρο και στα βόρεια παράλια της Αφρικής (Μαρόκο, Αλγερία, Τυνησία και αλλού) και από τους Φοίνικες στην Καρχηδόνα. Αναφέρεται επίσης ότι η ελιά αναπτυσσόταν στη Νότια Ιταλία, στην Αραβία (προς τη μεριά της θάλασσας), στην Αίγυπτο και αλλού. Στις χώρες αυτές βρέθηκαν ευρήματα που μαρτυρούν την παρουσία του δένδρου εκεί (Μπαλατσούρας, 1986). Ανεξαρτήτως όμως από την προέλευση και τον τρόπο διάδοσής της, είναι γεγονός ότι η καλλιέργεια της ελιάς εξαπλώθηκε σε μεγάλη έκταση στην ευρωπαϊκή ήπειρο και αυτός ίσως είναι ο λόγος της γνωστής ονομασίας ελιά η ευρωπαϊκή (*Olea europaea* L.). Πρόσφατα άρχισε να καλλιεργείται στην Αμερική, Ασία, Ν. Αφρική και Αυστραλία (Connor, 2005).

Ειδικότερα για τη λεκάνη της Μεσογείου η ελιά αποτελεί τη βασικότερη δένδρωδη καλλιέργεια από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα και έχει μεγάλη κοινωνικο-οικονομική σημασία, που έγκειται κυρίως στην παραγωγή και χρήση του ελαιολάδου. Οι καλλιεργούμενες εκτάσεις με ελιά ανά τον κόσμο ανέρχονται σε 79 εκατομμύρια στρέμματα από τα οποία σχεδόν το 98% εδράζονται στη μεσογειακή λεκάνη (FAO, 2004). Η Ισπανία, η Ιταλία, η Ελλάδα, η Πορτογαλία, η Τυνησία και η Τουρκία είναι οι κύριες ελαιοπαραγωγικές χώρες και παράγουν σχεδόν το 90% της παγκόσμιας παραγωγής (FAO, 2004).

1.2 Σημασία της ελιάς για την Ελλάδα

Στην Ελλάδα, η ελιά έχει ξεχωριστή θέση και είναι η πρώτη σε σπουδαιότητα δενδρώδης καλλιέργεια (7.802.000 στρέμματα/780.200 ha). Καλλιεργείται στους περισσότερους νομούς της χώρας μας, καταλαμβάνοντας το 15% της καλλιεργούμενης γης και το 75% των εκτάσεων που είναι φυτεμένες με δένδρα (FAO, 2004). Με την καλλιέργεια της ελιάς απασχολείται περίπου το ένα τρίτο του αγροτικού πληθυσμού της χώρας (FAO, 2004).

Η Ελλάδα είναι η τρίτη χώρα μετά την Ισπανία και την Ιταλία στην παραγωγή ελαιολάδου. Υπολογίζεται ότι ετησίως παράγονται 2.130.000 τόνοι ελιές, από τους οποίους, οι 43.000 τόνοι εξάγονται ως ελαιόλαδο και οι 79.000 τόνοι ως επιτραπέζιες ελιές. Συνεπώς, με αυτά τα προϊόντα της η ελιά συμμετέχει κάθε χρόνο κατά 2% στα συνολικά εθνικά έσοδα και κατά 15% στο εθνικό αγροτικό εισόδημα (FAO, 2004).

1.3 Βασικά χαρακτηριστικά του φυτού

Πρόκειται για είδος υποτροπικό, αειθαλές που αναπτύσσεται σε θάμνο ή δένδρο. Χαρακτηρίζεται για τη μακροζωία του και αν για οποιοδήποτε λόγο καταστραφεί το υπέργειο τμήμα του, το φυτό αναγεννιάται εύκολα με νέα βλάστηση από το λαιμό ή και τις ρίζες του (Εικόνα 1 και Εικόνα 2).



Εικόνα 1. Αναγέννηση της ελιάς από τις ρίζες



Εικόνα 2. Αναγέννηση της ελιάς από το λαιμό

Ριζικό σύστημα: Έχει πλούσιο ριζικό σύστημα και χάρις σε αυτό μπορεί να αναπτύσσεται ακόμα και σε ξερά και άγονα εδάφη. Το μεγαλύτερο μέρος βρίσκεται επιφανειακά στα 15-20 εκατοστά ή το πολύ στα 50-60 εκατοστά και ένα μόνο πολύ μικρό μέρος φτάνει στα 100-120 εκατοστά. Μόνο στα αμμώδη και πετρώδη εδάφη οι ρίζες μπορεί να φτάσουν βαθύτερα σε βάθος μέχρι τα έξι μέτρα (Μπαλατσούρας, 1986; Ποντίκης, 2000).

Κορμός: Στα νεαρά δενδρύλλια ο κορμός είναι λείος με σταχτοπράσινο φλοιό. Στα μεγάλης ηλικίας δένδρα ο κορμός μπορεί να ξεπεράσει σε διάμετρο το ένα μέτρο, ενώ ο φλοιός αποκτά σκούρο χρώμα και σχίζεται, με συνέπεια η επιφάνεια του κορμού να γίνεται ανώμαλη και να αποκτά εξογκώματα (Μπαλατσούρας, 1986).

Φύλλα: Τα φύλλα της ελιάς είναι επιμήκη, λογχοειδή και βγαίνουν δύο σε κάθε κόμβο, αντίθετα το ένα από το άλλο. Έχουν βαθύ ή ανοιχτό πράσινο χρώμα στην άνω επιφάνεια και ασημί, λευκό στην κάτω επιφάνεια. Η άνω επιφάνεια είναι δερματώδης με παχιά εφυμενίδα. Στην κάτω επιφάνεια συναντάμε τα στομάτια, τα οποία είναι μικρά, βυθισμένα και καλύπτονται από στρώμα τριχών. Η κατασκευή αυτή των φύλλων μειώνει τις απώλειες νερού (Μπαλατσούρας, 1986; Ποντίκης, 2000).

Οφθαλμοί και βλαστοί: Η ελιά φέρει ξυλοφόρους και μικτούς ανθοφόρους οφθαλμούς, που θα δώσουν νέους βλαστούς και μικρή βλάστηση με ταξιανθίες αντίστοιχα. Οι ανθοφόροι οφθαλμοί είναι εξογκωμένοι και σφαιρικοί, ενώ οι ξυλοφόροι είναι μικρότεροι, στενότεροι και κωνικοί (Μπαλατσούρας, 1986; Ποντίκης, 2000).

Άνθη και ταξιανθίες: Τα άνθη είναι μικρά, κιτρινόλευκα, τα συναντάμε στις μασχάλες των φύλλων και σχηματίζονται σε ομάδες των 8-25. Η ταξιανθία είναι βότρυς (Εικόνα 3 και Εικόνα 4). Κάθε άνθος φέρεται σε μικρό ποδίσκο και αποτελείται από ένα μικρό κυπελλοειδή κάλυκα από τέσσερα κοντά οξύληκτα σέπαλα, τη στεφάνη από τέσσερα κιτρινόλευκα πέταλα, δύο αντίθετα τοποθετημένους στήμονες που καταλήγουν σε νεφροειδείς ανθήρες και τέλος τον ύπερο που στη βάση του έχει την ωοθήκη και στην κορυφή του το δίχωρο στίγμα.

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 (Εικόνα 5), ενώ τα ατελή έχουν ατροφικό ύπερο (Εικόνα 6). Το ποσοστό των τέλειων και ατελών ανθέων ποικίλει από χρονιά σε χρονιά και από ποικιλία σε ποικιλία. Η άνθηση αρχίζει τον Απρίλιο στις θερμότερες περιοχές και φτάνει μέχρι τις αρχές Ιουνίου στις περιοχές που επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες, αναλόγως βέβαια και της ποικιλίας (Μπαλατσούρας, 1986; Ποντίκης, 2000).



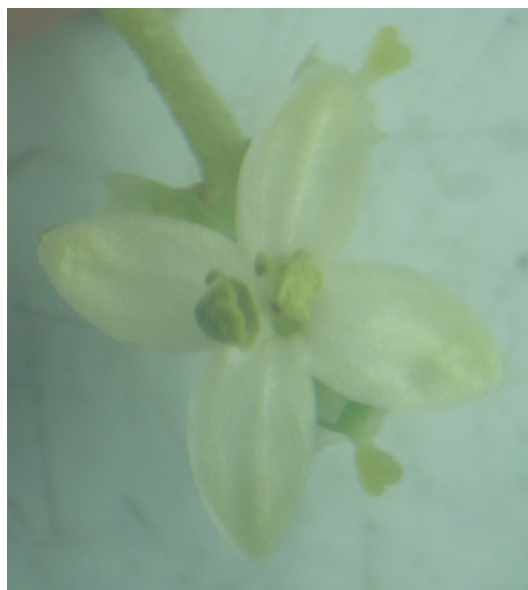
Εικόνα 3. Ταξιανθία με κλειστά άνθη



Εικόνα 4. Ανθισμένη ταξιανθία ελιάς



Εικόνα 5. Τέλειο άνθος ελιάς



Εικόνα 6. Ατελές άνθος ελιάς

: Ο καρπός της ελιάς είναι δρύπη (Εικόνα 7 και Εικόνα 8). Αποτελείται από έξω προς τα μέσα, από το φλοιό ή εξωκάρπιο (εφυμενίδα και επιδερμίδα), τη σάρκα ή μεσοκάρπιο όπου συντελείται η ελαιογένεση και τον πυρήνα ή ενδοκάρπιο μέσα στον οποίο περιέχεται το σπέρμα. Από την καρπόδεση μέχρι την ωρίμανση του καρπού μεσολαβούν περίπου 6-7 μήνες (Μπαλατσούρας, 1986; Ποντίκης, 2000).



Εικόνα 7. Καρπός ελιάς της ποικιλίας “Κορωνέϊκη”



Εικόνα 8. Καρπός ελιάς της ποικιλίας “Χονδρολιά Χαλκιδικής”

1.4 Ποικιλίες ελιάς

Σύμφωνα με τον Αναγνωστόπουλο (1939) (Ποντίκης, 2000), οι διάφορες ποικιλίες ελιάς που απαντώνται στη χώρα μας κατατάσσονται με κριτήριο το βάρος των καρπών τους σε τρεις κατηγορίες: μικρόκαρπες (1.2-2.6 γραμμάρια), μεσόκαρπες (2.7-4.2 γραμμάρια) και αδρόκαρπες (4.3-10.5 γραμμάρια, πολλές φορές και παραπάνω).

- **Μικρόκαρπες:** Αγριελιά, Κορωνέϊκη, Κουτσουρελιά, Λιανολιά Κερκύρας, Μαστοειδής, Θιακή, Μυρτολιά, Μαυρολιά, Τραγολιά, Ασπρολιά ή Λευκόκαρπος, Μελολιά και Χρυσολιά.
- **Μεσόκαρπες:** Αγουρομανακολιά, Αδραμυττινή, Βαλανολιά, Θρουμπολιά, Μεγαρείτικη, Καλοκαιρίδα, Πικρολιά και Δαφνελιά.
- **Αδρόκαρπες:** Αμυγδαλολιά, Βασιλικάδα, Καρολιά, Καρυδολιά, Καλαμών, Κοθρέϊκη, Κολυμπάδα, Κονσερβολιά και Στρογγυλολιά.

1.4.1 Κορωνέϊκη

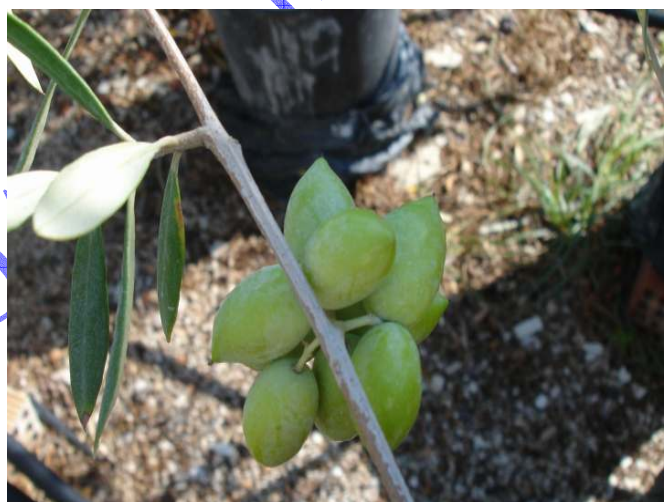
Η Κορωνέϊκη καλλιεργείται κυρίως στους νομούς Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αχαΐας, Αιτωλοκαρνανίας, Κεφαλληνίας, Ζακύνθου, Σάμου, Κυκλάδων, Χανίων, Ρεθύμνου, Ηρακλείου και Λασιθίου.

Αναπτύσσεται σε δένδρο ύψους 5-7 μέτρων. Τα φύλλα είναι βαθυπράσινα, ο καρπός έχει σχήμα κυλινδροκωνικό, φέρει θηλή και έχει μέσο βάρος 1.3 γραμμάρια. Ο πυρήνας έχει σχήμα κυλινδροκωνικό με μέσο βάρος 0.17 γραμμάρια, φέρει οξεία ακίδα στην άκρη και επτά αβαθείς γλυφές. Η σχέση σάρκας προς πυρήνα του καρπού είναι κατά μέσο όρο 6.6:1. Η περιεκτικότητα σε λάδι φθάνει μέχρι 27% επί του βάρους του ελαιοκάρπου (Ποντίκης, 2000).

Χρησιμοποιείται αποκλειστικά για την παραγωγή λαδιού εκλεκτής ποιότητας. Θεωρείται ποικιλία πολύ παραγωγική και ανθεκτική στις ξηροθερμικές περιοχές της χώρας (Ποντίκης, 2000). Τα τελευταία χρόνια, κλώνος της, ο IRTA I-18, έχει χρησιμοποιηθεί σε συστήματα πυκνής φύτευσης ελιάς στην Ισπανία, Ιταλία, Ελλάδα και Η.Π.Α.



Εικόνα 9. Βλαστοί και ταξιανθίες ελιάς, ποικιλίας “Κορωνέϊκη”



Εικόνα 10. Καρποί ελιάς ποικιλίας “Κορωνέϊκη”



Εικόνα 11. Ταξιανθίες ‘Κορωνέικης’



Εικόνα 12. Ελιά ‘Κορωνέικη’ σε άνθηση

1.4.2 Χονδρολιά Χαλκιδικής (Χονδρολιά ή Χαλκιδικής)

Η ποικιλία αυτή καλλιεργείται σε πολλές περιοχές της χώρας μας, αλλά κυρίως συναντάται στο νομό Χαλκιδικής.

Ο κορμός του δένδρου είναι μέτριας ως ισχυρής αναπτύξεως, το σχήμα της κόμης ακανόνιστο και φτάνει σε ύψος τα 6-7 μέτρα. Τα φύλλα είναι άφθονα, έχουν σχήμα λογχοειδές και χρώμα βαθύ πράσινο. Ο καρπός είναι μέτριας μέχρι μεγάλης διαστάσεως, σχήματος κυλινδροκωνικού που καταλήγει σε θηλή. Ο πυρήνας είναι επιμήκης και καταλήγει σε μαστοειδή κορυφή που φέρει ακίδα. Το χρώμα της επιδερμίδας μεταπίπτει σταδιακά από το πράσινο στο κιτρινοπράσινο και την περίοδο της πλήρους ωριμάνσεως γίνεται μέλαν. Η περιεκτικότητα της σάρκας σε λάδι φθάνει το 19-24% επί του βάρους του ελαιοκάρπου.

Είναι ποικιλία διπλής χρήσεως αφού ο καρπός της χρησιμοποιείται για ελαιοποίηση και για την παρασκευή επιτραπέζιας ελιάς. Επιπλέον, είναι ποικιλία μέτριας παραγωγικότητας που ωριμάζει τον καρπό της μεσοπρώϊμα, δηλαδή στις αρχές Νοεμβρίου. Τέλος μπορεί να καλλιεργηθεί και σε άγονα εδάφη και παρουσιάζει μέτρια αντοχή στο ψύχος (Τσολάκης, 1991).



Εικόνα 13. Καρπός ελιάς ποικιλίας “Χονδρολιά Χαλκιδικής”



Εικόνα 14. ‘Χαλκιδική’ σε καρποφορία



Εικόνα 15. ‘Χαλκιδική’ σε καρποφορία

1.5 Οικολογικές απαιτήσεις της ελιάς

1.5.1 Κλίμα

Η ζώνη καλλιέργειας της ελιάς είναι η θερμή εύκρατη και υποτροπική, σε γεωγραφικό πλάτος μεταξύ 30° και 42-45° στο βόρειο και νότιο ημισφαίριο. Σε χαμηλότερα πλάτη (κοντά στον Ισημερινό) η ελιά αναπτύσσεται μόνο βλαστικά. Η αδυναμία της να καρποφορήσει αποδίδεται στη έλλειψη επαρκούς χειμερινού ψύχους, που είναι απαραίτητο για την εαρινοποίηση των οφθαλμών και τη διαφοροποίηση των ανθικών καταβολών ή απλά για τη διακοπή του ληθάργου των οφθαλμών της (Ποντίκης, 2000).

➤ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Καθοριστικός παράγοντας για την ελιά είναι η θερμοκρασία. Οι περιοχές στις οποίες αναπτύσσεται εμπορικά χαρακτηρίζονται από μέση ετήσια θερμοκρασία 15° - 20°C (Ποντίκης, 2000). Η απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία μπορεί να φτάσει τους 40°C χωρίς να προκαλέσει ζημιές και η μέση ελάχιστη θερμοκρασία δεν πρέπει να πέσει κάτω από τους -7°C (Ποντίκης, 2000). Επομένως, η ελιά χρειάζεται ευνοϊκές θερμοκρασίες την άνοιξη και το καλοκαίρι για να αναπτύξει νέα βλάστηση και για να γίνει η καρπόδεση και η ωρίμανση του καρπού. Πολύ υψηλές θερμοκρασίες και ξηροί άνεμοι είναι επιζήμιοι στη νέα βλάστηση και στην καρπόδεση και μπορεί να προκαλέσουν συρρίκνωση του καρπού.

Για το σχηματισμό των ταξιανθιών απαιτείται χαμηλή θερμοκρασία, διαφορετικά ο σχηματισμός των ανθικών καταβολών παρεμποδίζεται. Επομένως, η ελιά έχει ανάγκη το χειμώνα από μια περίοδο χαμηλών θερμοκρασιών μεταξύ 7°C και 16°C. Εάν, τα ελαιόδενδρα εκτεθούν σε ημερήσιες διακυμάνσεις θερμοκρασίας μεταξύ 10°C έως 13°C για 1500 έως 2000 ώρες κατά τους χειμερινούς μήνες, παράγουν το μεγαλύτερο αριθμό ταξιανθιών (Ποντίκης, 2000).

Απότομη πτώση της θερμοκρασίας το χειμώνα κάτω από τους -5°C είναι καταστροφική για την καλλιέργεια και οδηγεί σε ξηράνσεις κλάδων ή ολόκληρων δένδρων. Σε περίπτωση που λαμβάνει χώρα σταδιακή πτώση της θερμοκρασίας η ελιά μπορεί να αντέξει για μικρό χρονικό διάστημα μέχρι και τους -10°C. Τέλος, οι φθινοπωρινοί παγετοί (-3°C), είναι επιζήμιοι για τους καρπούς και προκαλούν συρρίκνωση αυτών (Ποντίκης, 2000).

και στα ξηρικά φυτά. Στα σημαντικώς υδατικά καταπονημένα φυτά επηρεάζεται ο μηχανισμός της φωτοσύνθεσης που έχει σχέση με το φωτοσύστημα II (PSII). Τέλος, βρέθηκε ότι στα σοβαρώς καταπονημένα φυτά ο φωτοσυνθετικός ρυθμός, το υδατικό δυναμικό του φύλλου και ο φθορισμός της χλωροφύλλης, επανέρχονται μερικώς στην αρχική τους φυσιολογική κατάσταση, μετά το πέρας της υδατικής καταπόνησης.

Σύμφωνα με τους Chartzoulakis et al. (1999) τα φυτά της ελιάς στην προσπάθειά τους να προστατεύσουν το μηχανισμό της φωτοσύνθεσης, έχουν αναπτύξει ένα σύνολο “αμυντικών” προσαρμοστικών μηχανισμών που τους επιτρέπουν να διατηρούν μέχρι κάποιο βαθμό τη σπαργή των κυττάρων τους και κατά συνέπεια το μερικό άνοιγμα των στοματίων. Για παράδειγμα, η αύξηση της ελαστικότητας των κυτταρικών τοιχωμάτων, μπορεί να βοηθήσει στη διατήρηση της σπαργής των φυτικών ιστών. Επιπλέον, παρατηρούνται αλλαγές στα ανατομικά χαρακτηριστικά των φύλλων που οδηγούν σε τροποποίηση της διαχύσεως του CO₂ από τις υποστομάτιες κοιλότητες στα σημεία της καρβοξυλίωσης. Αυτές οι αλλαγές βοηθούν στη διατήρηση του φωτοσυνθετικού ρυθμού, παρά τη χαμηλή στοματική αγωγιμότητα. Μελετώντας τέλος τις ποικιλίες ελιάς “Κορωνέϊκη” και “Μαστοειδής” βρήκαν ότι δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο αυτών ποικιλιών όσον αφορά τη διατήρηση της σπαργής των ιστών τους, όταν τα φυτά υπέστησαν υδατική καταπόνηση. Βέβαια παρατηρήθηκε ότι η ποικιλία “Κορωνέϊκη” υπό συνθήκες έλλειψης νερού μπορεί να διατηρεί υψηλότερο φωτοσυνθετικό ρυθμό έχοντας μικρότερη στοματική αγωγιμότητα, πιθανότατα λόγω ανατομικών διαφοροποιήσεων στα φύλλα της.

Την ύπαρξη διαφοροποιήσεων στην ανατομία των φύλλων της ελιάς απέδειξαν και οι Bosabalidis et al. (2002), σύμφωνα με τους οποίους τα φύλλα ελιάς των ποικιλιών “Κορωνέϊκη” και “Μαστοειδής” που αναπτύσσονται υπό ξηρικές συνθήκες είναι μικρότερα σε μέγεθος, έχουν μεγαλύτερη πυκνότητα ιστών ανά μονάδα επιφάνειας και αυξημένο αριθμό ανωτέρων επιδερμικών κυττάρων. Τέλος, είναι αυξημένος ο αριθμός των τριχών και στις δύο επιφάνειες των φύλλων καθώς και η πυκνότητα των στοματίων.

