

## ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΣΤΡΕΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΜΟΝΟΕΤΩΝ ΒΩΛΟΦΥΤΩΝ ΦΥΤΑΡΙΩΝ

Μ. ΤΣΑΚΑΛΔΗΜΗ, Π. ΓΚΑΝΑΤΣΑΣ, Ν. ΓΟΥΝΑΡΗΣ, Θ. ΖΑΓΚΑΣ, Θ. ΤΣΙΤΣΩΝΗ  
ΚΑΙ Α. ΧΑΤΖΗΣΤΑΘΗΣ

*Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού  
Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Δασοκομίας  
Τ.Θ. 262, 54 006 - Θεσσαλονίκη*

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή ασχολείται με την παραγωγή φυτευτικού υλικού ανθεκτικού στην ξηρασία και εξετάζει την επίδραση του υδατικού στρες στη μορφολογία και στη φυσιολογία των φυταρίων. Για το σκοπό αυτό μελετήθηκε η εφαρμογή ενός κύκλου υδατικού στρες (-15 bars), κατά την παραγωγή μονοετών βωλοφύτων φυταρίων. Η διεξαγωγή του πειράματος έγινε στο φυτώριο του Εργαστηρίου Δασοκομίας του ΑΠΘ, στη Θεσσαλονίκη και χρησιμοποιήθηκαν τα εξής είδη της μεσογειακής βλάστησης: *Quercus ilex*, *Q. coccifera*, *Ceratonia siliqua* και *Medicago arborea*. Η αξιολόγηση της ποιότητας των φυταρίων έγινε με βάση τόσο τα φυσιολογικά τους χαρακτηριστικά (υδατικό δυναμικό και σχετικό υδατικό περιεχόμενο των φύλλων) όσο και τα μορφολογικά (ύψος φυταρίου, διάμετρος, αριθμός φύλλων, ξηρό βάρος, χαρακτηριστικά του ριζικού συστήματος), στο τέλος της αυξητικής περιόδου. Μετά την εφαρμογή του υδατικού στρες, το υδατικό δυναμικό των φύλλων (Ψ<sub>pd</sub>) στα είδη *Q. ilex* και *Q. coccifera* αυξήθηκε σε σχέση με τον μάρτυρα, ενώ το σχετικό υδατικό περιεχόμενο των φύλλων (RWC) δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές μεταξύ των χειρισμών για όλα τα είδη. Τα φυτά των ειδών *Q. ilex*, *Q. coccifera* και *C. siliqua* που υποβλήθηκαν σε υδατικό στρες ήταν χαμηλότερα σε ύψος και με μικρότερο αριθμό φύλλων, σε σχέση με το μάρτυρα. Το ξηρό βάρος των φύλλων αυξήθηκε μετά την εφαρμογή του υδατικού στρες στα είδη *C. siliqua*, *M. arborea* και *Q. ilex*. Στα φυτά της *M. arborea* ο χειρισμός του υδατικού στρες συνέβαλε στην αύξηση του ξηρού βάρους του βλαστού και του ολικού ξηρού βάρους του φυτού, ενώ μειώθηκε ο λόγος R/S. Η συνολική επιφάνεια ρίζας και ο όγκος της ρίζας αυξήθηκαν σε όλα τα φυτά που υποβλήθηκαν στο υδατικό στρες.

**Λέξεις κλειδιά :** *Quercus ilex*, *Quercus coccifera*, *Ceratonia siliqua*, *Medicago arborea*, υδατικό δυναμικό, σχετικό υδατικό περιεχόμενο, μορφολογία φυταρίου.