Την ίδια άποψη με τους παραπάνω ερευνητές διατύπωσαν και οι Bacelar et al. (2004), κατά τους οποίους τα φυτά της ελιάς ποικιλίας “Cobrancosa” και “Negrinha” για να προσαρμοστούν στο μη ευνοϊκό για την ανάπτυξή τους περιβάλλον αυξάνουν τη σκληροφυτικότητά τους (sclerophylly). Τα φύλλα δηλαδή των φυτών αυτών χαρακτηρίζονται από μικρότερη επιφάνεια, λόγω αλλαγών στον

αριθμό και στις διαστάσεις των κυττάρων και έχουν περισσότερα στομάτια. Άλλα μορφο-ανατομικά χαρακτηριστικά που βοηθούν στην ελαχιστοποίηση της απώλειας του ύδατος από τα φύλλα είναι η ικανότητα τους να συστρέφονται, η παρουσία χνοασμού, η συμπαγής εφυμενίδα, οι ισχυρά λιγνινοποιημένοι ιστοί, τα μικρότερα κύτταρα στο μεσόφυλλο και οι μικρότεροι μεσοκυττάριοι χώροι.

Επίσης, ο Connor (2005) μελετώντας τους μηχανισμούς προσαρμογής της ελιάς σε συνθήκες έλλειψης νερού διαπίστωσε ότι όταν επικρατούν συνθήκες ξηρασίας με υψηλές θερμοκρασίες η ελιά μπορεί και ελέγχει το μηχανισμό της διαπνοής και σε συνδυασμό με τα μορφολογικά και ανατομικά χαρακτηριστικά των φύλλων της να μειώνει τις απώλειες σε νερό. Επιπλέον, έχει πολύ καλά ανεπτυγμένο ριζικό σύστημα που της επιτρέπει να αξιοποιεί όσον το δυνατό καλύτερα την εδαφική υγρασία και επί προσθέτως να απορροφά νερό από σχετικά χαμηλό εδαφικό υδατικό δυναμικό. Συμπερασματικά, η ελιά έχει την ικανότητα να προσαρμόζει τη μεταβολική της δραστηριότητα σε δυσμενείς συνθήκες (Connor, 2005).

Αλλαγές στα ανατομικά χαρακτηριστικά των φύλλων της ελιάς στις ποικιλίες “Cobrancosa”, “Madural” και “Verdeal Transmontana” βρέθηκαν επίσης από τους Bacelar et al. (2006). Οι ποικιλίες που είναι πιο ανθεκτικές στην έλλειψη νερού έχουν λεπτότερη άνω επιδερμίδα και πασσαλώδες παρέγχυμα. Επιπλέον έχουν μεγαλύτερη πυκνότητα ιστού ανά μονάδα επιφάνειας, μικρότερη φυλλική επιφάνεια και μεγαλύτερο αριθμό στοματίων. Επίσης, βρέθηκε ότι τα φύλλα των φυτών που αναπτύσσονται υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης, έχουν μειωμένη συγκέντρωση χλωροφύλλης και καροτινοειδών και αυξημένα επίπεδα οξειδωσης των λιπιδίων των κυτταρικών μεμβρανών (lipid peroxidation). Τέλος, οι ανθεκτικές στη ξηρασία ποικιλίες παρουσίασαν μεγαλύτερη ικανότητα για οσμωρύθμιση καθώς και αυξημένες συγκεντρώσεις ολικών φαινολικών και ολικών διαλυτών πρωτεϊνών.

Επί προσθέτως, η ελιά υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης βιοσυνθέτει διάφορους μεταβολίτες-οσμωλύτες, οι οποίοι έχουν ρόλο οσμωρυθμιστικό. Τέτοιοι μεταβολίτες είναι η προλίνη, η βεταΐνη της γλυκίνης (glycine betaine), τα αλκοολοσάκχαρα κ.α. που έχουν ως στόχο τη διατήρηση του υδατικού δυναμικού σε χαμηλά επίπεδα και την εξουδετέρωση της αρνητικής επίδρασης της οσμωτικής καταπόνησης. Σύμφωνα λοιπόν με τους Dichio et al. (2003) η ποικιλία ελιάς “Coratina” βιοσυνθέτει σάκχαρα ως αντίδραση στην υδατική καταπόνηση. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε αύξηση των συγκεντρώσεων της μαννιτόλης και της

γλυκόζης στα υδατικά καταπονημένα φυτά, με τη συγκέντρωση της μαννιτόλης να είναι μεγαλύτερη περίπου κατά 15% σε σχέση με αυτή της γλυκόζης.

Οι Sofo et al. (2004) διαπίστωσαν ότι σε καταστάσεις περιορισμένης εδαφικής υγρασίας τα ελαιόδενδρα ποικιλίας “Coratina” όπως και άλλα φυτά παράγουν προλίνη η οποία έχει ως στόχο την οσμωτική προσαρμογή των φυτών. Η οσμωτική αυτή προσαρμογή οδηγεί εν τέλει σε μείωση του οσμωτικού δυναμικού των φυτικών ιστών. Αυτό συμβαίνει γιατί το μειωμένο οσμωτικό δυναμικό επιτρέπει στα φύλλα να ανθίστανται στις μεγάλες απαιτήσεις για εξάτμιση. Επίσης, οι ίδιοι επιστήμονες βρήκαν ότι κάτω από συνθήκες υδατικής καταπόνησης, η ελιά προσαρμόζεται οσμωτικά όχι μόνο στα φύλλα, αλλά και στις ρίζες. Με αυτόν τον τρόπο αυξάνει την ικανότητα πρόσληψης νερού από το ξηρό έδαφος. Τέλος, βρέθηκε θετική συσχέτιση μεταξύ της συγκέντρωσης της προλίνης και του βαθμού της υδατικής καταπόνησης (Yoshida et al., 1997; Sofo et al., 2004), κάτι που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η προλίνη πιθανώς δρα συνεργιστικά στην αύξηση της ανοχής των φυτών στην έλλειψη νερού. Επομένως, φαίνεται ότι η συγκέντρωση της προλίνης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βιοχημικός δείκτης του βαθμού της υδατικής καταπόνησης, αλλά και προσαρμογής της ελιάς.

Η πρώτη αντίδραση της ελιάς στην έλλειψη νερού είναι το κλείσιμο των στοματίων της, που έχει ως αποτέλεσμα τη μειωμένη στοματική αγωγιμότητα άρα και τον περιορισμό της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας. Την επίδραση αυτή της έλλειψης του νερού στην ελιά, ποικιλία “Chemlali” μελέτησαν οι Ahmed et al. (2007). Βρέθηκε ότι ο ρυθμός αφομοίωσης του CO₂, η στοματική αγωγιμότητα και ο ρυθμός διαπνοής μειώθηκαν κατά την περίοδο του καλοκαιριού, όπου επικρατούσαν μη ευνοϊκές για τα φυτά περιβαλλοντικές συνθήκες (έλλειψη νερού και υψηλές θερμοκρασίες).

Γενικά υπό συνθήκες έλλειψης νερού παρατηρείται αναστολή της ανάπτυξης των κυττάρων που έχει ως αποτέλεσμα τη μειωμένη ανάπτυξη των φύλλων, συνεπώς τον περιορισμό της φυλλικής επιφάνειας. Έτσι σύμφωνα με τους Bacelar et al. (2007) υπό συνθήκες έλλειψης νερού μειώνεται το μέγεθος και ο αριθμός των φύλλων στις ποικιλίες ελιάς “Cobrancosa”, “Madural” και “Verdeal Transmontana”. Βρέθηκε ότι στα φυτά που υφίστανται υδατική καταπόνηση μειώνεται ο ρυθμός αφομοίωσης του διοξειδίου του άνθρακα (φωτοσύνθεση) μιας και παρατηρείται κλείσιμο των στοματίων εξαιτίας της αλλαγής στο υδατικό δυναμικό των φύλλων. Καθώς η

1.9.2 Ριζικό σύστημα

Τα περισσότερα ελαιόδενδρα προέρχονται από μοσχεύματα με αποτέλεσμα το ριζικό τους σύστημα να μην αναπτύσσεται από τον κεντρικό άξονα (πασσαλώδης ρίζα) όπως συμβαίνει με τα σπορόφυτα. Η ανάπτυξη όμως του ριζικού συστήματος είναι υπεύθυνη για τον εφοδιασμό του φυτού με νερό. Γι' αυτό το λόγο τα ελαιόδενδρα που αναπτύσσονται ως ξηρικές καλλιέργειες έχουν καλύτερα ανεπτυγμένο και πιο εκτεταμένο ριζικό σύστημα, αναλόγως βέβαια και του τύπου του εδάφους (Fernández et al., 1997). Γενικά το ριζικό σύστημα των ξηρικών ελαιόδενδρων είναι περισσότερο ενεργό το χειμώνα και την άνοιξη, όπου υπάρχει μεγαλύτερη διαθέσιμη εδαφική υγρασία και ανενεργό κατά τη διάρκεια της ξηρής περιόδου, δηλαδή καλοκαίρι και φθινόπωρο (Connor, 2005). Επιπλέον, τα αγγεία του ξύλου της ελιάς έχουν την ικανότητα να ανθίστανται σε υδατικό δυναμικό (Ψ_x , υδατικό δυναμικό αγγείων του ξύλου) από -5 έως -8 MPa λόγω οσμωτικής και κυτταρικής προσαρμογής (Moriana et al., 2002; Rousseaux et al., 2007) και σε συνδυασμό με το εκτεταμένο ριζικό της σύστημα αυξάνεται η ικανότητα αντοχής της στη ξηρασία.

1.9.3 Στομάτια και Φωτοσύνθεση

Πολλοί επιστήμονες έχουν μελετήσει και συσχετίσει τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Έχει βρεθεί ότι η ξηρασία και οι υψηλές θερμοκρασίες είναι οι σπουδαιότεροι παράγοντες καταπόνησης και αναστολής της ανάπτυξης των φυτών (Giorio et al., 1999). Στις μεσογειακές περιοχές τα ελαιόδενδρα επιδεικνύουν χαμηλή φωτοσυνθετική δραστηριότητα και ρυθμούς διαπνοής κατά την περίοδο της ξηρασίας (Ahmed et al., 2007).

Αναφέρεται ότι η πρώτη αντίδραση της ελιάς στην έλλειψη νερού είναι το κλείσιμο των στοματίων της (Angelopoulos et al., 1996; Fernández et al., 1997; Giorio et al., 1999; Ahmed et al., 2007; Diaz-Espejo et al., 2007), το οποίο εμφανίζεται πιο έντονο στα νεαρά κυρίως φύλλα (Fernández et al., 1997), παρεμποδίζοντας τη διαπνοή αλλά και τον εφοδιασμό του φυτού με διοξείδιο του άνθρακα. Η αντίδραση αυτή έχει ως στόχο την εξοικονόμηση νερού όταν επικρατούν συνθήκες έλλειψης αυτού και κατά συνέπεια την προστασία των φυτικών κυττάρων από την αφυδάτωση. Το κλείσιμο όμως των στοματίων προκαλεί μείωση της

συγκέντρωσης του ενδοκυττάριου CO₂ των φύλλων που τελικά οδηγεί στη μείωση του φωτοσυνθετικού ρυθμού (Diaz-Espejo et al., 2007).

Το κλείσιμο των στοματίων έχει ως αποτέλεσμα να μην υπάρχει εναλλακτικός μηχανισμός αλληλουχίας των ηλεκτρονίων στη φωτόλυση του νερού, επομένως υπάρχει ο κίνδυνος η περίσσεια της ενέργειας (υπό μορφή ηλεκτρονίων) να διαταράξει τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα του φυτού. Αυτό το φαινόμενο λέγεται φωτοπαρεμπόδιση και για τα ελαιόδενδρα είναι ζωτικής σημασίας κυρίως στα μεσογειακά κλίματα, όπου η φωτοσύνθεση παρεμποδίζεται όταν παρατηρείται υψηλή ακτινοβολία, σε συνδυασμό με ξηρασία τους καλοκαιρινούς μήνες και χαμηλές θερμοκρασίες τους χειμερινούς μήνες (Connor, 2005).

Σύμφωνα με διάφορους ερευνητές (Giorio et al., 1999) το κλείσιμο των στοματίων επηρεάζεται από το διαθέσιμο εδαφικό νερό και το έλλειμα κορεσμού της ατμόσφαιρας (VPD). Επίσης, βρέθηκε ότι η στοματική αγωγιμότητα σχετίζεται θετικά με το υδατικό δυναμικό του φύλλου. Βέβαια, στα ελαιόδενδρα τα οποία υπόκεινται σε παρατεταμένες περιόδους ξηρασίας, η στοματική αγωγιμότητα επηρεάζεται κυρίως από την εδαφική υγρασία.

Μετά όμως από σημαντική υδατική καταπόνηση, η άρδευση των ελαιοδένδρων προκαλεί μια άμεση επαναφορά του υδατικού δυναμικού στην αρχική φυσιολογική κατάσταση, αλλά δεν συνοδεύεται από άμεση αύξηση της στοματικής αγωγιμότητας (gs) (Giorio et al., 1999). Κάτι τέτοιο όμως δεν ισχύει στην περίπτωση που έχουμε μέτρια καταπόνηση (Fernández et al., 1997) ή κάποιο άλλο φυτικό είδος όπως για παράδειγμα το ακτινίδιο (Giorio et al., 1999). Συνεπώς, γίνεται κατανοητό ότι το υδατικό δυναμικό του μεσοφύλλου (Ψ) δεν ελέγχει εξ' ολοκλήρου τη στοματική αγωγιμότητα και επιπλέον η εδαφική υγρασία δεν είναι ο μοναδικός παράγοντας που επηρεάζει τη συμπεριφορά των στοματίων μετά από συνθήκες έντονης ξηρασίας.

Η υδατική καταπόνηση επηρεάζει αρνητικά το μεταβολισμό στο μεσόφυλλο και η αρνητική αυτή επίδραση επιδεινώνεται καθώς εντείνεται η καταπόνηση. Σε συνθήκες μέτριας καταπόνησης η αγωγιμότητα του μεσοφύλλου είναι πεπερασμένη με αποτέλεσμα να αποτελεί έναν ακόμα ανασταλτικό παράγοντα μαζί με τη στοματική αγωγιμότητα για το ρυθμό αφομοίωσης του CO₂ (Diaz-Espejo et al., 2007). Έτσι, αυτή η μείωση στην αφομοίωση του CO₂ στα υδατικά καταπονημένα φυτά προκαλεί μείωση στη μεταφορά ηλεκτρονίων στα φωτοσυστήματα που συμμετέχουν στη φωτοσύνθεση. Η παραπάνω κατάσταση έχει ως αποτέλεσμα η παραγόμενη από τα φωτόνια ενέργεια να συμμετέχει σε αντιδράσεις που ευνοούν την παραγωγή ενεργών

πλήστον είναι η γλυκόζη, η μαννιτόλη, η σακχαρόζη, η ραφφινόζη, η σταχυόζη κ.α. (Romani et al., 1994; Gucci et al., 1998; Cataldi et al., 2000).

Στα φύλλα της ελιάς συναντάμε κυρίως γλυκόζη και μαννιτόλη (Romani et al., 1997; Dichio et al., 2003; Chartzoulakis et al., 2006). Η γλυκόζη και η μαννιτόλη, που αντιπροσωπεύουν το 90% των διαλυτών υδατανθράκων, βοηθούν να μειωθεί σημαντικά το οσμωτικό δυναμικό των ελαιοδένδρων (Dichio et al., 2003; Chartzoulakis et al., 2006), χωρίς όμως αυτό να σημαίνει ότι και τα υπόλοιπα σάκχαρα δεν συμμετέχουν στην οσμωτική προσαρμογή του φυτού (Dichio et al., 2003).

Από τα παραπάνω σάκχαρα κύριο ενδιαφέρον για την ελιά παρουσιάζει η μαννιτόλη (Bongi and Palliotti, 1994; Romani et al., 1997). Παρατηρήθηκε ότι η μαννιτόλη βρίσκεται κοντά στις περιοχές όπου γίνεται η αφομοίωση του CO₂ στα κύτταρα του μεσοφύλλου, αλλά δεν αποτελεί το σάκχαρο που λαμβάνει μέρος στη μεταφορά του CO₂ (Bongi and Palliotti, 1994) ενώ, μπορεί να θεωρηθεί και ως αποταμιευτικός διαλυτός υδατάνθρακας (Romani et al., 1997). Τέλος, η μαννιτόλη έχει περίπου την ίδια πολικότητα με το νερό και έχει την τάση να δεσμεύει λιγότερο το νερό στο μόριό της σε σχέση με τη σακχαρόζη και τα άλλα σάκχαρα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα κύτταρα που έχουν υψηλή συγκέντρωση μαννιτόλης να μπορούν να απορροφήσουν νερό από τον αποπλάστη ακόμα και σε πολύ χαμηλό υδατικό δυναμικό (Bongi and Palliotti, 1994).

1.6 Άλλοι τρόποι ανταπόκρισης των φυτών στην υδατική καταπόνηση

Τα φυτά υπόκεινται σε διάφορες περιβαλλοντικές καταπονήσεις, από τις οποίες η οσμωτική καταπόνηση, που οφείλεται στην υδατική καταπόνηση ή την αλατότητα, προκαλεί σημαντική μείωση του ρυθμού ανάπτυξης των φυτών και της παραγωγής. Η υδατική καταπόνηση μπορεί να προκαλέσει πολλές αλλαγές στα φυτά, όπως έλλειψη σπαργής, μαρασμό και αλλαγές στο μεταβολισμό τους (Halperin and Flores, 1997). Έτσι πολλά φυτά όταν υφίστανται καταστάσεις υδατικής καταπόνησης βιοσυνθέτουν ή συσσωρεύουν μεταβολίτες με στόχο να διατηρήσουν το υδατικό δυναμικό τους χαμηλά, έτσι ώστε να δημιουργηθεί διαφορά οσμωτικού δυναμικού αρκετή, ώστε να επιτρέπει την απορρόφηση του νερού από χαμηλά υδατικά δυναμικά στο έδαφος (Yoshida et al., 1997; Lv et al., 2007; Zhao et al., 2007).

Πρόκειται για ουσίες μικρού μοριακού βάρους, με μεγάλη διαλυτότητα οι οποίες είναι μη τοξικές για τα κύτταρα και κατά συνέπεια για τα φυτά ακόμα και σε υψηλές ενδοκυτταρικές συγκεντρώσεις. Οι ουσίες αυτές περιλαμβάνουν τη βεταΐνη της γλυκίνης (glycine betaine, GB) και παρόμοιες με αυτή ενώσεις, πολυόλες και σάκχαρα όπως μαννιτόλη, σορβιτόλη και τρεχαλόζη, αμινοξέα όπως η προλίνη, ασπαραγίνη κ.α. (McNeil et al., 1999; Chen and Murata, 2002) και τέλος K^+ (Ma et al., 2006). Οι μεταβολίτες αυτοί λειτουργούν ως οσμωρυθμιστές. Η βιοσύνθεση αυτών γίνεται εντός του κυτοπλάσματος έτσι ώστε να διατηρηθεί η κατάλληλη υδατική ισορροπία μεταξύ του κυτοπλάσματος, του χυμοτοπίου και του εξωτερικού περιβάλλοντος των κυττάρων (Halperin and Flores, 1997).

1.10.1 Σάκχαρα

Αναφορά και περιγραφή των υδατανθράκων γίνεται παραπάνω.

1.10.2 Προλίνη

Από τους οσμωλύτες η προλίνη είναι αυτή που συναντάται σε υψηλές συγκεντρώσεις ως επί το πλείστον στα υδατικά καταπονημένα φυτά. Έχει παρατηρηθεί ότι όταν τα κύτταρα εκτίθενται σε υδατική καταπόνηση η ολική συγκέντρωση της προλίνης εντός αυτών αυξάνεται ενώ μειώνεται στο χυμοτόπιο. Συνεπώς, καταλαβαίνουμε ότι το χυμοτόπιο είναι αυτό που ουσιαστικά καθορίζει τη βιοσύνθεση και μεταφορά της προλίνης κατά τη διάρκεια της υδατικής καταπόνησης (Halperin and Flores, 1997; Yoshida et al., 1997; Ashraf et al., 2006).

Η προλίνη θεωρείται ότι λειτουργεί ως οσμωλύτης καθώς ακόμα και σε υψηλές συγκεντρώσεις δεν προκαλεί καταστροφή στο κύτταρο. Επίσης, αποτελεί πηγή αζώτου για τα κύτταρα, προστατεύει τις κυτταρικές μεμβράνες από καταστροφή και παρεμποδίζει τη μετουσίωση των πρωτεϊνών σε καταστάσεις υδατικής καταπόνησης (Sofa et al., 2004). Επιπλέον, μετριάζει την κυτταροπλασματική οξείδωση και βοηθάει στη διατήρηση και αναπλήρωση του $NADP^+$. Τέλος, η προλίνη μπορεί να δρα ως αποδέκτης ηλεκτρονίων και με αυτόν τον τρόπο να αποφεύγεται η καταστροφή των φωτοσυστημάτων εξαιτίας της φωτοαναστολής αυτών από τις ενεργές ρίζες οξυγόνου (Sofa et al., 2004).

1.10.3 Glycine Betaine (GB)

Η glycine betaine, η proline betaine, η β -alanine betaine και η choline-O-sulfate αποτελούν τις πιο κοινές ενώσεις από αυτές που ανήκουν στην κατηγορία των βεταϊνών (betaines) που συναντάμε στα φυτά (Chen and Murata, 2002). Πρόκειται για τεταρτοταγείς αμμωνιακές ενώσεις των οποίων το άτομο του αζώτου έχει πλήρως μεθυλιωθεί (McNeil et al., 1999). Από τις ενώσεις αυτές η glycine betaine (GB) είναι η πιο διαδεδομένη στα ανώτερα φυτά και συντίθεται με υψηλούς ρυθμούς σε πολλά φυτικά είδη, ως αντίδραση στους διάφορους τύπους περιβαλλοντικών καταπονήσεων (Agboma et al., 1997; Mäkelä et al., 1998; McNeil et al., 1999; Chen and Murata, 2002; Iqbal et al., 2008).

Η GB συναντάται σε υψηλές συγκεντρώσεις στους χλωροπλάστες και η παρουσία της εκεί είναι ζωτικής σημασίας καθώς προστατεύει τις θυλακοειδείς μεμβράνες, τα ένζυμα και τις υπόλοιπες λειτουργικές μονάδες του φυτού (το PSII και τη ρουμπίσκο) και κατά συνέπεια βοηθάει στη διατήρηση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας (Mäkelä et al., 1998; Ashraf and Foolad, 2006; Lv et al., 2007; Ma et al., 2007; Zhao et al., 2007). Επίσης, η βιοσύνθεση της GB κάτω από συνθήκες υδατικής καταπόνησης οδηγεί σε μείωση του οσμωτικού δυναμικού του φυτού και με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται η ικανότητα απορρόφησης του νερού από το φυτό. Τέλος, έχει βρεθεί ότι η GB μειώνει τη διαπνοή, βελτιώνει την υδατική κατάσταση των κυττάρων των φύλλων και προάγει τη στοματική αγωγιμότητα (Ma et al., 2007).

Υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ της συγκέντρωσης της GB και της αντοχής των φυτών στις διάφορες καταπονήσεις (Agboma et al., 1997; Chen and Murata, 2002; Lv et al., 2007; Iqbal et al., 2008). Ωστόσο, σε μερικά φυτά η βιοσύνθεση της GB είναι χαμηλή και δεν επαρκεί για να μετριάσει την αρνητική επίδραση της αφυδάτωσης των ιστών που προκαλείται από τους διάφορους τύπους καταπόνησης. Επομένως, για την αύξηση της αντοχής των φυτών γίνεται εξωγενής εφαρμογή οσμωρυθμιστικών ουσιών (Mäkelä et al., 1998; Ashraf and Foolad, 2006). Η εξωγενώς εφαρμοζόμενη GB διεισδύει εύκολα και γρήγορα στα φύλλα και μεταφέρεται στα διάφορα άλλα φυτικά όργανα, όπου εκεί συνεισφέρει στην αύξηση της αντοχής αυτών στην καταπόνηση (Agboma et al., 1997; Mäkelä et al., 1998; Ashraf and Foolad, 2006). Επιπλέον, μιας και η GB που παράγεται φυσικά στα φυτά δεν διασπάται, καθίσταται εύκολη η εκχύλιση αυτής από ορισμένα φυτά, όπως τα σακχαρότευτλα και η εξωγενής χρήση της σε άλλα φυτικά είδη (Ashraf and Foolad, 2006).

Η εξωγενώς εφαρμοζόμενη GB έχει βρεθεί ότι μπορεί να βοηθήσει στην ανάπτυξη και επιβίωση των διαφόρων φυτικών ειδών (Chen and Murata, 2002; Ashraf and Foolad, 2006). Επίσης, βοηθάει στη διατήρηση της ακεραιότητας των μεμβρανών και συνεπώς των κυττάρων (Mäkelä et al., 1998; Chen and Murata, 2002). Τέλος, βρέθηκε ότι η εξωγενώς εφαρμοζόμενη GB σε υδατικά καταπονημένα φυτά βοηθάει στην αύξηση του φωτοσυνθετικού ρυθμού, πιθανώς προστατεύοντας το φωτοσύστημα II (PSII) (Mäkelä et al., 1998; Zhao et al., 2007).

Εκτός όμως από τη θετική επίδραση που ασκεί, ορισμένες φορές έχουμε αναστολή της ανάπτυξης των φυτών, παρά την εφαρμογή της. Για παράδειγμα, όταν εφαρμόστηκε εξωγενώς σε φυτά *Brassica rapa*, *Brassica napus* και σε ανοιξιότικα σιτηρά δεν βελτίωσε την ανάπτυξή τους, όταν αυτά υπέστησαν υδατική καταπόνηση (Ashraf and Foolad, 2006). Βέβαια κάτι τέτοιο πιθανόν να οφείλεται στις διαφορές μεταξύ των φυτικών ειδών ή στις πειραματικές συνθήκες που επικρατούσαν. Τέλος, αναφέρεται ότι σε μερικά φυτά μετά την εφαρμογή της GB αυξήθηκε ο κίνδυνος προσβολής από διάφορους παθογόνους μύκητες, όπως για παράδειγμα το *Fusarium graminearum* στα σιτηρά (Ashraf and Foolad, 2006).

1.11 Περιγραφή σκευασμάτων

Η διεξαγωγή του πειράματος πραγματοποιήθηκε τους καλοκαιρινούς μήνες. Το καλοκαίρι είναι μια περίοδος όπου χαρακτηρίζεται, για τα δεδομένα της χώρας μας, από περιορισμένες έως μηδενικές βροχοπτώσεις, ενώ παράλληλα επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες και υψηλή ένταση ηλιακής ακτινοβολίας. Υπό αυτές τις συνθήκες τα φυτά καταπονούνται ιδιαίτερος με αποτέλεσμα πολλές λειτουργίες τους να αναστέλλονται, ενώ αρκετοί από τους μηχανισμούς τους μπορεί να υποστούν ζωτικής σημασίας ζημιές.

Συνεπώς για τους παραπάνω λόγους χρησιμοποιήθηκαν τρία σκευάσματα με διαφορετικές ιδιότητες και τρόπο δράσης ως παράγοντες ανακούφισης έναντι της υδατικής καταπόνησης. Τα σκευάσματα που εφαρμόστηκαν με ψεκασμό στα φυτά ήταν το Surround (kaolin 95% w/w) WP, το Ambiol (1-methyl-4-dimethylaminomethyl-5-hydroxybenzimidazole dihydrochloride) και το BlueStim (glycine betaine 95% w/w) WP.

φωτοσυνθετικό μηχανισμό (Zhao et al., 2007) όταν τα φυτά υπόκεινται σε διάφορες καταπονήσεις.

Η εξωγενής εφαρμογή σκευασμάτων glycine betaine σε φυτά που καταπονούνται υδατικά, έχει ως αποτέλεσμα να μετριάξει τις συνέπειες της έλλειψης νερού. Βρέθηκε ότι η εξωγενής εφαρμογή της glycine betaine βελτιώνει το φωτοσυνθετικό ρυθμό, αυξάνει το ξηρό βάρος των φύλλων, το ρυθμό ανάπτυξης των φυτών και τέλος τη στοματική αγωγιμότητα (McNeil et al., 1999; Chen and Murata, 2002; Ashraf and Foolad, 2006; Ma et al., 2007).

1.12 Σκοπός του Πειράματος

Ο σκοπός του πειράματος ήταν η μελέτη της επίδρασης της υδατικής καταπόνησης σε δέντρα ελιάς των ποικιλιών “Κορωνέϊκη” και “Χονδρολιά Χαλκιδικής” και η μετρίαση των δυσμενών συνεπειών της, με την εξωγενή εφαρμογή σκευασμάτων με διαφορετικό τρόπο δράσης, ως παράγοντες ανακούφισης.

Πιο αναλυτικά, μελετήθηκε η επίδραση της υδατικής καταπόνησης επί των φυσιολογικών χαρακτηριστικών των φυτών, επί του φωτοσυνθετικού μηχανισμού και επί της βιοχημικής αντίδρασης των φυτών με τη σύνθεση οσμωρυθμιστικών ουσιών. Επίσης, μελετήθηκε κατά πόσο η εξωγενής εφαρμογή του καολινίτη, της αντιοξειδωτικής ουσίας Ambiol και της οσμωρυθμιστικής ουσίας βεταΐνη της γλυκίνης (glycine betaine) βοήθησε τα φυτά κατά την περίοδο της καταπόνησης και μετά το τέλος αυτής.

2

Υλικά και Μέθοδοι

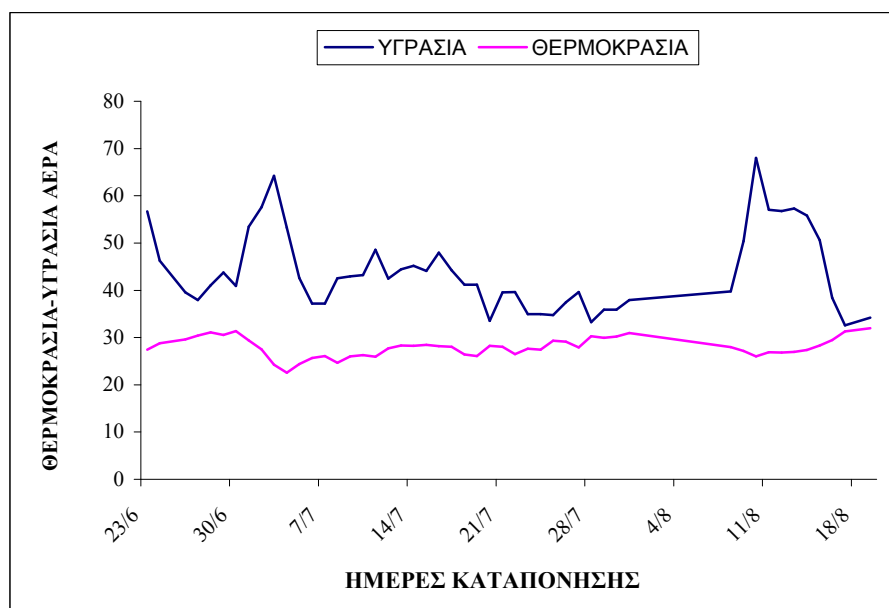
2.1 Γενικά

Το πείραμα διεξήχθη στο δενδροκομείο (γεωγραφικό πλάτος $37^{\circ} 58' N$, γεωγραφικό μήκος $23^{\circ} 32' E$, υψόμετρο 30 m) και στο εργαστήριο Δενδροκομίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, τη χρονική διάρκεια από την άνοιξη του 2006 μέχρι το φθινόπωρο του 2007 (Εικόνα 20).



Εικόνα 20. Ο χώρος του πειραματικού αγρού στο δενδροκομείο του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Καθ' όλη τη διάρκεια της διεξαγωγής του πειράματος, γινόταν λεπτομερής καταγραφή όλων των εργασιών, των καλλιεργητικών φροντίδων και των μέτρων φυτοπροστασίας που λαμβάνονταν στον αγρό, καθώς επίσης και των μετεωρολογικών συνθηκών που επικρατούσαν στον πειραματικό αγρό (Σχήμα 1).



Σχήμα 1. Θερμοκρασία και υγρασία αέρα κατά την περίοδο διεξαγωγής του πειράματος.

2.2 Φυτικό Υλικό

Χρησιμοποιήθηκαν διετή αυτόριζα ελαιόδενδρα των ποικιλιών “Κορωνέϊκη” και “Χονδρολιά Χαλκιδικής”, παρόμοιας ανάπτυξης, χωρίς εμφανή συμπτώματα τροφопενιών, φυτοπαθολογικών ή εντομολογικών προσβολών και μηχανικών βλαβών, ηλικίας δύο ετών.

2.2.1 Φύτευση και Εγκατάσταση

Τα δένδρα μεταφυτεύτηκαν με μπάλα χώματος από γλάστρες 8L σε γλάστρες 20L. Μετά τη μεταφύτευση στις γλάστρες τα ελαιόδενδρα τοποθετήθηκαν στις κατάλληλες θέσεις στον αγρό, έγινε εγκατάσταση του αδρευτικού συστήματος, άρδευση των φυτών και απομάκρυνση του ελαιοκάρπου που πιθανόν έφεραν ορισμένα φυτά, έτσι ώστε να εξαλειφθεί οποιοσδήποτε πιθανός παράγοντας παραλλακτικότητας, καθώς είναι γνωστό ότι ο καρπός επηρεάζει την ανάπτυξη των βλαστών (Moriana et al., 2003). Παράλληλα διατηρήθηκαν ορισμένα δένδρα εκτός πειράματος, για παρακολούθηση της αναπτυξιακής τους πορείας και για τυχόν αντικατάσταση κάποιων εκ των φυτών του πειράματος σε περίπτωση απώλειας αυτών λόγω βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων. Τέλος, σημάνθηκαν κατάλληλα τα δένδρα για κάθε επέμβαση (Εικόνα 21) και σε ένα φυτό ανά επέμβαση τοποθετήθηκε

βαθμονομημένο πλακίδιο Βουγιούκου για τη μέτρηση του φορτίου πίεσης του εδαφικού νερού (Εικόνα 22 και Εικόνα 23).

Κατά τη διάρκεια που έλαβε χώρα η υδατική καταπόνηση των φυτών γινόταν καταγραφή της εδαφικής θερμοκρασίας (Εικόνα 24). Τέλος, για αποφυγή παροχής νερού στα φυτά σε περίπτωση βροχόπτωσης, κατά τη διάρκεια της υδατικής καταπόνησης, καλύφθηκε η επιφάνεια των γλαστρών με αδιαφανές πλαστικό φύλλο (Εικόνα 25 και Εικόνα 26).



Εικόνα 21. Σήμανση των φυτών αναλόγως της επεμβάσεως



Εικόνα 22



Εικόνα 23

Γλάστρα με τοποθετημένο βαθμονομημένο πλακίδιο Βουγιούκου για την εκτίμηση της εδαφικής υγρασίας.



Εικόνα 24. Όργανο μέτρησης της εδαφικής υγρασίας



Εικόνα 25



Εικόνα 26

Κάλυψη της επιφάνειας των γλαστρών με αδιαφανές πλαστικό φύλλο

2.2.2 Υπόστρωμα

Το εδαφικό μείγμα που χρησιμοποιήθηκε για τη φύτευση των φυτών αποτελούνταν από τύρφη, περλίτη και χώμα εσκαφής.

Σύμφωνα με την ανάλυση του εδάφους, από άποψη κοκκομετρικής σύστασης το εδαφικό μίγμα κατατάσσεται στα αμμοπηλώδη εδάφη (sandy loam), ήταν αλκαλικής αντίδρασης (pH 8.3) και με 32% ολικό CaCO_3 . Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων ήταν 9,1 meq/100g εδάφους, με οργανικό άνθρακα 0,75 %. (η εδαφική ανάλυση φαίνεται στον Πίνακα1).

Εικόνα 29. Κουρτίνα για το ψεκασμό**Εικόνα 30.** Διενέργεια ψεκασμού

2.3 Πειραματικό σχέδιο

Το πειραματικό σχέδιο που ακολουθήθηκε κατά το σχεδιασμό και την εκτέλεση του πειράματος ήταν το εντελώς τυχαίοποιημένο. Στο πείραμα είχαμε 4 επαναλήψεις με 2 φυτά ανά επανάληψη. Ο συνολικός αριθμός φυτών που χρησιμοποιήθηκαν ήταν 128 ελαιόδενδρα (8 επεμβάσεις x 4 επαναλήψεις x 2 φυτά ανά επανάληψη x 2 ποικιλίες) (Σχήμα 2).

CC-CW-4	KR-AD-4	KR-BSD-3	CC-BSD-2	KR-AD-2	KR-SD-1
KR-AW-4	CC-AW-4	KR-SW-3	CC-SD-2	KR-SW-1	CC-SW-1
CC-BSD-4	CC-SD-4	CC-BSW-3	KR-AW-2	CC-SW-2	KR-CD-1
	CC-CW-3	CC-CD-3	KR-CW-2	CC-AD-2	KR-BSW-1
KR-SD-4	KR-SW-4	CC-CW-2	KR-SD-3	CC-AW-2	CC-CD-1
KR-BSW-4	KR-CD-3	CC-SW-3	CC-AD-3	KR-BSW-2	KR-AD-1
CC-CD-4	CC-BSD-3	KR-CW-3	KR-SW-2	KR-CD-2	CC-SD-1
KR-BSD-4	KR-AW-3	KR-BSD-2	CC-CD-2	CC-BSD-1	KR-CW-1
KR-CW-4		KR-BSW-3	CC-BSW-2	CC-CW-1	CC-AD-1
KR-CD-4	CC-BSW-4	CC-SD-3	KR-AD-3	KR-BSD-1	CC-AW-1
CC-SW-4	CC-AD-4	CC-AW-3	KR-AW-1	KR-SD-2	CC-BSW-1

Σχήμα 2. Διάταξη πειραματικών τεμαχίων στον αγρό. Κάθε πειραματικό τεμάχιο περιλαμβάνει δύο δένδρα. Επεξηγήσεις: KR, δένδρα της ποικιλίας ελιάς “Κορωνέικη” – CC, δένδρα της ποικιλίας ελιάς “Χονδρολιά Χαλκιδικής” – A, ψεκασμός με το σκεύασμα Ambiol – BS, ψεκασμός με το σκεύασμα BlueStim WP – S, ψεκασμός με το σκεύασμα SurroundWP – C, μάρτυρας – W, αρδευόμενα δένδρα - D, δένδρα σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης.

2.4 Αρδευτικό σύστημα

Η άρδευση των φυτών γινόταν με ημιαυτόματο σύστημα ποτίσματος (Εικόνα 31) με αυτορρυθμιζόμενους σταλάκτες μεμβράνης (Εικόνα 32). Η παροχή του κάθε σταλάκτη ήταν $Q = 4 \text{ l/h}$ και σε κάθε φυτό τοποθετήθηκαν δύο σταλάκτες. Η ποσότητα του νερού ανά δένδρο κυμαινόταν από 0.8 έως 3.2l ανά εφαρμογή άρδευσης, σύμφωνα με το πειραματικό σχέδιο τις καιρικές συνθήκες και τις ανάγκες των φυτών σε νερό.

Το νερό άρδευσης είχε μέση τιμή pH 6.83 και ηλεκτρικής αγωγιμότητας EC= 272 $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Εικόνα 31. Άρδευτικό σύστημα

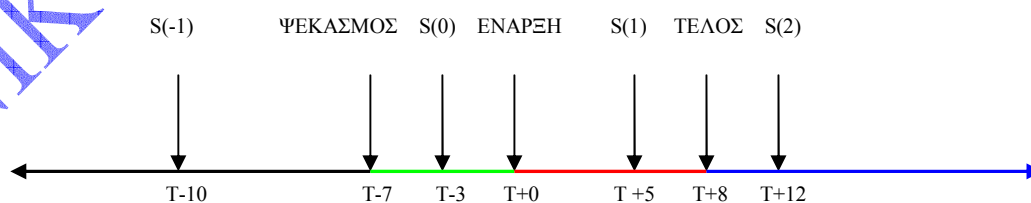


Εικόνα 32. Σταλάκτες μεμβράνης

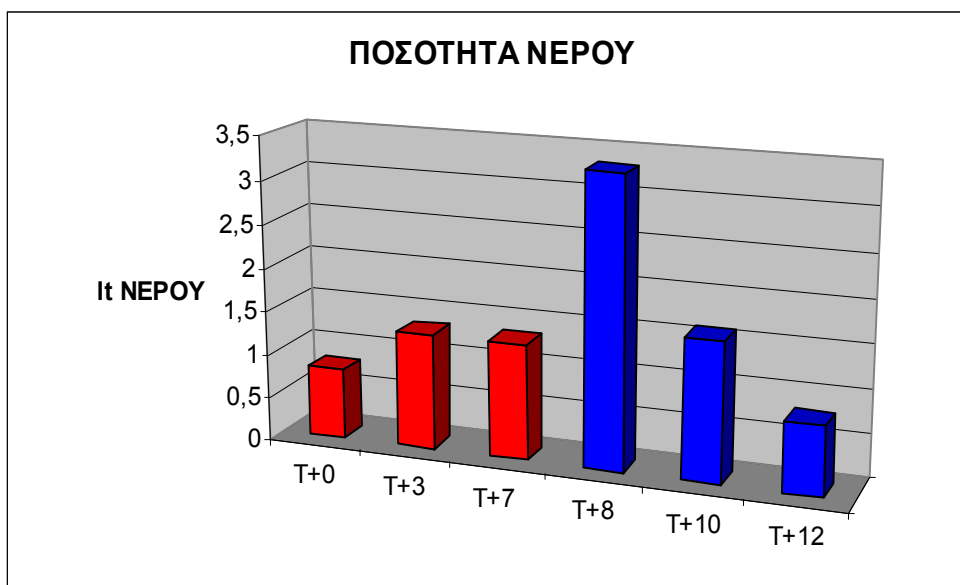
2.5.1 Εφαρμογή Υδατικής Καταπόνησης

Ως υδατική καταπόνηση ορίζουμε το χρονικό διάστημα κατά το οποίο ποτίζονταν μόνο τα αρδευόμενα φυτά.

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε κατά το χρονικό διάστημα από τις 23 Ιουλίου έως τις 18 Αυγούστου 2006 (Σχήμα 3). Ως χρόνος έναρξης της εφαρμογής της υδατικής καταπόνησης (T+0), ορίζεται ο χρόνος που αντιστοιχεί στην έναρξη του χρονικού διαστήματος κατά το οποίο ποτίζονταν μόνο τα αρδευόμενα φυτά.



Σχήμα 3. Η χρονική εξέλιξη (T) του πειράματος στον αγρό: κανονικές αρδεύσεις (πράσινο), υδατική καταπόνηση (κόκκινο), επαναφορά αρδεύσεων (μπλε), δειγματοληψίες (S-1 έως S2).



Σχήμα 4. Η ποσότητα νερού άρδευσης κατά την περίοδο της υδατικής καταπόνησης (κόκκινο) και κατά την επαναφορά των αρδεύσεων (μπλε).

Κατά το χρονικό διάστημα πριν την έναρξη της καταπόνησης όλα τα φυτά αρδεύονταν κανονικά ώστε να μην παρουσιάζουν μακροσκοπικά συμπτώματα υδατικής καταπόνησης. Τα φυτά, ποτιστικά και ξηρικά, αρδεύτηκαν για τελευταία φορά μαζί την ημέρα που έγινε ο ψεκασμός των σκευασμάτων. Στη συνέχεια σχεδιάστηκε πρόγραμμα τακτικών αρδεύσεων μόνο για τα αρδευόμενα φυτά (T+0, T+3, T+7). Όσον αφορά τα ξηρικά φυτά, παρέμειναν ουσιαστικά χωρίς άρδευση για δεκαπέντε ημέρες, χρονικό διάστημα αρκετό ώστε να είναι ορατά τα συμπτώματα της έλλειψης ύδατος. Την ημέρα T+8 του πειράματος, ποτίστηκαν και τα ξηρικά φυτά για να ανακουφιστούν από την καταπόνηση της έλλειψης ύδατος.

(Η ποσότητα του νερού που δέχτηκαν τα ποτιζόμενα δέντρα κατά την περίοδο της καταπόνησης και όλα τα φυτά κατά την περίοδο επαναφοράς των αρδεύσεων φαίνεται στο Σχήμα 4).

2.5 Δειγματοληψία

Συνολικά έγιναν τέσσερις δειγματοληψίες φύλλων για βιοχημικές αναλύσεις και μέτρηση των φυσιολογικών χαρακτηριστικών τους. Σε κάθε δειγματοληψία συλλέχθηκαν φύλλα από όλα τα φυτά. Η πρώτη δειγματοληψία, S(-1), έγινε με σκοπό να καταγραφεί και να εκτιμηθεί η κατάσταση των δένδρων πριν την έναρξη του πειράματος της υδατικής καταπόνησης.



Εικόνα 33. Θερμόμετρο μεγίστου-ελαχίστου



Εικόνα 34. Πλαστικό φορητό ψυγείο



Εικόνα 35. Φορητό ψυγείο από φελιζόλ

2.6 Πειραματικές μέθοδοι

2.7.1 Γενικά

Στα δείγματα των φύλλων που συλλέχθηκαν πραγματοποιήθηκαν τόσο βιοχημικές αναλύσεις όσο και μετρήσεις βιομετρικών και φυσιολογικών χαρακτηριστικών. Επίσης, μετρήθηκαν ορισμένα βιομετρικά χαρακτηριστικά ολόκληρου του δένδρου. Τα βιομετρικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν ήταν τα εξής:

- το ύψος του φυτού
- το μήκος προσημασμένων βλαστών
- η διάμετρος του κορμού
- το νωπό και ξηρό βάρος των φύλλων
- η σχετική περιεκτικότητα των φύλλων σε νερό (RWC)
- η ειδική φυλλική επιφάνεια (SLA)
- η πυκνότητα των φυλλικών ιστών (LTD)
- το περιεχόμενο σε νερό υπό κορεσμό (WCS)
- το υδατικό έλλειμμα κορεσμού (WSD)
- η περιεκτικότητα των φύλλων σε νερό (WC)
- η ενυδάτωση των φύλλων (Succulence)
- η θερμοκρασία των φύλλων
- η πυκνότητα των στοματίων και των τριχών

Κατά την περίοδο της ανθοφορίας του ακολουθούμενου της υδατικής καταπόνησης έτους, (άνοιξη του 2007) εκτιμήθηκε το ποσοστό των εκπτυσσομένων οφθαλμών (μικτών ανθοφόρων και ξυλοφόρων) και έγινε καταγραφή στο χρόνο, του σταδίου ανθοφορίας, ώστε να προσδιοριστεί τυχόν πρωίμιση ή οψίμιση της ανθοφορίας. Μετρήθηκε ο αριθμός των ανθέων ανά ταξιανθία καθώς και το ποσοστό των τέλειων και ατελών ανθέων ανά ταξιανθία (και για τις δύο μετρήσεις ελήφθησαν δέκα ταξιανθίες ανά πειραματικό τεμάχιο). Επίσης εκτιμήθηκε το ποσοστό των ανθέων που καρπόδεσαν ανά δένδρο, με στόχο τον προσδιορισμό της επίδρασης των διαφορών επεμβάσεων στην αναμενόμενη τελική παραγωγή.