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην περιοχή της Μεσογείου η έλλειψη υγρασίας και η υψηλή εξατμισιοδιαπνοή κατά την διάρκεια της θερινής περιόδου, προκαλούν έντονο υδατικό στρες στα περισσότερα είδη της βλάστησης. Κάτω από αυτές τις δυσμενείς συνθήκες, η επιβίωση των ειδών επιτυγχάνεται κυρίως με κατάλληλους μηχανισμούς προσαρμογής που αναπτύσσουν τα διάφορα είδη (Save et al. 1995, Abril and Hanano 1998). Οι κύριες

παράμετροι που περιγράφουν την εσωτερική κατάσταση υγρασίας του φυτού είναι: το σχετικό υδατικό περιεχόμενο των φύλλων, το υδατικό δυναμικό και το οσμωτικό δυναμικό. Καμιά όμως από τις παραπάνω παραμέτρους, μεμονωμένα, δεν αποτελεί άριστο δείκτη του υδατικού στρες που μπορεί να υφίσταται ένα φυτό. Μια πιο ολοκληρωμένη περιγραφή της υδατικής κατάστασης των φυτών μπορεί να προκύψει από τον συνδυασμό των παραπάνω παραμέτρων (Joly 1985).

Κατά την παραγωγή φυταρίων που πρόκειται να φυτευθούν σε ξηροθερμικά περιβάλλοντα, η εφαρμογή προγράμματος σκληραγώγησης αποτελεί ένα ασφαλές μέτρο για την επιτυχή εγκατάσταση των φυταρίων, καθώς αυξάνει την πιθανότητα επιβίωσης προετοιμάζοντας τα φυτά στην έλλειψη υγρασίας (Χατζηστάθης και Ντάφης 1989, Van den Driessche 1990). Ο περιορισμός της υγρασίας (water stress) κατά την παραγωγή βωλοφύτων φυταρίων θεωρείται από τους πιο αποτελεσματικούς τρόπους σκληραγώγησης των φυταρίων (περιορισμός της παραπέρα αύξησης σε ύψος, ενωρίτερη εμφάνιση οφθαλμών κλπ.). Οι Timmis και Tanaka (1976), βρήκαν ότι φυτάρια που υποβλήθηκαν σε υδατικό στρες ήταν μικρότερα, είχαν μικρότερο ξηρό βάρος βλαστού και ρίζας, και εμφάνισαν σημαντικά μεγαλύτερο αριθμό ακραίων οφθαλμών (από Landis 1994). Αντίθετα το έντονο πότισμα των φυταρίων στο τέλος του καλοκαιριού προκαλεί δευτερογενή αύξηση σε ύψος, καθυστερεί την έναρξη ληθάργου και διακόπτει τις επακόλουθες φυσιολογικές αντιδράσεις, που είναι αναγκαίες για την αντοχή των φυταρίων στις χαμηλές θερμοκρασίες κατά την διάρκεια του χειμώνα (Joly 1985).

Ο Matthews (1983) συστήνει την εφαρμογή του υδατικού στρες μόλις τα φυτάρια αποκτήσουν το επιθυμητό ύψος, διάρκειας περίπου 14 ημερών, ανάλογα με το φυτικό είδος (από Landis 1994). Γενικά η εφαρμογή μέτριας έντασης υδατικού στρες, μόλις τα φυτάρια αποκτήσουν τις επιθυμητές διαστάσεις, μπορεί να συμβάλλει στα παρακάτω (Duryea 1984):

- Ενωρίτερη εμφάνιση οφθαλμών.
- Ενωρίτερη εισαγωγή σε κατάσταση ληθάργου.
- Αύξηση της αντοχής των φυταρίων στο κρύο.
- Μικρότερη καταπόνηση των φυταρίων κατά τις εργασίες εξαγωγής, αποθήκευσης και μεταφοράς τους.
- Περιορισμό της παραπέρα επιμήκυνσης του βλαστού.
- Αύξηση του ποσοστού επιβίωσης μετά την μεταφύτευση των φυταρίων στο ύπαιθρο.

Αντικείμενο της εργασίας αυτής ήταν η μελέτη της επίδρασης της εφαρμογής ενός μέτριου υδατικού στρες (ως καλλιεργητική μέθοδος κατά τη διάρκεια παραγωγής στο φυτώριο), στη μορφολογία και στη φυσιολογία βωλοφύτων φυταρίων, σε τέσσερα είδη της μεσογειακής βλάστησης.