Επιπλέον, μετρήθηκε η ολική παραγωγή και τα βιομετρικά χαρακτηριστικά των καρπών και για τις δύο ποικιλίες καθώς επίσης και η επί τις εκατό (%) περιεκτικότητα των καρπών σε λάδι για την ποικιλία ‘‘Κορωνέϊκη’’, αφού πρώτα πραγματοποιήθηκε εφαρμογή των διαφορών σκευασμάτων και έλαβε χώρα, εκ νέου, υδατική καταπόνηση. Τέλος, μετρήθηκε ο ρυθμός αφομοίωσης του CO₂ από τα φύλλα (θα αναφέρεται εξής για λόγους ευκολίας ως φωτοσύνθεση), η περιεκτικότητα των φύλλων σε χλωροφύλλη, υδατάνθρακες και άμυλο, καθώς και η περιεκτικότητα σε προλίνη.

2.7.2 Μέτρηση βιομετρικών στοιχείων

Το ύψος του φυτού, το μήκος των βλαστών, καθώς και η διάμετρος του κορμού μετρήθηκαν αρχικά πριν την έναρξη της καταπόνησης και μία δεύτερη φορά μετά το τέλος αυτής, για να εκτιμηθεί εάν οι διάφορες επεμβάσεις επιδρούν και κατά πόσο στην ανάπτυξη των φυτών. Τόσο οι βλαστοί όσο και το σημείο που γινόταν η μέτρηση της διαμέτρου του κορμού σημειώθηκαν καταλλήλως πριν την έναρξη των μετρήσεων (Εικόνα 36 και Εικόνα 37).

Το ύψος του φυτού μετρήθηκε από το λαιμό των φυτών (προσημασμένο σημείο) μέχρι την υψηλότερη ελεύθερα αναπτυσσόμενη κορυφή. Για αυτές τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε μέτρο, ενώ για τη μέτρηση της διαμέτρου του κορμού ψηφιακό παχύμετρο. Η φυλλική επιφάνεια μετρήθηκε με τη χρήση προγράμματος στον υπολογιστή (Delta TScan) αφού προηγουμένως τα φύλλα είχαν σαρωθεί με τη χρήση σαρωτή.



Εικόνα 36. Σήμανση του κορμού



Εικόνα 37. Σήμανση των βλαστών

Η θερμοκρασία των φύλλων μετρήθηκε κατά την περίοδο της υδατικής καταπόνησης (S1) στον πειραματικό αγρό με θερμόμετρο υπερύθρων (Εικόνα 38 και Εικόνα 39). Στόχος αυτής της μέτρησης ήταν να εξετάσουμε εάν και κατά πόσο τα διάφορα σκευάσματα που χρησιμοποιήθηκαν για τις εκάστοτε επεμβάσεις επηρεάζουν τη θερμοκρασία των φύλλων εν συγκρίσει με το μάρτυρα.

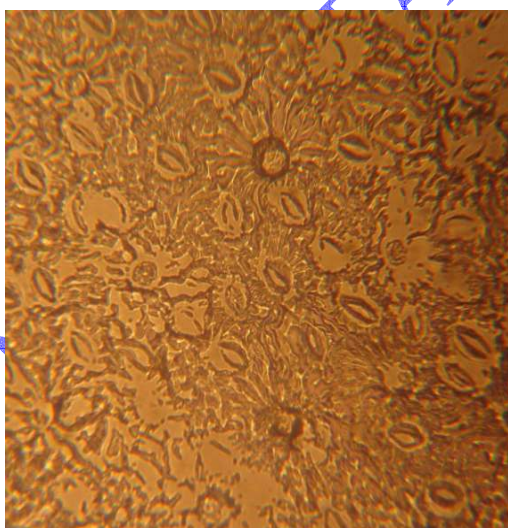


Εικόνα 38. Θερμόμετρο υπέρυθρων

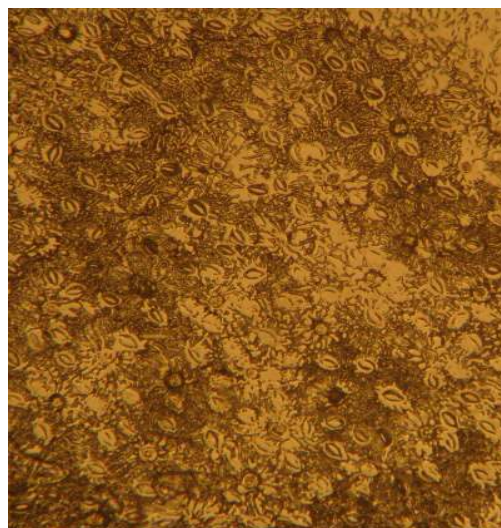


Εικόνα 39. Θερμόμετρο υπέρυθρων

Επίσης, μετρήθηκε η πυκνότητα των στοματίων ανά φυλλική επιφάνεια, πριν την έναρξη της υδατικής καταπόνησης (Εικόνα 40 και Εικόνα 41), αφού πρώτα αφαιρέθηκαν οι τρίχες και καλύφθηκε ομοιόμορφα η κάτω επιφάνεια των φύλλων με διάφανο βερνίκι νυχιών. Στη συνέχεια αφέθηκε το βερνίκι να στεγνώσει, αφαιρέθηκε προσεχτικά, τοποθετήθηκε σε αντικειμενοφόρο πλάκα και μετρήθηκε ο αριθμός των στοματίων ανά τετραγωνικό χιλιοστό (mm^2) με τη βοήθεια του μικροσκοπίου.



Εικόνα 40. Στομάτια φύλλου ελιάς



Εικόνα 41. Στομάτια φύλλου ελιάς

Για τον υπολογισμό του βάρους των τριχών (Εικόνα 42 και Εικόνα 43), ζυγίστηκε αρχικά το βάρος του φύλλου και στη συνέχεια με τη χρήση διάφανης κολλητικής

μικρό ποσοστό εξ αυτών, της τάξεως του 0,53% κατά μέσο όρο της ολικής ποσότητας σακχάρων.

Πιο συγκεκριμένα:

- ❖ Στο ίζημα που παρέμεινε μετά την πραγματοποίηση των δύο εκχυλίσεων προστέθηκαν 2ml νερού HPLC, αναδεύτηκαν και στη συνέχεια εκχυλίστηκαν ξανά στο φούρνο μικροκυμάτων για 3min στα 400Watt. Στη συνέχεια το δείγμα φυγοκεντρήθηκε και το υπερκείμενο της φυγοκέντρωσης φιλτραρίστηκε και χρησιμοποιήθηκε για ανάλυση στην HPLC. Σύμφωνα με το χρωματογράφημα δεν υπήρχαν σημαντικά υπολείμματα σακχάρων, συνεπώς όλα τα σάκχαρα ελήφθησαν με τις πρώτες δύο εκχυλίσεις.
- ❖ Το ίζημα που παρέμεινε μετά από τις δύο εκχυλίσεις, εκχυλίστηκε ξανά για τρίτη φορά σύμφωνα με τη μέθοδο αναφοράς εκχύλισης των σακχάρων. Το δείγμα αναλύθηκε στην HPLC και σύμφωνα με το χρωματογράφημα δεν υπήρχαν σημαντικά υπολείμματα σακχάρων, άρα και πάλι αποδείχθηκε ότι με τις δύο πρώτες εκχυλίσεις ελήφθησαν σχεδόν όλα τα σάκχαρα.
- ❖ Παρασκευάστηκαν 1000ppm διαλύματος προτύπων σακχάρων. Από αυτά τα 1000ppm ελήφθησαν 2ml και θερμάνθηκαν στο φούρνο μικροκυμάτων για 3min στα 400Watt και στη συνέχεια αναλύθηκαν με HPLC. Επίσης από το standard των 1000ppm ένα δείγμα αναλύθηκε στην HPLC χωρίς να θερμανθεί. Σύμφωνα με τα δύο χρωματογραφήματα δεν υπήρχαν διαφορές στις συγκεντρώσεις των σακχάρων μεταξύ των δύο δειγμάτων, άρα αποδείχθηκε ότι ο φούρνος μικροκυμάτων δεν καταστρέφει, ούτε αλλοιώνει τα σάκχαρα, υπό τις παρούσες συνθήκες.
- ❖ Επιπλέον βρέθηκε ότι η προσθήκη ενεργού άνθρακα, όπως περιγράφεται στη μέθοδο αναφοράς, αλλοιώνει την εικόνα της χρωματογραφικής ανάλυσης, σύμφωνα με τα χρωματογραφήματα των ιδίων δειγμάτων στα οποία πραγματοποιήθηκε προσθήκη ή μη ενεργού άνθρακα.
- ❖ Τέλος, διαπιστώθηκε ότι τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων είναι συγκρίσιμα.

2.7.7 Μέθοδος εκχύλισης και μέτρησης του Αμύλου

Ο προσδιορισμός του αμύλου έγινε σύμφωνα με τη μέθοδο που περιγράφεται από το Vemmos (1999).

- Το ξηρό στερεό υπόλειμμα μετά την εκχύλιση των σακχάρων ξεπλύθηκε δύο φορές με 5ml 75% v/v αιθανόλη και μια φορά με 5ml 100% v/v αιθανόλη.
- Προστίθεται 1ml NaOH 0,5N.
- Ανάδευση.
- Τα δείγματα αφήνονται για 20min σε θερμοκρασία δωματίου για ζελατινοποίηση του αμύλου.
- Προστίθενται 0.55ml οξικό οξύ (CH_3COOH) (2M).
- Φυγοκέντρωση για 5min στα 3000g.
- Από το υπερκείμενο παίρνονται 0.5ml και προστίθενται 0,5ml διαλύματος ενζύμου αμυλογλυκοζιδάσης.
- Ανάδευση και τοποθέτηση στο υδατόλουτρο για 1h στους 55° C.
- Προστίθενται 0.2ml NaOH 1N για εξουδετέρωση.
- Ανάδευση.
- Λαμβάνονται 0.5ml υπερκειμένου στο οποίο προστίθενται 2ml ενζύμου oxidase της εταιρείας Biosis.
- Τοποθέτηση των δειγμάτων σε υδατόλουτρο στους 37° C για 15min.

Το χρώμα μετρήθηκε με φασματοφωτόμετρο (Ηελιος γ, Unicam) σε μήκος κύματος 510nm. Ο προσδιορισμός των δειγμάτων έγινε με βάση την καμπύλη αναφοράς των προτύπων συγκεντρώσεων του αμύλου.

Μέθοδος προσδιορισμού της περιεκτικότητας των καρπών σε λάδι

Ο προσδιορισμός της επί τις εκατό (%) περιεκτικότητας σε λάδι ανά ξηρό βάρος σάρκας έγινε με τη βοήθεια πετρελαϊκού αιθέρα υπό συνεχή ανάδευση.

2.8 Στατιστική Ανάλυση

Τα πειραματικά δεδομένα των δειγματοληψιών $S(1)$ και $S(2)$ υπέστησαν ανάλυση ως παραγοντικό πείραμα (επεμβάσεις με σκευάσματα και τακτική άρδευσης), ενώ οι σημαντικές διαφορές επισημάνθηκαν χρησιμοποιώντας το τυπικό σφάλμα της ανάλυσης διασποράς. Τα αποτελέσματα της δειγματοληψίας $S(0)$ επεξεργάστηκαν με ανάλυση διασποράς, με επεμβάσεις τα εφαρμοζόμενα σκευάσματα. Επιλέχθηκε να γίνει στατιστική ανάλυση ανά ποικιλία λόγω του μεγάλου όγκου των δεδομένων. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται αναλυτικά σε πίνακες και σχεδιαγράμματα. Τέλος, η στατιστική ανάλυση έγινε με το στατιστικό πακέτο StatGraphics v.5 για τα Windows.

ΝΙΚΟΛΕΤΑ-ΚΛΕΙΩ ΔΕΝΑΔΕΛ

3

Αποτελέσματα

3.1 Γενικά

Παρακάτω γίνεται αναλυτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων, ξεχωριστά για κάθε ποικιλία σύμφωνα με τον τρόπο που έγινε και η στατιστική ανάλυση λόγω του μεγάλου όγκου των δεδομένων.

Επιπλέον, οι μετρήσεις χωρίζονται σε τέσσερις περιόδους: την περίοδο πριν την έναρξη του πειράματος, όπου πραγματοποιήθηκε η δειγματοληψία S(-1) με στόχο την εκτίμηση της κατάστασης των δένδρων, την περίοδο πριν την έναρξη της υδατικής καταπόνησης, όπου πραγματοποιήθηκε η δειγματοληψία S(0) για να δούμε την αντίδραση των φυτών στην εφαρμογή των διαφόρων σκευασμάτων, την περίοδο της υδατικής καταπόνησης, όπου έλαβε χώρα η δειγματοληψία S(1) και την περίοδο της ανακούφισης, όπου έλαβε χώρα η δειγματοληψία S(2).

Όσον αφορά τις επεμβάσεις θα αναφέρονται παρακάτω ως C για το μάρτυρα, BS για τα φυτά που δέχτηκαν την εφαρμογή του σκευάσματος BlueStim WP, A για τα φυτά που δέχτηκαν την εφαρμογή του σκευάσματος Ambiol και S για τα φυτά που δέχτηκαν την εφαρμογή του σκευάσματος Surround WP. Τα αρδευόμενα φυτά αναφέρονται ως W και τα υδατικά καταπονημένα ως D.

3.1.1 Στοματία και τρίχες

Την περίοδο πριν την έναρξη του πειράματος, μετρήθηκε ο αριθμός των στοματίων και η πυκνότητα των τριχών. Όσον αφορά την ποικιλία “Κορωνέϊκη” ο αριθμός των στοματίων είναι 420,8 στοματία ανά mm^2 και η πυκνότητα των τριχών είναι $20,17\mu\text{g}/\text{mm}^2$. Για την ποικιλία “Χονδρολιά Χαλκιδικής” ο αριθμός των στοματίων είναι 406,5 στοματία ανά mm^2 και η πυκνότητα των τριχών είναι $21,29\mu\text{g}/\text{mm}^2$.

Με βάση τα παραπάνω βλέπουμε ότι η ποικιλία “Κορωνέϊκη” έχει μεγαλύτερο αριθμό στοματίων, επομένως πιθανόν να παρουσιάζει καλύτερη διαχείριση ύδατος, άρα μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στη ξηρασία σε σχέση με την ποικιλία “Χονδρολιά Χαλκιδικής”.

Α. ΠΟΙΚΙΛΙΑ “ΚΟΡΩΝΕΪΚΗ”

3.2 Βιομετρικά Χαρακτηριστικά

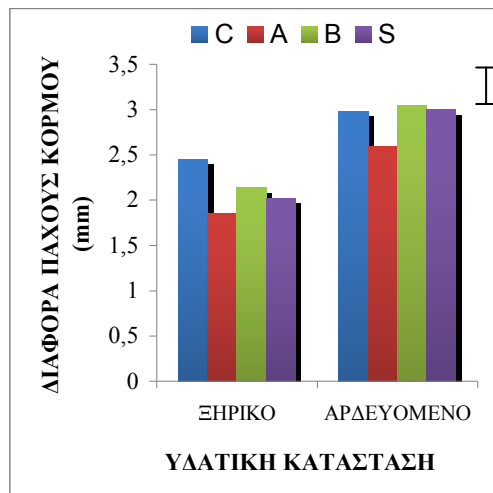
Σύμφωνα με τον Πίνακα 1 η τακτική άρδευσης επηρεάζει σημαντικά την κατά μήκος αύξηση των βλαστών και την αύξηση του ύψους των φυτών. Αντιθέτως, τα παραπάνω παραμένουν ανεπηρέαστα από τις επεμβάσεις με τα διάφορα σκευάσματα.

Πίνακας 1. Ανάλυση διασποράς του παραγοντικού πειράματος που αφορά την επίδραση της τακτικής άρδευσης και της επέμβασης των διαφόρων σκευασμάτων στα βιομετρικά στοιχεία των φυτών ελιάς ποικιλίας Κορωνέϊκη.

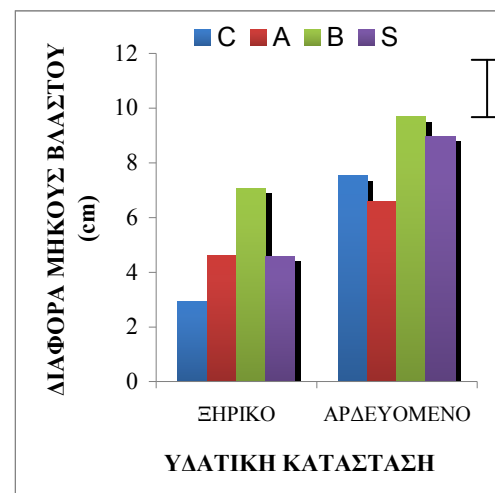
Παράμετρος	Τακτική Άρδευσης	Επέμβαση	Επέμβαση x Τακτική Άρδευσης
Μεταβολή πάχους κορμού	ns	ns	ns
Μεταβολή μήκους βλαστού	$p < 0,05$	ns	ns
Μεταβολή ύψους φυτού	$p < 0,05$	ns	ns

Επεξηγήσεις: p, πιθανότητα – ns, μη στατιστικά σημαντική επίδραση – x, υποδηλώνει αλληλεπίδραση.

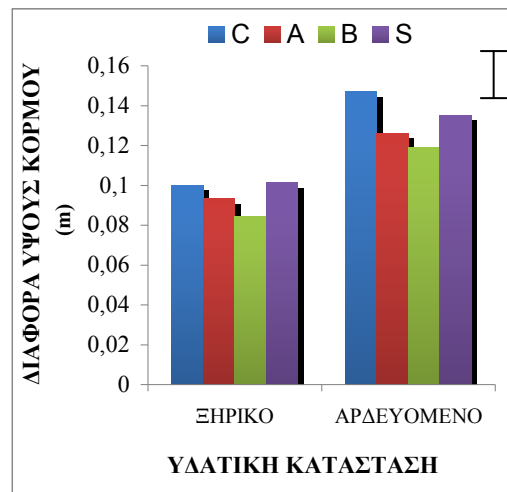
Στο Σχεδιάγραμμα 1 μπορούμε να δούμε ότι η αύξηση του μήκους των βλαστών και η αύξηση του ύψους των φυτών είναι σημαντικά υψηλότερη στα αρδευόμενα φυτά (Σχέδιο β και γ). Αντίθετα δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων με τα διάφορα σκευάσματα. Βέβαια, η εφαρμογή του σκευάσματος BlueStim WP στα αρδευόμενα φυτά φαίνεται να επέδρασε σε κάποιο βαθμό βοηθητικά στην ανάπτυξη των φυτών (αύξηση του μήκους των βλαστών).



α



β



γ

Σχεδιάγραμμα 1. Επίδραση της τακτικής άρδευσης και των επεμβάσεων με σκευάσματα, στα βιομετρικά χαρακτηριστικά των φυτών ελιάς, ποικιλίας Κορωνέϊκη. Οι κάθετες μπάρες είναι το τυπικό σφάλμα της ανάλυσης διασποράς.

3.3 Χαρακτηριστικά Φύλλων

Σχεδιάγραμμα 27. Επίδραση της τακτικής άρδευσης και των επεμβάσεων με σκευάσματα, στη συγκέντρωση των σακχάρων στα φύλλα της ελιάς ποικιλίας Χονδρολιά Χαλκιδικής, κατά την περίοδο της υδατικής καταπόνησης. Οι κάθετες μπάρες είναι το τυπικό σφάλμα της ανάλυσης διασποράς.

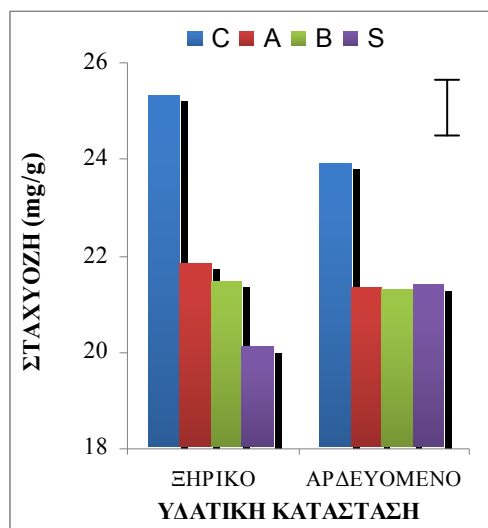
Σύμφωνα με τον Πίνακα 39, την περίοδο ανακούφισης, η συγκέντρωση της σακχαρόζης επηρεάστηκε από την τακτική άρδευσης, η συγκέντρωση της σταχυόζης από την εφαρμογή των σκευασμάτων και η συγκέντρωση της φρουκτόζης τόσο από την τακτική άρδευσης όσο και από την εφαρμογή των διαφόρων σκευασμάτων.

Πίνακας 39. Ανάλυση διασποράς του παραγοντικού πειράματος που αφορά την επίδραση της τακτικής άρδευσης και των διαφόρων σκευασμάτων στη συγκέντρωση των σακχάρων στα φύλλα της ελιάς ποικιλίας Χονδρολιά Χαλκιδικής, κατά την περίοδο ανακούφισης.

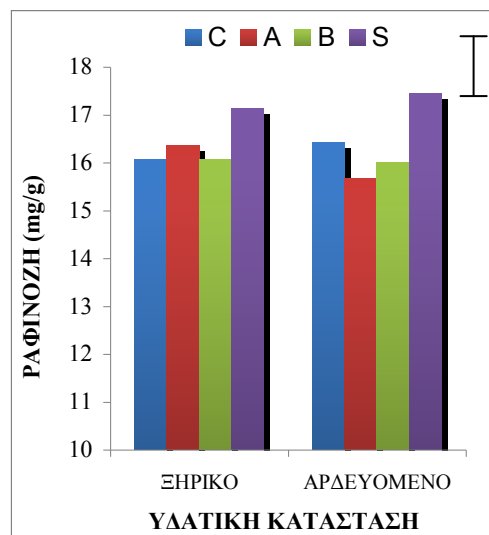
Παράμετρος	Τακτική Άρδευσης	Επέμβαση	Επέμβαση x Τακτική Άρδευσης
ΣΤΑΧΥΟΖΗ	ns	p < 0,05	ns
ΡΑΦΙΝΟΖΗ	ns	ns	ns
ΣΑΚΧΑΡΟΖΗ	p < 0,05	ns	ns
ΓΛΥΚΟΖΗ	ns	ns	ns
ΦΡΟΥΚΤΟΖΗ	p < 0,05	p < 0,01	ns
MANNITΟΛΗ	ns	ns	ns

Επεξηγήσεις: p, πιθανότητα – ns, μη στατιστικά σημαντική επίδραση – x, υποδηλώνει αλληλεπίδραση.

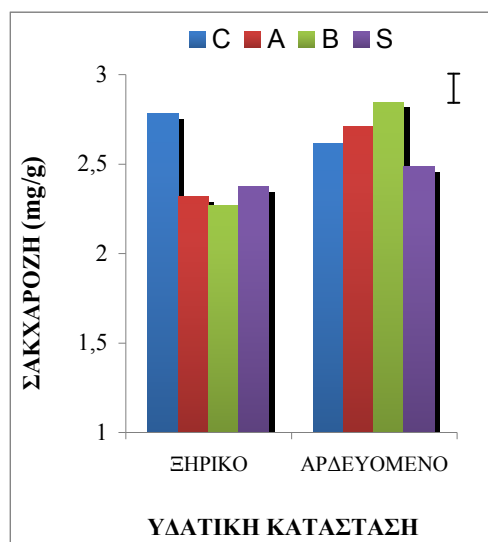
Στο Σχεδιάγραμμα 28, βλέπουμε ότι η συγκέντρωση της σταχυόζης είναι στατιστικά σημαντικά υψηλότερη για το μάρτυρα τόσο για τα αρδευόμενα όσο και για τα υδατικά καταπονημένα φυτά (Σχέδιο 28α). Επίσης παρατηρούμε ότι η συγκέντρωση της σακχαρόζης είναι στατιστικά σημαντικά υψηλότερη για τα αρδευόμενα φυτά (Σχέδιο 28γ). Τέλος, η συγκέντρωση της φρουκτόζης είναι στατιστικά σημαντικά αυξημένη για τα αρδευόμενα φυτά, ενώ από τις επεμβάσεις η υψηλότερη συγκέντρωση παρατηρείται για τους μάρτυρες (Σχέδιο 28ε).



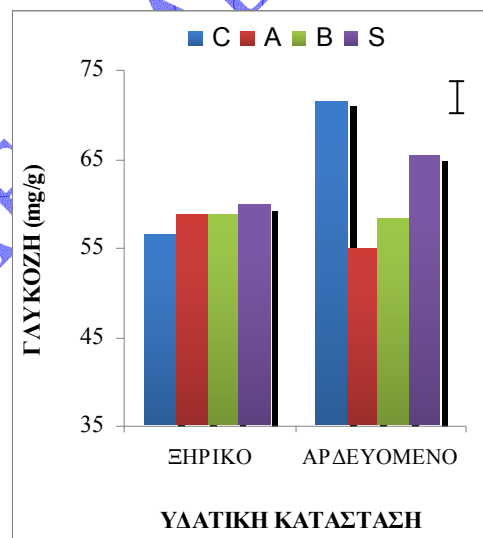
α



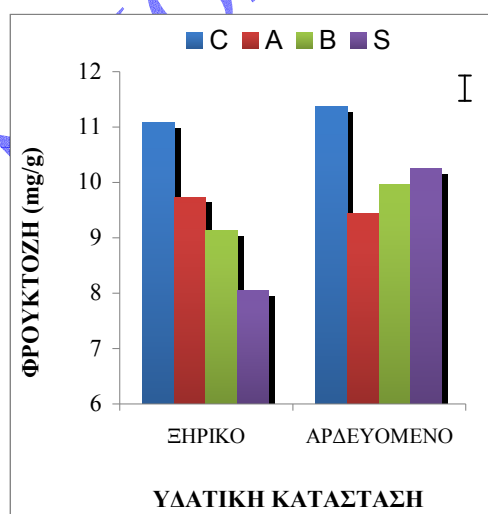
β



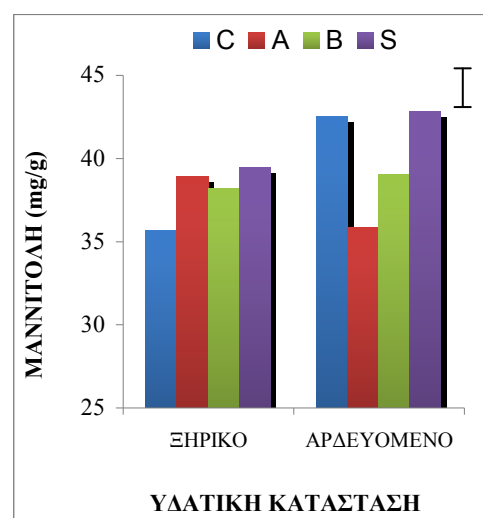
γ



δ



ε



στ

Σχεδιάγραμμα 28. Επίδραση της τακτικής άρδευσης και των επεμβάσεων με σκευάσματα, στη συγκέντρωση των σακχάρων στα φύλλα της ελιάς ποικιλίας Χονδρολιά Χαλκιδικής, κατά την περίοδο ανακούφισης. Οι κάθετες μπάρες είναι το τυπικό σφάλμα της ανάλυσης διασποράς.

3.16 Άμυλο

Σύμφωνα με τον Πίνακα 40 παρατηρούμε ότι καμιά από τις επεμβάσεις δεν επηρεάζει στατιστικά σημαντικά τη συγκέντρωση του αμύλου, την περίοδο πριν την έναρξη της υδατικής καταπόνησης.

Πίνακας 40. Επίδραση των διαφόρων σκευασμάτων στη συγκέντρωση του αμύλου στα φύλλα της ελιάς ποικιλίας Χονδρολιά Χαλκιδικής, πριν την έναρξη της υδατικής καταπόνησης.

Επέμβαση	ΑΜΥΛΟ (mg/g)
C	1,74 a
A	1,63 a
B	1,75 a
S	1,74 a

Επεξηγήσεις: Μέσοι εντός της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με τη δοκιμασία του Tukey HSD σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$.

Στον Πίνακα 41, παρατηρούμε ότι τόσο κατά την περίοδο της υδατικής καταπόνησης S(1), όσο και κατά την περίοδο της ανακούφισης S(2) η τακτική άρδευσης ή η εφαρμογή των διαφόρων σκευασμάτων δεν επηρεάζουν στατιστικά σημαντικά τη συγκέντρωση του αμύλου.

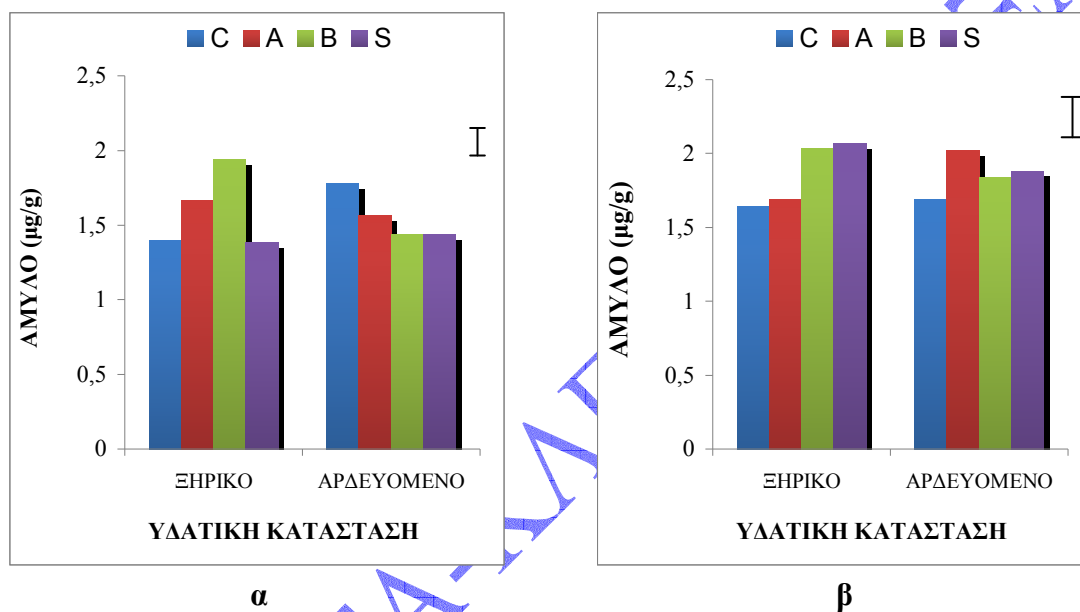
Πίνακας 41. Ανάλυση διασποράς του παραγοντικού πειράματος που αφορά την επίδραση της τακτικής άρδευσης και των διαφόρων σκευασμάτων στη συγκέντρωση του αμύλου στα φύλλα της ελιάς ποικιλίας Χονδρολιά Χαλκιδικής, κατά την περίοδο της υδατικής καταπόνησης S(1) και κατά την περίοδο ανακούφισης S(2).

Δειγματοληψία	Τακτική Άρδευσης	Επέμβαση	Επέμβαση x Τακτική Άρδευσης
---------------	------------------	----------	--------------------------------

S(1)	ns	ns	ns
S(2)	ns	ns	ns

Επεξηγήσεις: ns, μη στατιστικά σημαντική επίδραση – x, υποδηλώνει αλληλεπίδραση.

Στο Σχεδιάγραμμα 29, παρατηρούμε ότι η συγκέντρωση του αμύλου δεν επηρεάζεται από την τακτική άρδευσης ή την εφαρμογή των διαφόρων σκευασμάτων (Σχέδιο 29α και Σχέδιο 29β).



Σχεδιάγραμμα 29. Επίδραση της τακτικής άρδευσης και των επεμβάσεων με σκευάσματα, στη συγκέντρωση του αμύλου στα φύλλα της ελιάς ποικιλίας Χονδρολιά Χαλκιδικής, κατά τις δειγματοληψίες S(1), (α) και S(2), (β). Οι κάθετες μπάρες είναι το τυπικό σφάλμα της ανάλυσης διασποράς.

3.17 Προλίνη

Σύμφωνα με τον Πίνακα 42 βλέπουμε ότι πριν την έναρξη της υδατικής καταπόνησης, η εφαρμογή των σκευασμάτων BlueStim WP και Surround WP επηρεάζει στατιστικά σημαντικά τη συγκέντρωση της προλίνης, σε σχέση με το μάρτυρα, αφού παρατηρούμε υψηλότερες συγκεντρώσεις προλίνης για τα φυτά που ψεκάστηκαν με αυτά τα σκευάσματα.

Πίνακας 42. Επίδραση των διαφόρων σκευασμάτων στη συγκέντρωση της προλίνης στα φύλλα της ελιάς ποικιλίας Χονδρολιά Χαλκιδικής, πριν την έναρξη της υδατικής καταπόνησης.

Επέμβαση	ΠΡΟΛΙΝΗ (μg/g)
C	136,45 a
A	166,76 ab
B	177,03 b
S	191,45 b

Επεξηγήσεις: Μέσοι εντός της ίδιας στήλης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με τη δοκιμασία του Tukey HSD σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$.

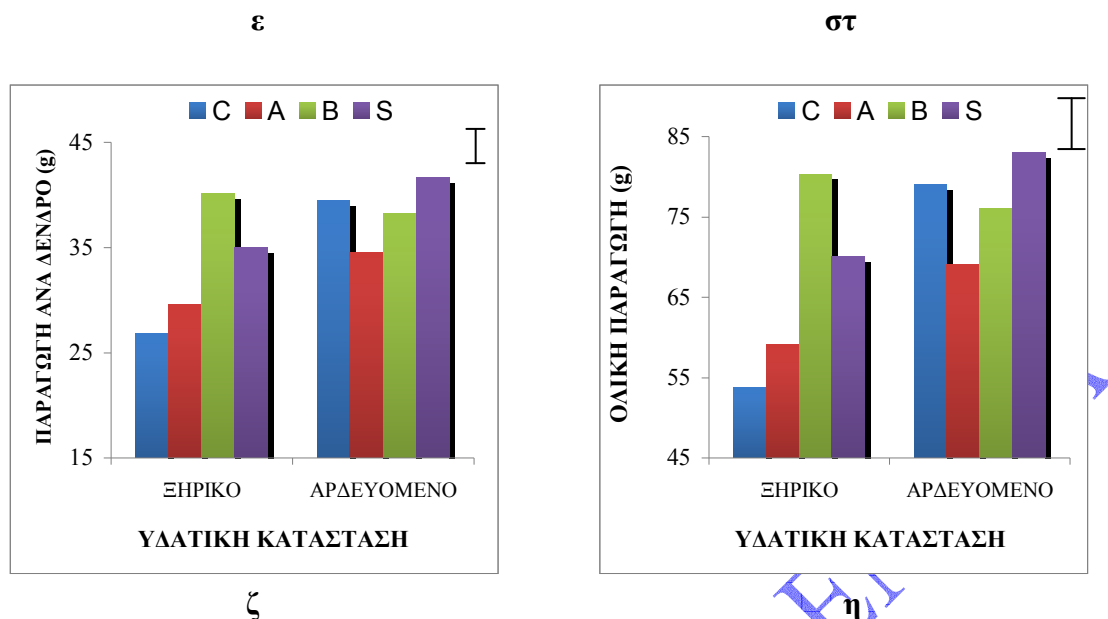
Ο Πίνακας 43, δείχνει ότι την περίοδο της υδατικής καταπόνησης (S1) και την περίοδο ανακούφισης (S2) ούτε η τακτική άρδευσης, ούτε η εφαρμογή των διαφόρων σκευασμάτων επηρεάζουν σημαντικά τη συγκέντρωση της προλίνης.

Πίνακας 43. Ανάλυση διασποράς του παραγοντικού πειράματος που αφορά την επίδραση της υδατικής καταπόνησης και των διαφόρων σκευασμάτων στη συγκέντρωση της προλίνης στα φύλλα της ελιάς ποικιλίας Χονδρολιά Χαλκιδικής, κατά την περίοδο της υδατικής καταπόνησης S(1) και κατά την περίοδο ανακούφισης S(2).

Δειγματοληψία	Τακτική Άρδευσης	Επέμβαση	Επέμβαση x Τακτική Άρδευσης
S(1)	ns	ns	ns
S(2)	ns	ns	ns

Επεξηγήσεις: ns, μη στατιστικά σημαντική επίδραση – x, υποδηλώνει αλληλεπίδραση.

Στο Σχεδιάγραμμα 30, παρατηρούμε ότι κατά την περίοδο της υδατικής καταπόνησης S(1) η συγκέντρωση της προλίνης δεν επηρεάζεται από την τακτική άρδευσης ή την εφαρμογή των διαφορών σκευασμάτων (Σχέδιο30α). Βέβαια, τα υδατικά καταπονημένα φυτά παρουσιάζουν λίγο υψηλότερη συγκέντρωση προλίνης κατά τη φάση της καταπόνησης S(1), (Σχέδιο30α). Όσον αφορά τη συγκέντρωση της προλίνης κατά την περίοδο ανακούφισης βλέπουμε ότι πάλι δεν επηρεάζεται από την τακτική άρδευσης ή την εφαρμογή των διαφορών σκευασμάτων (Σχέδιο30β). Παρατηρούμε όμως ότι η συγκέντρωση της προλίνης είναι μειωμένη για τα υδατικά καταπονημένα φυτά που δέχτηκαν ψεκασμό με το σκεύασμα BlueStim WP (Σχέδιο30β).



Σχεδιάγραμμα 34. Επίδραση της τακτικής άρδευσης και των επεμβάσεων με σκευάσματα, στην παραγωγή και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του καρπού της ελιάς ποικιλίας Χονδρολιά Χαλκιδικής. Οι κάθετες μπάρες είναι το τυπικό σφάλμα της ανάλυσης διασποράς.

3.20 Θερμοκρασία φύλλων

Ο Πίνακας 47, δείχνει ότι η τακτική άρδευσης και η εφαρμογή των διαφόρων σκευασμάτων επηρεάζει σημαντικά τη θερμοκρασία των φύλλων για την ποικιλία “Χονδρολιά Χαλκιδικής”. Αντιθέτως, η θερμοκρασία των φύλλων για την ποικιλία “Κορωνέικη” επηρεάζεται σημαντικά μόνο από την τακτική άρδευσης.

Πίνακας 47. Ανάλυση διασποράς του παραγοντικού πειράματος που αφορά την επίδραση της τακτικής άρδευσης και των διαφόρων σκευασμάτων στη θερμοκρασία των φύλλων για την ποικιλία Κορωνέικη και για την ποικιλία Χονδρολιά Χαλκιδικής.

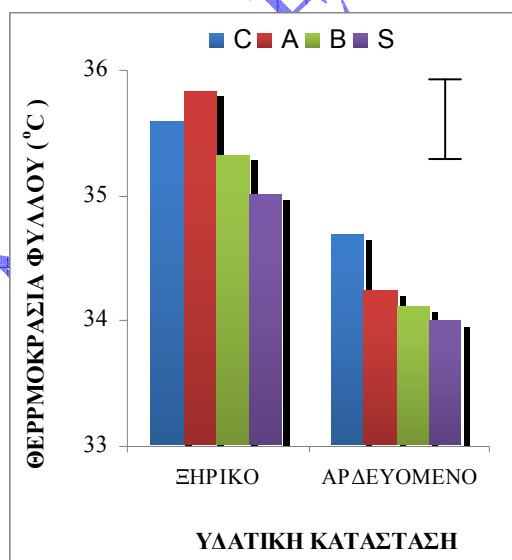
Παράμετρος	Τακτική Άρδευσης	Επέμβαση	Επέμβαση x Τακτική Άρδευσης
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΦΥΛΛΟΥ KR	$p < 0,05$	ns	ns
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΦΥΛΛΟΥ CC	$p < 0,05$	$p < 0,001$	ns

Επεξηγήσεις: ns, μη στατιστικά σημαντική επίδραση – x, υποδηλώνει αλληλεπίδραση.

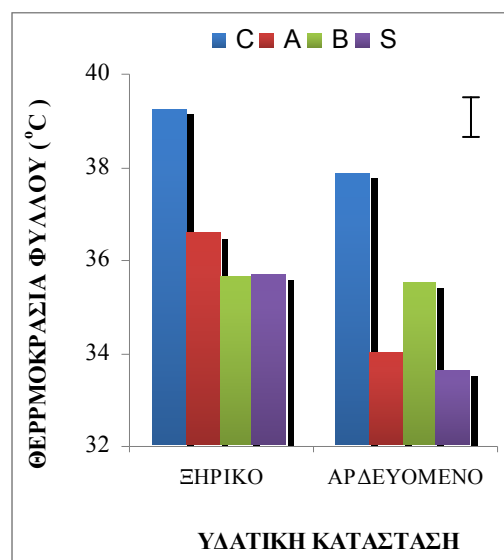
Η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας όταν ελήφθησαν οι μετρήσεις ήταν 36° C.

Στο Σχεδιάγραμμα 35, βλέπουμε ότι η θερμοκρασία των φύλλων είναι υψηλότερη για τα υδατικά καταπονημένα φυτά και για τις δύο ποικιλίες (Σχέδιο 35α και Σχέδιο 35β, αντίστοιχα). Επιπλέον, στην ποικιλία “Χονδρολιά Χαλκιδικής” η υψηλότερη θερμοκρασία φύλλων παρατηρείται για τους μάρτυρες, ανεξαρτήτως τακτικής άρδευσης (Σχέδιο 35β).

Ωστόσο μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι και για τις δύο ποικιλίες, ανεξαρτήτως τακτικής άρδευσης, η εφαρμογή του σκευάσματος Supround WP παρουσιάζει τη χαμηλότερη θερμοκρασία φύλλου, ενώ αντίστοιχα ο μάρτυρας παρουσιάζει την υψηλότερη θερμοκρασία φύλλου. Επιπλέον, υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης η θερμοκρασία του φύλλου της ποικιλίας “Χονδρολιά Χαλκιδικής” είναι υψηλότερη από αυτή της “Κορωνέικης”, ειδικά όσον αφορά το μάρτυρα.



α



β

Σχεδιάγραμμα 35. Επίδραση της τακτικής άρδευσης και των επεμβάσεων με σκευάσματα, στη θερμοκρασία των φύλλων στην ελιά ποικιλίας Κορωνέϊκη (α) και στην ελιά ποικιλίας Χονδρολιά Χαλκιδικής (β). Οι κάθετες μπάρες είναι το τυπικό σφάλμα της ανάλυσης διασποράς.

ΝΙΚΟΛΕΤΑ-ΚΛΕΙΩ ΔΕΝΑΞΕΑ

Συζήτηση

4.1 Βιομετρικά χαρακτηριστικά-Παραγωγή-Έκπτυξη οφθαλμών

Είναι γενικά αποδεκτό ότι η άρδευση οδηγεί σε αύξηση της παραγωγής και της ποιότητας των παραγόμενων καρπών. Επίσης έχει βρεθεί ότι η διαθεσιμότητα του νερού βοηθάει στην αύξηση των βλαστών, στην ανθοφορία, στην καρπόδεση, στην παραγωγή καρπών και λαδιού στην ελιά (Grattan et al., 2006; Ahmed et al., 2007) και τέλος μειώνει την καρπόπτωση και την παρενιανθοφορία (Ahmed et al., 2007). Όσον αφορά το ρυθμό ανάπτυξης των φυτών έχει παρατηρηθεί ότι η υδατική καταπόνηση προκαλεί αναστολή αυτού (Sun et al., 1995; Moriana and Orgaz, 2003; Flexas et al., 2005; Grattan et al., 2006; Bacelar et al., 2007a; Pérez-López et al., 2007; Susiluoto and Berninger, 2007; Teixeira and Pereira, 2007) καθώς επηρεάζει το μεταβολισμό, τη φυσιολογία και τη μορφολογία των φυτών (Sun et al., 1995).

Έτσι βλέπουμε ότι τα αποτελέσματα του πειράματος μας είναι σύμφωνα με αυτά των παραπάνω ερευνητών μιας και βρέθηκε ότι η άρδευση οδήγησε σε αύξηση του μήκους των βλαστών και του ύψους των φυτών για την ποικιλία “Κορωνέικη”, καθώς και αύξηση μόνο του πάχους του κορμού για την ποικιλία “Χονδρολία Χαλκιδικής”. Αυτό συμβαίνει γιατί όταν δεν υπάρχει έλλειψη νερού, τα φυτά καταναλώνουν μεγάλο μέρος των φωτοσυνθετικά παραγόμενων προϊόντων για την παραγωγή νέων ιστών και για την επέκταση των φωτοσυνθετικών τους οργάνων, με στόχο την καλύτερη αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτή η διαδικασία έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της φυτομάζας (υπέργειου και υπόγειου τμήματος των φυτών).