## **ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ**

Η διεξαγωγή του πειράματος έγινε στην Θεσσαλονίκη, στο φυτώριο του Εργαστηρίου Δασοκομίας του Α.Π.Θ. και χρησιμοποιήθηκαν τα εξής είδη της μεσογειακής βλάστησης: *Quercus ilex*, *Quercus coccifera*, *Ceratonia siliqua* και *Medicago arborea*. Η σπορά των ειδών έγινε τον Μάρτιο του 1998. Οι σπόροι χαρουπιάς (*C.siliqua*) ήταν προέλευση Κρήτης, οι σπόροι αριάς (*Q. ilex*) και πουρναριού (*Q. coccifera*) προέλευση Χαλκιδικής και οι σπόροι δενδρώδους μηδικής

(*M. arborea*) προέλευση Νάξου. Η παραγωγή των φυταρίων έγινε σε χαρτογλαστρίδια (paper-pots) τα οποία πληρώθηκαν με μίγμα τύρφης: περλίτη (3:1). Τον Σεπτέμβριο του ίδιου έτους, τα φυτά υποβλήθηκαν σε υδατικό στρες διάρκειας 12 ημερών, η οποία προσδιορίστηκε με βάση το υδατικό δυναμικό των φύλλων των φυταρίων. Κατά την διάρκεια του στρες γινόταν τακτικός έλεγχος του υδατικού δυναμικού των φύλλων (Ψ predawn) των φυταρίων και τελικά τα φυτά ποτίστηκαν όταν το υδατικό δυναμικό έφθασε περίπου στα -15bars. Αντίθετα, ο μάρτυρας του κάθε είδους ποτιζόταν κάθε 3<sup>η</sup> μέρα. Το σχέδιο του πειράματος ήταν πλήρως τυχαιοποιημένα blocks με δύο χειρισμούς και τρεις επαναλήψεις για το κάθε φυτικό είδος.

Η εκτίμηση της ποιότητας των φυταρίων έγινε στο τέλος της αυξητικής περιόδου (Δεκέμβριος). Για την εκτίμηση του ύψους βλαστού, της διαμέτρου (0,5 εκ. πάνω από το ριζικό κόμβο) και του αριθμού των φύλλων, πάρθηκε τυχαίο δείγμα 15 φυταρίων από κάθε είδος και για κάθε χειρισμό και επανάληψη. Για την εκτίμηση της βιομάζας των φυταρίων, του λόγου: ξηρό βάρος ρίζας/ξηρό βάρος βλαστού (R/S), της μορφολογίας της ρίζας, του ειδικού βάρους (SLW) και του σχετικού υδατικού περιεχομένου (RWC) των φύλλων, πάρθηκε τυχαίο δείγμα 5 φυταρίων ανά είδος και χειρισμό. Επίσης η μέτρηση του υδατικού δυναμικού των φύλλων, στο τέλος της αυξητικής περιόδου, έγινε σε δείγμα 5 φυταρίων ανά είδος και χειρισμό.

Η στατιστική επεξεργασία των στοιχείων έγινε με τη χρήση του πακέτου SPSS 8.0 for Windows. Η ανάλυση διακύμανσης πραγματοποιήθηκε μόνο για τις περιπτώσεις που υπήρχε ικανοποιητικό μέγεθος δείγματος (45 φυτά ανά χειρισμό) και για τις συγκρίσεις των μέσων όρων χρησιμοποιήθηκε το κριτήριο Duncan ( $\alpha = 0,05$ ).

Η διαδικασία μέτρησης διαφόρων παραμέτρων ήταν η εξής:

#### **Βιομάζα φυταρίων**

Για την εκτίμηση της βιομάζας, τα 5 δείγματα ανά είδος και χειρισμό που πάρθηκαν, διαχωρίστηκαν σε 3 μέρη (φύλλα- βλαστός- ρίζα) και τοποθετήθηκαν σε φούρνο στους 70°C για 48 ώρες (Thomson 1985). Στην συνέχεια ζυγίστηκαν για την εύρεση του ξηρού τους βάρους.