Επίσης στην ποικιλία “Χονδρολία Χαλκιδικής” παρατηρήθηκε ότι η μεγαλύτερη αύξηση του πάχους του κορμού έλαβε χώρα για τα αρδευόμενα φυτά όταν αυτά δέχτηκαν την εφαρμογή του σκευάσματος Ambiol, ενώ για τα ξηρικά φυτά όταν δέχτηκαν την εφαρμογή του σκευάσματος Surround WP. Η αύξηση του πάχους του κορμού για το Ambiol μπορεί να αποδοθεί στο γεγονός ότι το σκεύασμα αυτό δρα ως προωθητικός παράγοντας για την ανάπτυξη των φυτών, καθώς μεταβάλει την

ορμονική ισορροπία, (Kirillova et al., 2003; Rajasekaran et al., 2005) αυξάνοντας τη συγκέντρωση των αυξινών και των κυτοκινινών, ενώ μειώνει τη συγκέντρωση του ABA (Kirillova et al., 2003). Όσον αφορά το σκεύασμα Surround WP βρέθηκε να είναι πιο αποτελεσματικό για την ανάπτυξη των υδατικά καταπονημένων φυτών, γιατί έχει την ικανότητα να ανακλά μέρος της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, με συνέπεια να παρατηρείται μείωση της θερμοκρασίας του φύλλου, η οποία μπορεί να είναι σημαντική κατά τους καλοκαιρινούς μήνες σε ένα μεσογειακού τύπου οικοσύστημα, με αποτέλεσμα να μη λαμβάνει χώρα ισχυρή φωτοπαρεμπόδιση και να δύναται η διατήρηση του φωτοσυνθετικού ρυθμού σε ικανοποιητικά επίπεδα ακόμα και υπό μη ευνοϊκές συνθήκες.

Όσον αφορά την έκπτυξη των ξυλοφόρων και ανθοφόρων οφθαλμών και για τις δύο μελετούμενες ποικιλίες, παρατηρούμε ότι είναι πρωιμότερη για τα υδατικά καταπονημένα φυτά και κυρίως για αυτά που δέχτηκαν την εφαρμογή του σκευάσματος BlueStim WP. Το σκεύασμα BlueStim WP είναι γνωστό ότι βελτιώνει το φωτοσυνθετικό ρυθμό υπό συνθήκες έλλειψης νερού σε σχέση με το μάρτυρα (Ashraf and Foolad, 2006; Ma et al., 2006; Zhao et al., 2007), όπως άλλωστε φάνηκε και στο παρόν πείραμα. Άρα έχουμε παραγωγή περισσότερων φωτοσυνθετικών προϊόντων σε σχέση με τα άλλα σκεύασμα, κάτι που ίσως συνεπάγεται καλύτερη θρέψη των οφθαλμών που πιθανόν να επηρεάζει το χρόνο έκπτυξης αυτών.

Στην ποικιλία “Κορωνέικη”, βλέπουμε ότι η εφαρμογή του σκευάσματος BlueStim WP αύξησε το ποσοστό των ατελών ανθέων και αντίστοιχα μείωσε το ποσοστό καρπόδεσης, χωρίς βέβαια οι μεταβολές αυτές να είναι στατιστικά σημαντικές. Επιπλέον, μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι το ποσοστό των ατελών ανθέων είναι μεγαλύτερο στα αρδευόμενα φυτά. Αυτή η κατάσταση μπορεί να αποδοθεί στο γεγονός ότι τα αρδευόμενα φυτά είχαν μεγαλύτερο αριθμό ανθέων (τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζονται), κατά συνέπεια ίσως να υπήρξε μεγαλύτερος ανταγωνισμός μεταξύ των οφθαλμών για τα πεπερασμένα τροφικά αποθέματα με αποτέλεσμα την αύξηση του ποσοστού των ατελών ανθέων. Βέβαια δεν θα πρέπει να ξεχνάμε ότι στην ελιά, ανεξαρτήτως του αριθμού των ανθέων που μπορεί να φέρει ένα δένδρο, η καρπόδεση δεν ξεπερνάει το ποσοστό της τάξεως του 5% (Bongi and Palliotti, 1994). Έτσι ανεξαρτήτως του ποσοστού των ατελών ανθέων που έφεραν τα φυτά η καρπόδεση δεν επηρεάστηκε. Στην ποικιλία “Χονδρολιά Χαλκιδικής”, το ποσοστό των ατελών ανθέων είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο για τα ξηρικά φυτά, κάτι το οποίο είναι σύμφωνο με τη βιβλιογραφία, καθώς και άλλοι ερευνητές

από τους βιοχημικούς παράγοντες. Συνεπώς, η μη στοματική παρεμπόδιση είναι μεγαλύτερη από τη στοματική και αντιστοιχεί στα 2/3 των συνολικών παρεμποδιστικών μηχανισμών, υπό συνθήκες έντονης υδατικής καταπόνησης (Galmés et al., 2007a).

Επίσης, βλέπουμε ότι η εφαρμογή των σκευασμάτων BlueStim WP και Surround WP, κατά τη διάρκεια της υδατικής καταπόνησης, βοήθησε τα φυτά να διατηρήσουν το φωτοσυνθετικό τους ρυθμό σε υψηλότερα επίπεδα εν συγκρίσει με το μάρτυρα. Συνεπώς, μπορούμε να υποθέσουμε ότι τα σκευάσματα αυτά προστάτευσαν σε κάποιο βαθμό το φωτοσυνθετικό μηχανισμό. Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι το σκεύασμα Surround WP έδρασε περισσότερο βοηθητικά για την ποικιλία “Χονδρολιά Χαλκιδικής”, πιθανόν λόγω του ότι το φύλλο της ποικιλίας αυτής είναι μεγαλύτερο σε διαστάσεις συγκριτικά με της ποικιλίας “Κορώνέικη”. Τα μεγάλης διαστάσεως φύλλα δέχονται μεγαλύτερα φορτία ηλιακής ακτινοβολίας και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να παρουσιάζουν υψηλότερη θερμοκρασία ανά μονάδα επιφανείας σε σχέση με τα μικρότερα φύλλα. Η κάλυψη των φύλλων αυτών με σωματίδια καολινίτη οδηγεί σε μεγαλύτερη μείωση της θερμοκρασίας του φύλλου σε σχέση με την κάλυψη μικρότερων διαστάσεων φύλλων. Το αποτέλεσμα της μείωσης αυτής είναι η αντίστοιχη αύξηση του φωτοσυνθετικού ρυθμού (A) σε σχέση με το φωτοσυνθετικό ρυθμό των ακάλυπτων φύλλων, η οποία αναλογικά είναι μεγαλύτερη στα μεγαλύτερης διαστάσεως φύλλα. Η διαφορά στη θερμοκρασία των φύλλων και των δύο ποικιλιών ελιάς φαίνεται και στο Σχεδιάγραμμα 35.

Επιπλέον, η αυξημένη συγκέντρωση του ενδοκυτταρικού διοξειδίου του άνθρακα (Ci), σε συνδυασμό με τη μείωση του ρυθμού αφομοίωσης του διοξειδίου του άνθρακα και της στοματικής αγωγιμότητας, αποδεικνύει ότι η μειωμένη διαθεσιμότητα νερού παρεμπόδισε τη διαδικασία της καρβοξυλίωσης (Rajasekaran et al., 1999; Rouhi et al., 2007). Επομένως, η μείωση του φωτοσυνθετικού ρυθμού στα ξηρικά φυτά του πειράματός μας, ίσως να μπορεί να αποδοθεί και σε παρεμπόδιση της καρβοξυλίωσης.

Το κλείσιμο των στοματίων έχει ως στόχο τον περιορισμό της απώλειας ύδατος που τελικά οδηγεί σε μείωση της στοματικής αγωγιμότητας (Giorio et al., 1999; Connor, 2005; Ahmed et al., 2007; Rousseaux et al., 2007; Rouhi et al., 2007). Η στοματική αγωγιμότητα ακολουθεί την ίδια πορεία μείωσης όπως και ο φωτοσυνθετικός ρυθμός και υπό συνθήκες παρατεταμένης ξηρασίας μπορεί να φτάσει για τα ελαιόδενδρα σε τιμές κάτω από $20 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ έως και σχεδόν

μηδενικές (Connor, 2005). Επίσης, η μειωμένη στοματική αγωγιμότητα επιτρέπει στα υδατικά καταπονημένα φυτά να διαπνέουν λιγότερο, με αποτέλεσμα η περιεκτικότητα των φύλλων σε νερό να παραμένει όσο το δυνατόν υψηλότερη (Edwards and Dixon, 1995; Eamus and Shanahan, 2002; Ahmed et al., 2007).

Όσον αφορά την άμεση αποτελεσματικότητα της χρήσης του νερού (WUEi) και για τις δύο ποικιλίες, μειώθηκε για τα υδατικά καταπονημένα φυτά, ενώ η τιμή του βρέθηκε να είναι στατιστικά σημαντικά υψηλότερη για τις επεμβάσεις με τα σκεύασμα Ambiol και BlueStim WP συγκριτικά με το μάρτυρα, ανεξαρτήτως της τακτικής άρδευσης στην ποικιλία Κορωνέικη. Τα αποτελέσματα αυτά είναι αντίθετα εν συγκρίσει με αυτά των Bacelar et al. (2007a) και Rouhi et al. (2007) όπου βρέθηκε ότι το WUEi αυξάνεται για τα υδατικά καταπονημένα φυτά. Η μείωση αυτή για τα υδατικά καταπονημένα φυτά, μπορεί να αποδοθεί στο γεγονός, ότι η μείωση της φωτοσύνθεσης είναι πολύ μεγαλύτερη σε σχέση με τη μείωση της στοματικής αγωγιμότητας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το WUEi το οποίο υπολογίζεται ως ο λόγος της φωτοσύνθεσης προς τη στοματική αγωγιμότητα να μειώνεται, συνεπώς η τιμή του να είναι μεγαλύτερη για τα αρδευόμενα φυτά.

Επιπλέον, βρέθηκε ότι κατά τη διάρκεια της περιόδου ανακούφισης για τα υδατικά καταπονημένα φυτά της ποικιλίας “Κορωνέικης” ο φωτοσυνθετικός ρυθμός και η στοματική αγωγιμότητα επανήλθαν εν μέρει στη φυσιολογική τους κατάσταση. Βέβαια, η συγκέντρωση του ενδοκυτταρικού διοξειδίου του άνθρακα (Ci) παρέμεινε υψηλή για τα ξηρικά φυτά κάτι που αποδεικνύει ότι η επαναφορά της φωτοσύνθεσης στα φυσιολογικά επίπεδα οφείλεται κυρίως στο άνοιγμα των στοματίων ή στην επαναφορά της αγωγιμότητας του μεσοφύλλου και όχι στην επαναφορά της διαδικασίας της καρβοξυλίωσης (δεν καταναλώνεται διοξείδιο του άνθρακα, συνεπώς δεν επανέρχεται πλήρως ο ρυθμός καρβοξυλίωσης).

Όσον αφορά την ποικιλία “Χονδρολία Χαλκιδικής” κατά την περίοδο της ανακούφισης, βλέπουμε ότι η στοματική αγωγιμότητα είναι μειωμένη για το σκεύασμα Ambiol σε σχέση με τις άλλες επεμβάσεις. Αυτό δείχνει ότι η στοματική αγωγιμότητα δεν επανήλθε ή καθυστέρησε να επανέλθει στην αρχική της κατάσταση. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στο γεγονός ότι το σκεύασμα Ambiol ως αντιδιαπνευστικός παράγοντας παρατείνει το κλείσιμο των στοματίων (Matovina and Blake, 2001; Islam et al., 2003; Rajasekaran et al., 2005). Επίσης, βρέθηκε ότι η αντίσταση των στοματίων είναι μεγαλύτερη για τα φυτά που δέχτηκαν επέμβαση με Ambiol. Αυτό

αποδεικνύει πάλι ότι το σκεύασμα Ambiol παρέτεινε το κλείσιμο των στοματίων παρεμποδίζοντας την απώλεια ύδατος μέσω της λειτουργίας της διαπνοής.

4.3 Χαρακτηριστικά φύλλων

Κατά τη διάρκεια που έλαβε χώρα η υδατική καταπόνηση και για τις δύο ποικιλίες βρέθηκε ότι το υδατικό έλλειμα κορεσμού (WSD) και η φυλλική πυκνότητα (LTD) είναι στατιστικά σημαντικά υψηλότερα για τα υδατικά καταπονημένα φυτά. Αντίθετα, η σχετική περιεκτικότητα των φύλλων σε νερό (RWC), η περιεκτικότητα των φύλλων σε νερό (WC), το περιεχόμενο σε νερό υπό κορεσμό (WCS) και η ενυδάτωση των φύλλων (SUC) έχουν στατιστικά σημαντικά υψηλότερη τιμή για τα αρδευόμενα φυτά. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας των Bacelar et al. (2007). Επίσης, βρέθηκε ότι το WC είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο για τις επεμβάσεις με τα σκευάσματα Ambiol και Surround WP. Επιπλέον, η φυλλική πυκνότητα (LTD) έχει στατιστικά σημαντικά υψηλές τιμές για το μάρτυρα (κυρίως το ξηρικό) και για την επέμβαση με το σκεύασμα BlueStim WP.

Το υδατικό έλλειμα κορεσμού (WSD) είναι αυξημένο στα υδατικά καταπονημένα φυτά γιατί τα φύλλα των φυτών αυτών έχουν μεγαλύτερες υδατικές απαιτήσεις για να φτάσουν σε κορεσμό. Σύμφωνα με τους Bacelar et al. (2004) το WSD θα πρέπει να έχει τιμές γύρω στο 8% για να μην παρεμποδιστεί η αφομοίωση του CO₂ και η διαπνοή, καθώς επίσης και τιμές μεγαλύτερες από 17% για να μη λάβει χώρα κλείσιμο των στοματίων. Λαμβάνοντας υπόψη τις τιμές του WSD κατανοούμε ότι κατά τη διάρκεια της υδατικής καταπόνησης έλαβε χώρα κλείσιμο των στοματίων, χωρίς όμως να παρεμποδιστεί η αφομοίωση του CO₂. Συνεπώς, η παρατηρούμενη μείωση του ρυθμού αφομοίωσης του διοξειδίου του άνθρακα στα ξηρικά φυτά, μπορεί να αποδοθεί εν μέρει και σε άλλους παράγοντες, μη στοματικούς, εκτός του κλεισίματος των στοματίων, σε παρεμπόδιση της καρβοξυλίωσης όπως φάνηκε στην προηγούμενη ενότητα.

Η υδατική καταπόνηση έχει ως αποτέλεσμα να μειωθεί η εδαφική υγρασία και σε συνδυασμό με τις υψηλές θερμοκρασίες και τη σχετικά μειωμένη ατμοσφαιρική υγρασία που επικρατούσαν τη περίοδο της διεξαγωγής του πειράματος, οδήγησαν με τη σειρά τους σε μειωμένο WC και RWC στα φύλλα των υδατικά καταπονημένων φυτών. Βέβαια η μείωση του RWC στα ξηρικά φυτά εξηγεί εν μέρει το μειωμένο

ρυθμό αφομοίωσης του διοξειδίου του άνθρακα (Giorio et al., 1999; Centritto et al., 2005; Galmés et al., 2007a). Όσον αφορά το μειωμένο WC στα φύλλα των υδατικά καταπονημένων φυτών σχετίζεται θετικά με τη μείωση του ρυθμού αφομοίωσης του διοξειδίου του άνθρακα, της στοματικής αγωγιμότητας και της διαπνοής (Ahmed et al., 2007). Επίσης, έχει βρεθεί ότι η υδατική καταπόνηση μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της φυλλικής πυκνότητας του φύλλου (LTD), μιας και λαμβάνει χώρα μείωση της κυτταρικής διαστολής και της δύναμης σπαργής, που τελικά οδηγεί στην ίδια ξηρή μάζα για μικρότερη φυλλική επιφάνεια (Bosabalidis and Kofidis, 2002; Bacelar et al., 2006).

Η αύξηση της τιμής της SUC για τα αρδευόμενα φυτά μπορεί να αποδοθεί στο γεγονός ότι τα φυτά που ποτίζονται κανονικά, για δεδομένη φυλλική επιφάνεια, έχουν μεγαλύτερο νωπό βάρος λόγω μεγαλύτερης συγκέντρωσης νερού, επομένως ο λόγος μέσω του οποίου υπολογίζεται η SUC αυξάνεται. Επιπλέον, η στατιστικά σημαντική τιμή της SUC (ποικιλία “Χονδρολιά Χαλκιδικής”) για το σκεύασμα Surround WP, μπορεί να αποδοθεί στο γεγονός ότι το σκεύασμα αυτό δύναται να μειώνει τη θερμοκρασία του φύλλου, συνεπώς μειώνεται η διαφορά του ελλείματος κορεσμού μεταξύ του φύλλου και της ατμόσφαιρας, που εν τέλει οδηγεί σε μείωση της διαπνοής, άρα μικρότερη απώλεια ύδατος και μεγαλύτερο νωπό βάρος έναντι των άλλων επεμβάσεων. Τέλος, όσον αφορά το περιεχόμενο σε νερό υπό κορεσμό (WCS) έχει βρεθεί ότι η τιμή του μειώνεται όσο αυξάνεται η υδατική καταπόνηση. Οι χαμηλές τιμές WCS που παρατηρούνται σε ορισμένα φυτά και στην ελιά, αποδεικνύουν ότι αυτά τα φυτικά είδη μπορούν να επιβιώσουν σε σχετικά ξηρικά περιβάλλοντα (Bacelar et al., 2006, 2007). Το γεγονός ότι από τα σκευάσματα το Ambiol και Surround WP έδωσαν στατιστικά μεγαλύτερες τιμές εν συγκρίσει με το μάρτυρα, δείχνει ότι τα φυτά αυτών των επεμβάσεων δεν είχαν τόσο μεγάλες απώλειες ύδατος (φαίνεται και από το WC), άρα καταπονήθηκαν λιγότερο συγκριτικά με το μάρτυρα.

Κατά την περίοδο της ανακούφισης, παρατηρούμε ότι στην ποικιλία “Κορωνέικη” η φυλλική πυκνότητα για τα ξηρικά φυτά που ψεκάστηκαν με τα διάφορα σκευάσματα έχει σχεδόν παρόμοιες τιμές με αυτές των αρδευόμενων φυτών. Αντιθέτως όμως, ο ξηρικός μάρτυρας έχει μεγαλύτερη φυλλική πυκνότητα, τόσο σε σχέση με τις άλλες ξηρικές επεμβάσεις, όσο και με τα αρδευόμενα φυτά. Από τα παραπάνω καταλαβαίνουμε ότι η εφαρμογή των διαφόρων σκευασμάτων, βοήθησε τα ανακούφισης μετά την υδατική καταπόνηση (Bacelar et al., 2006). Σύμφωνα με τους

Dichio et al. (2003), στα φύλλα της ελιάς από τα σάκχαρα κυρίως η μαννιτόλη είναι αυτή που έχει πρωταρχικό ρόλο στην οσμωρύθμιση, μειώνοντας το οσμωτικό δυναμικό των φύλλων. Αυτό συμβαίνει γιατί τα φυτά έχουν την ικανότητα να βιοσυνθέτουν το σάκχαρο αυτό και κατά τη διάρκεια της υδατικής καταπόνησης. Βέβαια, σε καμία περίπτωση δε θα πρέπει να υποβαθμίζουμε το ρόλο των υπόλοιπων σακχάρων, όσον αφορά την οσμωρύθμιση.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων για την ποικιλία “Κορωνέικη” κατά την περίοδο της υδατικής καταπόνησης, παρατηρούμε ότι η συγκέντρωση της ραφινόζης, της γλυκόζης και της φρουκτόζης είναι υψηλότερη για τα υδατικά καταπονημένα φυτά (κυρίως ο μάρτυρας) σε σχέση με τα αρδευόμενα φυτά, χωρίς όμως η αύξηση αυτή να είναι στατιστικά σημαντική. Όσον αφορά τη συγκέντρωση της σακχαρόζης βλέπουμε ότι επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά από την τακτική άρδευσης, ενώ η συγκέντρωση της μαννιτόλης φαίνεται να επηρεάζεται σημαντικά από τις διάφορες επεμβάσεις με τα σκευάσματα. Η υψηλότερη συγκέντρωση μαννιτόλης παρουσιάζεται για τα φυτά που δέχτηκαν την εφαρμογή του σκευάσματος BlueStim WP, πιθανόν λόγω διέγερσης του μεταβολισμού της ή παρεμπόδιση του καταβολισμού της από το σκεύασμα αυτό. Η αύξηση της συγκέντρωσης των σακχάρων και κυρίως της σακχαρόζης και της μαννιτόλης υπό συνθήκες καταπόνησης έχει παρατηρηθεί από πολλούς ερευνητές (Bongi and Palliotti, 1994; Hare et al., 1998; Dichio et al., 2003; Chartzoulakis et al., 2006; Ennajeh et al., 2006).

Είναι γνωστό ότι η σακχαρόζη είναι ένα εκ των σακχάρων που μπορεί το φυτό να μεταφέρει στους διάφορους ιστούς του (Webb and Burley, 1964; Roussos et al, 2005). Το γεγονός ότι η συγκέντρωση της σακχαρόζης είναι αυξημένη μόνο για το ξηρικό μάρτυρα, δείχνει ότι η εφαρμογή των διαφόρων σκευασμάτων έδρασε προστατευτικά για τα φυτά, με αποτέλεσμα να μη χρειαστεί να λάβει χώρα οσμωρύθμιση, επομένως και μεταφορά της σακχαρόζης από τα άλλα φυτικά όργανα στα φύλλα. Επίσης, παρατηρείται αύξηση της συγκέντρωσης της σταχυόζης και της γλυκόζης για τα ξηρικά φυτά που δέχτηκαν την εφαρμογή του σκευάσματος Ambiol, ενώ για τα αρδευόμενα φυτά η αύξηση της συγκέντρωσης παρουσιάζεται κυρίως για το μάρτυρα. Η αυξημένη συγκέντρωση της σταχυόζης και της γλυκόζης για το σκεύασμα Ambiol μπορεί να αποδοθεί στο γεγονός ότι ίσως το σκεύασμα αυτό να αυξάνει την ενεργότητα των ενζύμων galactinol synthase (GaS) και sucrose-phosphate synthase, τα οποία είναι κάποια από τα υπεύθυνα ένζυμα για τη βιοσύνθεση της σταχυόζης και της γλυκόζης αντίστοιχα (Madore et al., 1988;

Cunningham et al., 2003). Επίσης, το σκεύασμα αυτό μπορεί να προστατεύει το μηχανισμό της φωτοσύνθεσης ώστε να συνεχίσει να παράγεται γλυκόζη ή μπορεί να παρεμποδίζει την αποδόμηση αυτών των σακχάρων.