#### **Μορφολογία ρίζας**

Μετά την εξαγωγή των φυταρίων ακολούθησε σχολαστικό πλύσιμο των ριζών, ώστε να απομακρυνθεί το εδαφικό μίγμα πλήρωσης και τυχόν ξένα σώματα από τις ρίζες. Στην συνέχεια οι μετρήσεις της μορφολογίας των ριζών έγιναν με την βοήθεια του οργάνου Delta T-Device system image analysis και του κατάλληλου λογισμικού προγράμματος ανάλυσης ριζών. Τα χαρακτηριστικά που εκτιμήθηκαν ήταν τα εξής: συνολικό μήκος ρίζας, επιφάνεια ρίζας και συνολικός όγκος ρίζας (Oddiraju et al. 1994, Ludovici and Morris 1996).

#### **Ειδικό βάρος φύλλων (SLW)**

Το ειδικό βάρος των φύλλων εκφράζει τον λόγο του ξηρού βάρους των φύλλων προς την επιφάνειά. Η μέτρησή του έγινε χρησιμοποιώντας 10 φύλλα από κάθε φυτάριο-δείγμα. Η επιφάνεια των φύλλων μετρήθηκε με την βοήθεια του οργάνου Delta T-Device system image analysis.

### **Σχετικό υδατικό περιεχόμενο (RWC)**

Για την εκτίμηση του σχετικού υδατικού περιεχομένου των φύλλων ελήφθησαν 10 φύλλα ανά φυτάριο, τα οποία αμέσως μετά την εξαγωγή τους κλείστηκαν αεροστεγώς σε διάφανη μεμβράνη και μεταφέρθηκαν αμέσως στο Εργαστήριο. Μετρήθηκε το νωπό (φρέσκο) βάρος των φύλλων και στην συνέχεια αυτά τοποθετήθηκαν σε γυάλινα πετρί με απιονισμένο νερό για περίπου 24 ώρες, ώστε να επέλθει ο πλήρης κορεσμός τους, και ξαναζυγίστηκαν. Κατόπιν τα φύλλα τοποθετήθηκαν σε φούρνο στους 70°C για 48 ώρες, για τον υπολογισμό του ξηρού τους βάρους. Η εκτίμηση της τιμής του σχετικού υδατικού περιεχομένου των φύλλων, έγινε σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο (Joly 1985):  $RWC = (\text{αρχικό νωπό βάρος} - \text{ξηρό βάρος}) / (\text{βάρος μετά τον πλήρη κορεσμό} - \text{ξηρό βάρος}) * 100$ .

### **Υδατικό δυναμικό των φύλλων ( $\Psi_{pd}$ )**

Η μέτρηση του υδατικού δυναμικού (predawn) των φύλλων πραγματοποιήθηκε τις πρώτες πρωινές ώρες 6<sup>00</sup>-7<sup>00</sup>, σε ώριμα φύλλα, με την χρήση του οργάνου Skye Plant moisture system (pressure chamber technique).

## **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

Στο τέλος της αυξητικής περιόδου, διαπιστώθηκε ότι η εφαρμογή του υδατικού στρες κατά τη διάρκεια της παραγωγής των φυταρίων επιδρά διαφορετικά σε κάθε είδος. Στη συνέχεια ακολουθεί αναλυτική περιγραφή της επίδρασης του υδατικού στρες ανά είδος:

### **Αριά (*Quercus ilex*)**

Τα φυτάρια αριά που υποβλήθηκαν σε υδατικό στρες παρουσίασαν στατιστικά σημαντικά μικρότερο ύψος (22,6 cm) σε σχέση με αυτά του μάρτυρα (28,2 cm) ( $P < 0,001$ ). Αντίθετα η διάμετρος των φυταρίων και ο αριθμός των φύλλων τους δεν επηρεάστηκε από την εφαρμογή του στρες (πίνακας 1). Η μέση διάμετρος έφθασε τα 3,54 mm για τον μάρτυρα και 3,47 mm για τον χειρισμό με το υδατικό στρες, ενώ ο αριθμός των φύλλων ανά φυτάριο, για τους δύο χειρισμούς, ήταν 24 και 22 αντίστοιχα.