Τέλος, η συγκέντρωση όλων των σακχάρων παρουσιάζεται μειωμένη στα αρδευόμενα φυτά, που δέχτηκαν την εφαρμογή του σκευάσματος Surround WP. Η μείωση αυτή μπορεί να αποδοθεί στο γεγονός ότι για το σκεύασμα αυτό ο ρυθμός αφομοίωσης του διοξειδίου του άνθρακα είναι μειωμένος, λόγω της σκίασης των φυτικών ιστών από τα σωματίδια καολινίτη, άρα έχουμε παραγωγή λιγότερων φωτοσυνθετικών προϊόντων, συνεπώς μειωμένη συγκέντρωση σακχάρων. Βέβαια μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι στα φυτά που ψεκάστηκαν με το σκεύασμα αυτό, μειώθηκε η απώλεια ύδατος. Επομένως μπορούμε να υποθέσουμε ότι στα φυτά αυτά δεν αυξήθηκε η συγκέντρωση των σακχάρων τους εξαιτίας και του γεγονότος ότι δε χρειάστηκε να λάβει χώρα οσμωρύθμιση.

Όσον αφορά την ποικιλία “Χονδρολιά Χαλκιδικής”, παρατηρούμε ότι την περίοδο που έλαβε χώρα η υδατική καταπόνηση, η συγκέντρωση της σακχαρόζης και της φρουκτόζης επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά από την εφαρμογή των σκευασμάτων, ενώ η συγκέντρωση της μαννιτόλης επηρεάστηκε σημαντικά από την τακτική άρδευσης. Έτσι, η συγκέντρωση της σακχαρόζης είναι στατιστικά σημαντικά υψηλότερη για το ξηρικό μάρτυρα και για τα φυτά που ψεκάστηκαν με το σκεύασμα Surround WP. Η αύξηση της συγκέντρωσης της σακχαρόζης για το ξηρικό μάρτυρα μπορεί να οφείλεται στην αυξημένη βιοσύνθεση αυτής με στόχο την οσμωρύθμιση, σε συνδυασμό με την αύξηση της αποδόμησης του αμύλου (Bacelar et al., 2006), μιας και η συγκέντρωσή του για το ξηρικό μάρτυρα παρουσιάζεται μειωμένη εν συγκρίσει με τον αρδευόμενο μάρτυρα.

Επιπλέον, βλέπουμε ότι η συγκέντρωση της φρουκτόζης και της μαννιτόλης, είναι υψηλότερη για τα υδατικά καταπονημένα φυτά και κυρίως για το ξηρικό μάρτυρα. Η αύξηση αυτή των σακχάρων στα υδατικά καταπονημένα φυτά έχει ως στόχο την οσμωρύθμιση και επομένως τη διατήρηση του υδατικού δυναμικού των φυτών σε χαμηλά επίπεδα (Dichio et al., 2003; Sofo et al., 2004; Bacelar et al., 2006; Chartzoulakis et al., 2006; Ennajeh et al., 2006). Βέβαια, εκτός από την οσμωρύθμιση η αύξηση της συγκέντρωσης της μαννιτόλης στα ξηρικά φυτά, βοηθάει στη διατήρηση του μεταβολισμού των κυττάρων υπό συνθήκες καταπόνησης, πιθανόν μειώνοντας τη ζημιά που προκαλούν οι ελεύθερες ρίζες (ROS) (Chartzoulakis et al., 2006).

Κατά την περίοδο της ανακούφισης στην ποικιλία “Χονδρολιά Χαλκιδικής”, βλέπουμε ότι η συγκέντρωση της σταχυόζης είναι σημαντικά αυξημένη για το ξηρικό μάρτυρα ανεξαρτήτως τακτικής άρδευσης. Όσον αφορά τη συγκέντρωση της σακχαρόζης παρατηρούμε ότι είναι αυξημένη στα αρδευόμενα φυτά, ενώ η συγκέντρωση στο ξηρικό μάρτυρα παραμένει σε σχετικά υψηλά επίπεδα. Τέλος, η συγκέντρωση της φρουκτόζης είναι στατιστικά σημαντικά αυξημένη για τα αρδευόμενα φυτά, ενώ από τις επεμβάσεις η υψηλότερη συγκέντρωση παρατηρείται για τους μάρτυρες. Το γεγονός ότι η συγκέντρωση των σακχάρων παρέμεινε αυξημένη για τους ξηρικούς κυρίως μάρτυρες παρά την εφαρμογή των αρδεύσεων, δείχνει ότι το υδατικό δυναμικό των φυτών καθυστερεί να επανέλθει στην αρχική του κατάσταση. Γενικότερα όμως φαίνεται ότι τα φυτά μετά την άρδευση ανακουφίστηκαν, χωρίς όμως να έχουν επανέλθει πλήρως οι φυσιολογικοί τους μηχανισμοί στην αρχική τους κατάσταση.

Όσον αφορά τη συγκέντρωση του αμύλου δεν επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά από καμιά επέμβαση άρδευσης ή εφαρμογή σκευασμάτων και για τις δύο μελετούμενες ποικιλίες. Ωστόσο η συγκέντρωση του στην ποικιλία “Κορωνέϊκη” κατά τη διάρκεια της υδατικής καταπόνησης είναι υψηλότερη για τα υδατικά καταπονημένα φυτά (κυρίως στο μάρτυρα). Υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης, η σχετικά υψηλή συγκέντρωση του αμύλου στα φύλλα σε συνδυασμό με το μειωμένο φωτοσυνθετικό ρυθμό, αποτελεί ένδειξη ότι τα προϊόντα της φωτοσύνθεσης δε μεταφέρονται εκτός των φύλλων (Bacelar et al., 2006).

Έχει γενικά παρατηρηθεί ότι υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης, τόσο στην ελιά όσο και σε άλλα φυτικά είδη, αυξάνεται η συγκέντρωση της προλίνης (Chen and Murata, 2002; Sofu et al., 2004; Ennajeh et al., 2006; Teixeira and Pereira, 2007; Sircelj et al., 2007). Έτσι σύμφωνα με τις μετρήσεις μας, παρατηρούμε ότι στην ποικιλία “Χονδρολιά Χαλκιδικής”, πριν την έναρξη της υδατικής καταπόνησης η συγκέντρωση της προλίνης είναι στατιστικά σημαντικά υψηλότερη για τις επεμβάσεις με τα σκευάσματα Surround WP και BlueStim WP. Η αύξηση αυτή πιθανότατα να προκαλείται από τα σκευάσματα, χωρίς όμως να γνωρίζουμε την αιτία. Επίσης, κατά την περίοδο της υδατικής καταπόνησης στην ποικιλία ελιάς “Κορωνέϊκη”, η συγκέντρωση της προλίνης είναι στατιστικά σημαντικά αυξημένη για τα υδατικά καταπονημένα φυτά. Όσον αφορά την ποικιλία “Χονδρολιά Χαλκιδικής” η συγκέντρωση της προλίνης είναι λίγο υψηλότερη στο ξηρικό μάρτυρα σε σχέση με τον αρδευόμενο, τόσο κατά την περίοδο της υδατικής καταπόνησης, όσο και κατά την

περίοδο της ανακούφισης, χωρίς όμως η διαφορά αυτή να είναι στατιστικά σημαντική. Γενικότερα, η αυξημένη βιοσύνθεση της προλίνης υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης θεωρείται ως μία φυσιολογική αντίδραση της ελιάς στην έλλειψη νερού και έχει ως στόχο τη μείωση του οσμωτικού δυναμικού στα υδατικά καταπονημένα φυτά. Η μείωση του οσμωτικού δυναμικού βοηθάει τα φύλλα των φυτών να διατηρούν όσο το δυνατόν τη σπαργή τους, ακόμα και υπό συνθήκες έντονης εξατμισοδιαπνοής, μιας και οι ρίζες δύνανται να απορροφούν νερό ακόμα και από χαμηλά επίπεδα υδατικού δυναμικού (Sofa et al., 2004).

ΝΙΚΟΛΕΤΑ-ΚΛΕΙΩ ΔΕΝΑΞΗ

5

Συμπεράσματα

Από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης φαίνεται ότι η υδατική καταπόνηση μειώνει το φωτοσυνθετικό ρυθμό των δένδρων, επομένως και το ρυθμό ανάπτυξης καθώς επίσης προκαλεί μείωση της παραγωγής, κυρίως του μάρτυρα. Τα φυτά “αντέδρασαν” στην έλλειψη νερού, βιοσυνθέτοντας ή συσσωρεύοντας μεταβολίτες όπως σάκχαρα, άμυλο και προλίνη με στόχο να διατηρήσουν το υδατικό δυναμικό τους χαμηλό.

Η εφαρμογή των διαφόρων σκευασμάτων είχε ως στόχο να βοηθήσει τα φυτά κατά την περίοδο της υδατικής καταπόνησης καθώς και να επιταχύνει την ανάκαμψή τους κατά την περίοδο της ανακούφισης. Μελετώντας τα παραπάνω καταλήξαμε στα εξής συμπεράσματα:

- Για την ποικιλία “Κορωνέϊκη”, κατά την περίοδο της υδατικής καταπόνησης η εφαρμογή του σκευάσματος BlueStim WP, φαίνεται να βοήθησε τα δένδρα να διατηρήσουν το φωτοσυνθετικό τους ρυθμό, προστάτευσε τις χλωροφύλλες από την οξείδωση και βελτίωσε την ικανότητα οσμωρύθμισης των φυτών. Τέλος, προώρισε την ανθοφορία και την έκπτυξη των ξυλοφόρων οφθαλμών. Όσον αφορά το σκεύασμα Surround WP, βοήθησε στη διατήρηση της περιεκτικότητας των φύλλων σε νερό υπό συνθήκες καταπόνησης, ενώ το σκεύασμα Ambiol αύξησε την παραγωγή και προστάτευσε κι αυτό τις χλωροφύλλες από την οξείδωση.

- Για την ποικιλία “Χονδρολιά Χαλκιδικής”, κατά την περίοδο της υδατικής καταπόνησης η εφαρμογή του σκευάσματος Surround WP, φαίνεται να βοήθησε τα δένδρα να διατηρήσουν το φωτοσυνθετικό τους ρυθμό, προστάτευσε τις χλωροφύλλες από την οξείδωση και βοήθησε στη διατήρηση της περιεκτικότητας των φύλλων σε νερό. Επιπλέον, η εφαρμογή του σκευάσματος BlueStim WP προώρισε την ανθοφορία και την έκπτυξη των ξυλοφόρων οφθαλμών, καθώς επίσης αύξησε και την παραγωγή.

- Φαίνεται ότι στα φυτά της ποικιλίας “Κορωνέϊκη” κατά την περίοδο της υδατικής καταπόνησης αυξήθηκε η συγκέντρωση της προλίνης, ενώ στα φυτά της ποικιλίας “Χονδρολιά Χαλκιδικής” την ίδια περίοδο αυξήθηκε η συγκέντρωση της μαννιτόλης. Από αυτό μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι δύο ποικιλίες μπορούν να αντιδρούν στην υδατική καταπόνηση συσσωρεύοντας διαφορετικούς οσμωρυθμιστές στα κύτταρά τους.
- Κατά την περίοδο της ανακούφισης, βρέθηκε ότι η εφαρμογή του σκευάσματος BlueStim WP επιτάχυνε την επαναφορά του φωτοσυνθετικού μηχανισμού και στις δύο ποικιλίες. Επιπλέον, τα ψεκασμένα με το σκεύασμα Ambiol φυτά εξακολουθούν να παρουσιάζουν τις υψηλότερες τιμές χλωροφυλλών. Τέλος για την ποικιλία “Κορωνέϊκη” η εφαρμογή του σκευάσματος Surround WP επιτάχυνε την επαναφορά της σπαργής των φύλλων, ενώ για την ποικιλία “Χονδρολιά Χαλκιδικής” η σπαργή των φυτών επανήλθε γρηγορότερα για τα φυτά που ψεκάστηκαν με το σκεύασμα BlueStim WP.

Η ελιά για να επανέλθει μετά από έντονη υδατική καταπόνηση έχει ανάγκη να δεχτεί έναν ικανοποιητικό αριθμό αρδεύσεων, που σύμφωνα με τους Moriana et al. (2007) καθορίζεται στις δύο με τρεις αρδεύσεις. Μετά την εφαρμογή των τριών αρδεύσεων προς ανακούφιση των φυτών, παρατηρήθηκε ότι τα φυτά στα οποία έγινε εφαρμογή των διαφόρων σκευασμάτων ανακουφίστηκαν πιο γρήγορα σε σχέση με τους μάρτυρες. Επομένως φαίνεται ότι η υπόθεση στην οποία στηρίχθηκε η παρούσα μελέτη -πιθανή θετική επίδραση των “ανακουφιστικών” παραγόντων σε φυτά ελιάς υπό υδατική καταπόνηση- επαληθεύεται, καθώς βλέπουμε θετική επίδραση των σκευασμάτων που χρησιμοποιήθηκαν τόσο κατά τη φάση της υδατικής καταπόνησης, όσο και κατά την περίοδο της ανακούφισης.

➤ Τέλος, με βάση όλα τα παραπάνω κατανοούμε ότι το κάθε σκεύασμα προστατεύει καλύτερα κάποιους συγκεκριμένους μηχανισμούς του φυτού, ανάλογα και με την ποικιλία. Βέβαια χρειάζεται περαιτέρω και πιο εκτεταμένη μελέτη των ιδιοτήτων και των μηχανισμών δράσης των παραπάνω σκευασμάτων. Ίσως η συνδυασμένη ή η διαδοχική εφαρμογή κάποιων εκ των σκευασμάτων να έχει ως αποτέλεσμα την πληρέστερη προστασία των φυτών από την υδατική καταπόνηση, λόγω πιθανής συνεργιστικής ή συμπληρωματικής δράσης αυτών.

Βιβλιογραφία

A. Ξένη Βιβλιογραφία

1. AGBOMA, P.C., SINCLAIR, T.R., JOKINEN, K., PELTONEN-SAINIO, P. and PEHU, E. (1997). An evaluation of the effect of exogenous glycinebetaine on the growth and yield of soybean: timing of application, watering regimes and cultivars. *Field Crops Research*, **54**, 51-64.
2. AHMED, C.B., ROUINA, B.B. and BOUKHRIS, M. (2007). Effects of water deficit on olive tress cv. Chemlali under field conditions in arid region in Tunisia. *Scientia Horticulturae*, **13**, 267-277.
3. ANGELOPOULOS, K., DICHIO, B. and XILOYANNIS, C. (1996). Inhibition of photosynthesis in olive tress (*Olea europea* L.) during water stress and rewatering. *Journal of Experimental Botany*, **47** (301), 1093-1100.
4. ASHRAF, M. and FOOLAD, M.R. (2006). Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, **59**, 206-216.
5. BACELAR, E.A., CORREIA, C.M., MOUTINHO-PEREIRA, J.M., GONÇALVES, B.C., LOPES, J. I. and TORRES-PEREIRA, J. M.G. (2004). Sclerophylly and leaf anatomical traits of five field-grown olive cultivars growing under drought conditions. *Tree Physiology*, **24**, 233-239.
6. BACELAR, E.A., SANTOS, D.L., MOUTINHO-PEREIRA, J.M., GONÇALVES, B.C., FERREIRA, H.F. and CORREIA, C.M. (2006). Immediate responses and adaptive strategies of three olive cultivars under contrasting water availability regimes: Changes on structure and chemical composition of foliage and oxidative damage. *Plant Science*, **170**, 596-605.

7. BACELAR, E.A., MOUTINHO-PEREIRA, J.M., GONÇALVES, B.C., FERREIRA, H.F. and CORREIA, C.M. (2007a). Changes in growth, gas exchange, xylem hydraulic properties and water use efficiency of tree olive cultivars under contrasting water availability regimes. *Environmental and Experimental Botany*, **60**, 183-192.
 8. BACELAR, E.A., SANTOS, D.L., MOUTINHO-PEREIRA, J.M., LOPES, J. I., GONÇALVES, B.C., FERREIRA, T.C. and CORREIA, C.M. (2007b). Physiological behaviour, oxidative damage and antioxidative protection of olive trees grown under different irrigation regimes. *Plant Soil*, **292**, 1-12.
 9. BONGI, G. and PALLIOTTI, A. (1994). Olive. In: *Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops. Temperate Crops* (Schaffere, B. and Andersen, P.C., Eds.). CRC Press, Boca Raton, FL. Vol. 1, 165–187.
 10. BORSOS-MATOVINA, V. and BLAKE, T.J. (2001). Seed treatment with the antioxidant Ambiol enhances membrane protection in seedlings exposed to drought and low temperatures. *Trees*, **15**, 163-167.
 11. BOSABASILIS, A.M. and KOFIDIS, G. (2002). Comparative effects of drought stress on leaf anatomy of two olive cultivars. *Plant Science*, **163**, 375-379.
 12. CATALDI, T.R.I., MARGIOTTA, G., IASI, L., DICHIO, B., XILOYANNIS, C. and BUFO, S.A. (2000). Determination of sugar compounds in olive plant extracts by anion-exchange chromatography with pulsed amperometric detection. *Analytical Chemistry*, **72**, 3902-3907.
-

13. CENTRITTO, M., WAHBI, S., SERRAJ, R. and CHAVES, M.M. (2005). Effects of partial rootzone drying (PRD) on adult olive tree (*Olea europaea*) in field conditions under arid climate. II Photosynthetic responses. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **106** (2-3), 303-311.
 14. CHARTZOULAKIS, K., PATAKAS, A. and BOSABALIDIS, A.M. (1999). Changes in water relations, photosynthesis and leaf anatomy induced by intermittent drought in two olive cultivars. *Environmental and Experimental Botany*, **42**, 113-120.
 15. CHARTZOULAKIS, K., PATAKAS, A. VEMMOS, S., LOUPASSAKI, M. and BERTAKI, M. (2006). Response of two olive cultivars to salt stress and potassium supplement. *Journal of Plant Nutrition*, **29**, 2063-2078.
 16. CHEN, T. H.H., NORIO, N. (2002). Enhancement of tolerance of abiotic stress by metabolic engineering of betaines and other compatible solutes. *Current Opinion in Plant Biology*, **5**, 250-257.
 17. CONNOR, D. (2005). Adaptation of olive (*Olea europaea* L.) to water-limited environments. *Australian Journal of Agricultural Research*, **56**, 1181-1189.
 18. CUNNINGHAM, S.M., NADEAU, P., CASTONGUAY, Y., LABERGE, S. and VOLENEC, J.J. (2003). Raffinose and stachyose accumulation, galactinol synthase expression, and winter injury of contrasting alfalfa germplasms. *Crop Science*, **43**, 562-570.
 19. DIAZ-ESPEJO, A., NICOLÁS, E. and FERNÁNDEZ, J.E. (2007). Seasonal evolution of diffusional limitations and photosynthetic capacity in olive under drought. *Plant, Cell and Environment*, **30**, 922-933.
-

20. DICHIO, B., XILOYANNIS, C., ANGELOPOULOS, K., NUZZO, V., BUFO, S.A. and CELANO, G. (2003). Drought-induced variations of water parameters in *Olea europea*. *Plant and Soil*, **257**, 381-389.
21. EAMUS, D. and SHANAHAN, ST. (2002). A rate equation model of stomatal responses to vapour pressure deficit and drought. *BMC Ecology*, **2** (8), 1-14. Research article.
22. EASTMAN, P.A.K. and CAMM, E.L. (1995). Regulation of photosynthesis in interior spruce during water stress: changes in gas exchange and chlorophyll fluorescence. *Tree Physiology*, **15**, 229-235.
23. EDWARDS, D.R. and DIXON, M.A. (1995). Mechanisms of drought response in *Thuja occidentalis* L.I. Water stress conditioning and osmotic adjustment. *Tree Physiology*, **15**, 121-127.
24. ENNAJEH, M., VADEL, A.M., KHEMIRA, H., MIMOUN, M.B. and HELLALI, R. (2006). Defense mechanisms against water deficit in two olive (*Olea europea* L.) cultivars 'Meski' and 'Chemlali'. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, **81** (1), 99-104.
25. FAO:GOAG/2007. Agriculture and water scarcity: a programmatic approach to water use efficiency and agricultural productivity. 12th Session, 7, 1-10.
26. FERNÁNDEZ, J.E., MORENO, F., GIRÓN, I.F. and BLÁZQUEZ, O.M. (1997). Stomatal control of water use in olive tree leaves. *Plant and Soil*, **190**, 179-192.
27. FLEXAS, J., GALMES, J., CARBO-RIBAS, M. and MEDRANO, H. (2005). The effects of water stress on plant respiration. In: Plant Respiration. (Lambers, H. and Ribas-Carbo, M., Eds.). Springer, The Netherlands, 85-94.
-

28. GALMÉS, J., ABADIA, A., MEDRANO, H. and FLEXAS, J. (2007a). Photosynthesis and photoprotection responses to water stress in the wild-extinct *Lysimachia minoricensis*. *Environmental and Experimental Botany*, **60**, 308-317.
29. GALMÉS, J., ABADIA, A., CIFRE, J., MEDRANO, H. and FLEXAS, J. (2007b). Photoprotection processes under water stress and recovery in Mediterranean plants with different growth forms and leaf habits. *Physiologia Plantarum*, **130**, 495-510.
30. GIORIO, P., SORRENTINO, G. and D' ANDRIA, R. (1999). Stomatal behaviour, leaf water status and photosynthetic response in field-grown olive tress under water deficit. *Environmental and Experimental Botany*, **42**, 95-104.
31. GLEN, D.M, PUTERKA, G.J., DRAKE, S.R., 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. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, **126** (2), 175-181.
32. GLEN, D.M, EREZ, A., PUTERKA, G.J. and GUNDRUM, P. (2003). Particle films affect carbon assimilation and yield in 'Empire' apple. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, **128** (3), 356-362.
33. GLEN, D.M and PUTERKA, G.J. (2005). Paricle films: a new techlogy for agriculture. *Horticultural Reviews*, **31**, 1-42.
34. GRATTAN, S.R., BERENGUER, M.J., CONNELL, J.H., POLITO, V.S. and VOSSEN, P.M. (2006). Olive oil production as influenced by different quantities of applied water. *Agricultural Water Management*, **85**, 133-140.
-

35. GRIFFIN, J.J., RANNEY, T.G. and PHARR, D.M. (2004). Heat and drought influence photosynthesis, water relations and soluble carbohydrates of two ecotypes of redbud (*Cercis canadensis*). *Journal of the American Society for Horticultural Science*, **129** (4), 497-502.
36. GUCCI, R., MOING, A., GRAVANO, E. and GAUDILLERE, J.P. (1998). Partitioning of photosynthetic carbohydrates in leaves of salt-stressed olive plants. *Australian Journal of Plant Physiology*, **25**, 571-579.
37. HALPERIN, S. and FLORES, H. (1997). Hyoscyamine and proline accumulation in water-stressed *Hyoscyamus muticus* 'Hairy root' cultures. *In Vitro Cellular and Development Biology-Plant*, **33**, 240-244.
38. HARE, P.D., CRESS, W.A. and VAN STADEN, J. (1998). Dissecting the roles of osmolyte accumulation during stress. *Plant, Cell and Environment*, **21**, 535-553.
39. HURA, T., GRZESIAK, S., HURA, K., THIEMT, E., TOKARZ, K. and WEDZONY, M. (2007). Physiological and biochemical tools useful in drought-tolerance detection in genotypes of winter triticale: accumulation of ferulic acid correlates with drought tolerance. *Annals of Botany*, 1-9.
40. IQBAL, N., ASHRAF, M. and ASHRAF, M.Y. (2008). Glycinebetaine, an osmolyte of interest to improve water stress tolerance in sunflower (*Helianthus annuus* L.): water relations and yield. *South African Journal of Botany*, In Press.
41. ISLAM, M.A., BLAKE, T.J., KOCACINAR, F. and RAJASEKARAN, L. (2003). Ambiol, spermine and aminoethoxyvinylglycine prevent water stress and protect membranes in *Pinus strobes* L under drought. *Trees*, **17**, 278-284.
-

42. JANG, J.-C. and SHEEN, J. (1997). Sugar sensing in higher plants. *Trends in Plant Science*, **2**, 208-214.
43. KIRILLOVA, I.G., EVSYUNINA, A.S., PUZINA, T.I. and KORABLEVA, N.P. (2003). Effects of Ambiol and 2-chlorethylphosphonic acid on the content of phytohormones in potato leaves and tubers. *Applied Biochemistry and Microbiology*, **39** (2), 210-214.
44. LI, Z.J., LENG, P.S. and CONG, Z.F. (2006). The physiological response of *Pistacia chinensis* Bunge to drought stress. *Journal of Plant Resources and Environment*, **15** (3), 47-50.
45. LV, S., YANG, A., ZHANG, K., WANG, L. and ZHANG, J. (2007). Increase of glycinebetaine synthesis improves drought tolerance in cotton. *Molecular Breeding*, **20**, 233-248.
46. MA, X.L., WANG, Y.J., XIE, S.L., WANG, C. and WANG, W. (2007). Glycinebetaine application ameliorates negative effects of drought stress in tobacco. *Russian Journal of Plant Physiology*, **54** (4), 472-479.
47. MADORE, M.A., MITCHELL, D.E. and BOYD, C.M. (1988). Stachyose synthesis in source leaf tissues of the CAM plant *Xerosicyos danguyi* H. Humb. *Plant Physiology*, **87**, 588-591.
48. MÄKELÄ, P., JOKINEN, K., KONTTURI, M., PELTONEN-SAINIO, P., PEHU, E. and SOMERSALO, S. (1998). Foliar application of glycinebetaine-a novel product from sugar beet-as an approach to increase tomato yield. *Industrial Crops and Products*, **7**, 139-140.
49. MAXWELL, K. and JOHNSON, G.N. (2000). Chlorophyll fluorescence-a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, **51** (345), 659-668.
-

50. MCNEIL, S., NUCCIO, M. L., HANSON, A. D. (1999). Betaines and related osmoprotectants. Targets for metabolic engineering of stress resistance. *Plant Physiology*, **120**, 945-949.
51. MORIANA, A., VILLALOBOS, F.J. and FERERES, E. (2002). Stomatal and photosynthetic responses of olive (*Olea europaea* L.) leaves to water deficits. *Plant, Cell and Environment*, **25**, 395-405.
52. MORIANA, A., ORGAZ, F., PASTOR, M. and FERERES, E. (2003). Yield responses of mature olive orchard to water deficits. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, **128** (3), 425-431.
53. MORIANA, A., PÉREZ-LÓPEZ, D., GÓMEZ-RICO, A., SALVADOR, M., OLMEDILLA, N., RIBAS, F. and FREGAPANE, G. (2007). Irrigation scheduling for traditional, low-density olive orchards: water relations and influence on oil characteristics. *Agricultural Water Management*, **87**, 171-179.
54. PRAXEDES, S.C., DAMATTA, F.M., LOUREIRO, M.E., FERRÃO and CORDIRO, A.T. (2006). Effects of long-term soil drought on photosynthesis and carbohydrate metabolism in mature robusta coffee (*Coffea canephora* Pierre var. *kouillou*) leaves. *Environmental and Experimental Botany*, **56** (3), 263-273.
55. PÉREZ-LÓPEZ, D., RIBAS, F., MORIANA, A., OLMEDILLA, N. and DE JUAN, A. (2007). The effect of irrigation schedules on the water relations and growth of a young olive (*Olea europaea* L.) orchard. *Agricultural Water Management*, **89**, 297-304.
56. RAJASEKARAN, L.R. and BLAKE, T.J. (1999). New plant growth regulators protect photosynthesis and enhance growth under drought of jack pine seedlings. *Journal of Plant Growth Regulation*, **18** (4), 175-181.
-

57. RAJASEKARAN, L.R., STILES, A. and BLAKE, T.J. (2005). The effects of natural and synthetic preconditioning agents (SPAs) in hastening seedling emergence and enhancing yield and quality of processing carrots. *Scientia Horticulturae*, **106**, 25-37.
58. RAJASHEKAR, C.B, ZHOU, H., MARCUM, K.B. and PRAKASH, O. (1999). Glycine betaine accumulation and induction of cold tolerance in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) plants. *Plant Science*, **148**, 175-183.
59. ROMANI, A., BALBI, A., TATTINI, M. and VINCIERI, F.F. (1994). Extraction, purification procedures and HPLC-RI analysis of carbohydrates in olive (*Olea europea* L.) plants. *Chromatographia*, **39** (1/2), 35-39.
60. ROSATI, A., METCALF, S.G., BUCHNER, R.P. and FULTON, A.E. (2006). Physiological effects of kaolin applications in well-irrigated and water-stressed walnut and almond trees. *Annals of Botany*, **98** (1), 267-275.
61. ROUHI, V., SAMSON, R., LEMEURE, R. and VAN DAMME, P. (2007). Photosynthetic gas exchange characteristics in three different almond species during drought stress and subsequent recovery. *Environmental and Experimental Botany*, **59** (2), 117-129.
62. ROUSSEAU, M.C., BENEDETTI, J.P. and SEARLES, P.S. (2008). Leaf-level responses of olive tree (*Olea europea*) to the suspension of irrigation during the winter in an arid region of Argentina. *Scientia Horticulturae*, **115** (2), 135-141.
63. ROUSSOS, P.A., VEMMOS, S.N. and PONTIKIS, C.A. (2005). The role of carbohydrates on the salt tolerance of jojoba [*Simmondsia chinensis* (Link)] explants in vitro. *European Journal of Horticultural Science*, **70** (6), 278-282.
-

64. SANZ-CORTÉS, F., MARTÍNEZ-CALVO, J., BADENES, M.L., BLEIHOLDER, H., HACK, H., LLÁCER, G. and MEIER, U. (2002). Phenological growth stages of olive trees (*Olea europaea*). *Annals of Applied Biology*, **140**, 151-157.
65. SAOUR, G. (2006). Morphological assessment of olive seedlings treated with kaolin-based particle film and biostimulant. *Advances in Horticultural Science*, **20** (1), 1-5.
66. ŠIRCELJ, H., TAUSZ, M., GRILL, D. and BATIČ, F. (2007). Detecting different levels of drought stress in apple tree (*Malus domestica* Borkh.) with selected biochemical and physiological parameters. *Scientia Horticulturae*, **113**, 362-369.
67. SOFO, A., DICHIO, B., XILOYANNIS, C. and MASIA, A. (2004). Lipooxygenase activity and proline accumulation in leaves and roots of olive tree in response to drought stress. *Physiologia Plantarum*, **121**, 58-65.
68. SPIERS, J.D., MATTA, F.B., MARSHALL, D.A. and SAMPSON, B.J. (2005). Effects of kaolin clay application on flower bud development, fruit quality and yield, and flower thrips [*Frankliniella* spp. (Thysanoptera: Thripidae)] populations of blueberry plants. *Small Fruits Review*, **4** (1), 73-84.
69. STEWART, J.D., ZINE EL ABIDINE, A. and BERNIER, P.Y. (1994). Stomatal and mesophyll limitations of photosynthesis in black spruce seedlings during multiple cycles of drought. *Tree Physiology*, **15**, 57-64.
70. SUN, O.J., SWEET, G.B., WHITEHEAD, D. and BUCHAN, G.D. (1995). Physiological responses to water stress and waterlogging in *Nothofagus* species. *Tree Physiology*, **15**, 629-638.
-

71. SUSILUOTO, S. and BERNINGER, F. (2007). Interactions between morphological and physiological drought responses in *Eucalyptus microtheca*. *Silva Fennica*, **41** (2), 221-233.
72. TEIXEIRA, J. and PEREIRA, S. (2007). High salinity and drought act on an organ-dependent manner on potato glutamine synthetase expression and accumulation. *Environmental and Experimental Botany*, **60**, 121-126.
73. WEBB, K.L. and BURLEY, J.W.A. (1964). Stachyose translocation in plants. *Plant Physiology*, **39**, 973-977.
74. www. FAO.org
75. YORDANOV, I. and VELIKOVA, V. (2000). Photoinhibition of photosystem I. *Bulgarian Journal Plant Physiology*, **26** (1-2), 70-92.
76. YOSHIBA, Y., KIYOSUE, T., NAKASHIMA, K., YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K. and SHINOZAKI, K. (1997). Regulation of leaves of praline as an osmolyte in plants under water stress. *Plant Cell Physiology*, **38** (10), 1095-1102.
77. ZHAO, X.-X., MA, Q.-Q., LIANG, C., FANG, Y., WANG, Y.-Q. and WANG, W. (2007). Effect of glycinebetaine on function of thylakoid membranes in wheat flag leaves under drought stress. *Biologia Plantarum*, **51** (3), 584-588.
-

Β. Ελληνική Βιβλιογραφία

1. ΜΠΑΛΑΤΣΟΥΡΑΣ, Γ.Δ. (1986). Σύγχρονη ελαιοκομία: “ Το Ελαιόδενδρο”. **Τόμος 1**, 52-68.
2. ΠΟΝΤΙΚΗΣ, Κ.Π. (2000). Ειδική δένδροκομία, ελαιοκομία. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα, 39-124.
3. ΠΟΥΛΟΒΑΣΙΛΗΣ, Α. και ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, Π. (2003). Το νερό και η χρήση του. *Τριπτόλεμος*, **17**, 8-25.
4. ΤΖΑΜΟΣ, Ε. (2004). Φυτοπαθολογία. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.
5. ΤΣΟΛΑΚΗΣ, ΙΩΑΚΕΙΜ (1991). Ποικιλίες ελιάς που αξιολογούνται στον ερευνητικό σταθμό “Αγίου Μάμματος” Χαλκιδικής. Πτυχιακή μελέτη, Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας.

ΝΙΚΟΛΕΤΑ-ΚΛΕΙΩ ΔΕΝΔΕΑ

Παράρτημα

Olive Sanz-Cortés et al., in press

Phenological growth stages and BBCH-identification keys of olive tree
(*Olea europaea* L.)

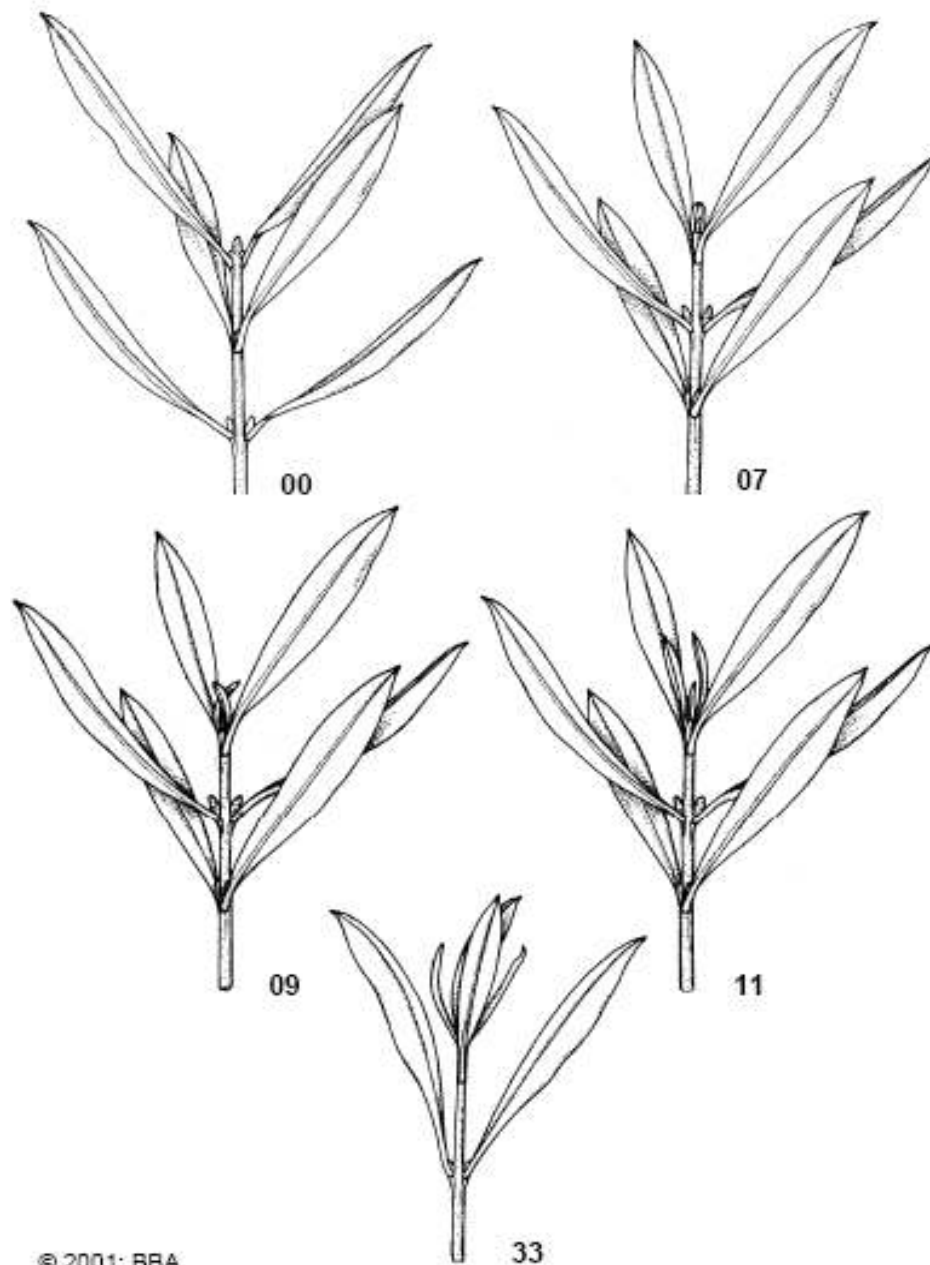
Code	Description
Principal growth stage 0: Bud development	
00	Foliar buds at the apex of shoots grown the previous crop-year are completely closed, sharp-pointed, stemless and ochre-coloured (Fig. 1: 00).
01	Foliar buds start to swell and open, showing the new foliar primordia.
03	Foliar buds lengthen and separate from the base.
07	External small leaves open, not completely separated, remaining joined by apices (Fig. 1: 07).
09	External small leaves opening further with their tips inter crossing (Fig. 1: 09)
Principal growth stage 1: Leaf development	
11	First leaves completely separated. Grey-greenish coloured (Fig. 1: 11)
15	The leaves are more separated without reaching their final size. First leaves turn greenish on the upperside.
19	Leaves get the typical variety size and shape.
Principal growth stage 3: Shoot development	
31	Shoots reach 10 % of final size.
33	Shoots reach 30 % of final size (Fig. 1: 33).
37	Shoots reach 70 % of final size.
Principal growth stage 5: Inflorescence emergence.	
50	Inflorescence buds in leaf axils are completely closed. They are sharp-pointed, stemless and ochre-coloured.
51	Inflorescence buds start to swell on its stem.
52	Inflorescence buds open. Flower cluster development starts (Fig 1: 53).
54	Flower cluster growing
55	Flower cluster totally expanded. Floral buds start to open (Fig 1: 55).
57	The corolla, green-coloured, is longer than calyx (Fig 1: 57).
59	The corolla changes from green to white colour.

Olive Sanz-Cortés et al., in press

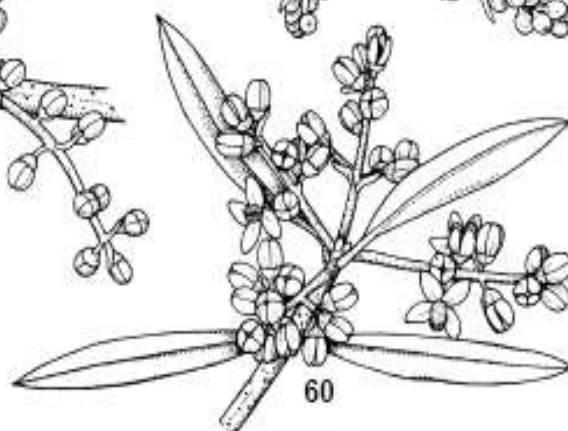
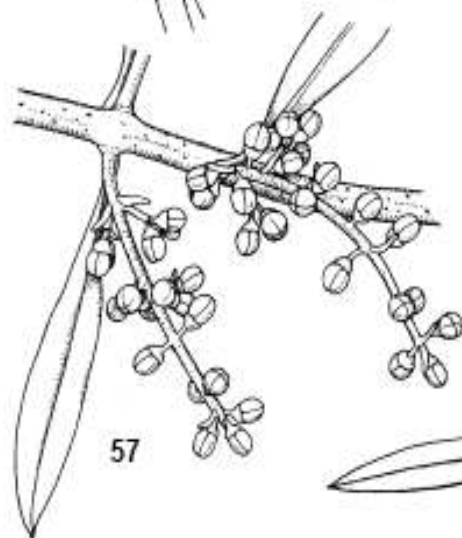
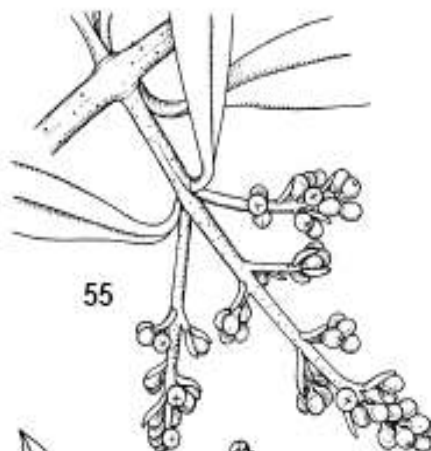
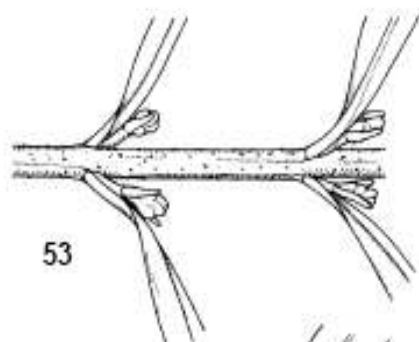
Phenological growth stages and BBCH-identification keys of olive tree
(*Olea europaea* L.)

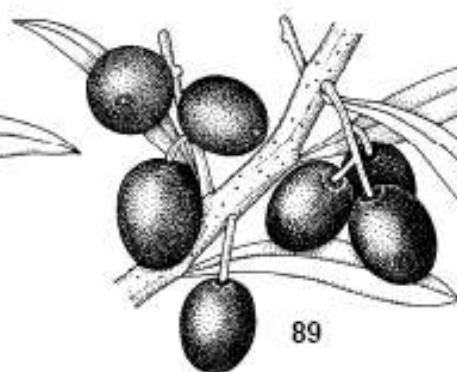
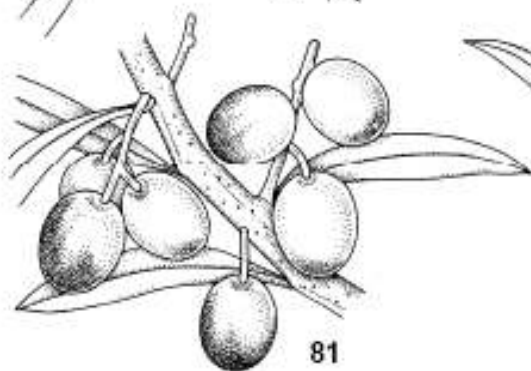
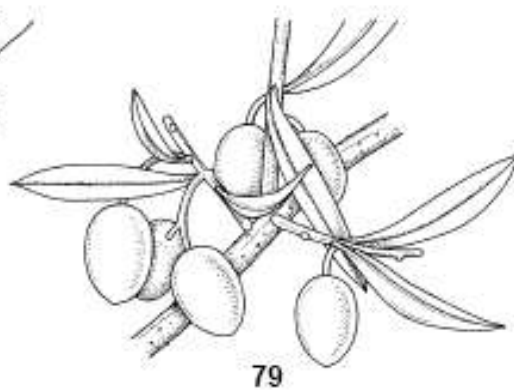
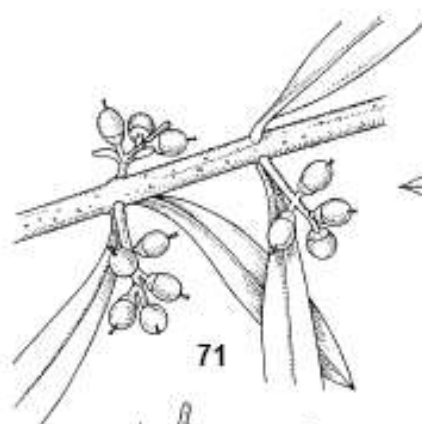
Code	Description
Principal growth stage 6: Flowering	
60	First flowers open (Fig 1: 60).
61	Beginning of flowering: 10 % of flowers open.
65	Full flowering: at least 50 % of flowers open (Fig 1: 65).
67	First petals falling.
68	Majority of petals fallen or faded (Fig 1: 68).
69	End of flowering, fruit set, non-fertilized ovaries fallen.
Principal growth stage 7: Fruit development	
71	Fruit size about 10 % of final size (Fig 1: 71).
75	Fruit size about 50 % of final size. Stone starts to lignificate (it shows cutting resistance).
79	Fruit size about 90 % of final size. Fruit suitable for picking green olives (Fig 1: 79).
Principal growth stage 8: Maturity of fruit	
80	Fruit deep green colour becomes light green, yellowish.
81	Beginning of fruit colouring (Fig 1: 81).
85	Increasing of specific fruit colouring.
89	Harvest maturity: fruits get the typical variety colour, remaining turgid, suitable for oil extraction (Fig. 1: 89).
Principal growth stage 9: Senescence	
92	Overripe: fruits lose turgidity and start to fall (Fig 1: 92).

Olive



© 2001: BBA





ΝΙΚΟΛΕΤΑ-ΚΛΕΙΩ ΔΕΝΔΕΑ