Όσον αφορά τα υπόλοιπα μορφολογικά χαρακτηριστικά των φυταρίων, η εφαρμογή του υδατικού στρες επηρέασε αρχικά το ξηρό βάρος των φύλλων. Όπως φαίνεται στον πίνακα 2, το ξηρό βάρος των φύλλων τους αυξήθηκε από 0,48 gr (μάρτυρας) σε 1,51 gr (υδατικό στρες). Το ξηρό βάρος της ρίζας υπερτριπλασιάστηκε, από 0,21 gr στο μάρτυρα έφθασε τα 0,76 gr στο χειρισμό με το υδατικό στρες. Ο λόγος R/S αυξήθηκε από 0,13 σε 0,29 και η συνολική βιομάζα των φυταρίων διπλασιάστηκε (από 1,87 gr σε 3,54 gr αντίστοιχα). Ιδιαίτερη όμως ήταν η αύξηση που παρατηρήθηκε στην μορφολογία της ρίζας. Το υδατικό στρες αύξησε εντυπωσιακά το συνολικό μήκος της ρίζας από 140 cm (μάρτυρας) σε 486,3 cm (υδατικό στρες), την επιφάνεια της ρίζας από 22,7 cm<sup>2</sup> σε 76,3 cm<sup>2</sup> και τον συνολικό όγκο της ρίζας από 0,30 cm<sup>3</sup> σε 0,98 cm<sup>3</sup> αντίστοιχα. Αντίθετα όπως φαίνεται στον ίδιο πίνακα, το υδατικό στρες μείωσε το ειδικό βάρος των φύλλων (SLW) από 134,8 cm<sup>2</sup>/gr (μάρτυρας) σε 103,4 cm<sup>2</sup>/gr (υδατικό στρες), ενώ δεν επηρέασε ιδιαίτερα το ξηρό βάρος του βλαστού.

Η μέτρηση του υδατικού δυναμικού των φύλλων τις πρώτες πρωινές ώρες ( $\Psi_{pd}$ ), στο τέλος της αυξητικής περιόδου, έδειξε ότι το υδατικό δυναμικό των φυταρίων που υποβλήθηκαν σε υδατικό στρες ήταν μεγαλύτερο (-23 bars) σε σχέση με αυτό των φυταρίων του μάρτυρα (-16 bars) (Σχήμα 1). Αντίθετα το σχετικό υδατικό περιεχόμενο των φύλλων (RWC) δεν διέφερε μεταξύ των δύο χειρισμών (Σχήμα 2).

**Πίνακας 1:** Μέσοι όροι του ύψους, της διαμέτρου και του αριθμού των φύλλων, των μονοετών φυταρίων στους δύο χειρισμούς, Δεκέμβριος 1998.

**Table 1:** Average of shoot height, diameter and leaf number of control and stressed seedlings, December 1998.

	Χειρισμός	Ύψος βλαστού (cm)	Διάμετρος (mm)	Αριθμός φύλλων
C.siliqua	M	21,93a	3,32a	29a
	Ó	18,61b	3,06b	22b
M.arborea	Ì	66,02NS	3,79NS	-
	Ó	67,27NS	3,74NS	-
Q.coccifera	M	25,55NS	3,11NS	36NS
	Ó	22,00NS	3,43NS	30NS
Q.illex	Ì	28,18a	3,54NS	24NS
	Ó	22,62b	3,47NS	22NS

- Στην ίδια στήλη και για το ίδιο είδος, οι τιμές που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα, διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους ( $p=0,05$ , Duncan test).

- NS : στατιστικά μη σημαντικό

- M= μάρτυρας (όχι στρες), Ó= δόδαρια που υποβλήθηκαν σε υδατικό στρες

#### Πουρνάρι (*Quercus coccifera*)

Όπως φαίνεται στον πίνακα 1, η εφαρμογή υδατικού στρες μείωσε το ύψος των φυταρίων του πουρνναριού καθώς και τον αριθμό των φύλλων τους και αύξησε τη διάμετρό τους. Οι διαφορές όμως αυτές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές. Το ύψος των φυταρίων έφθασε στα 25,5 και 22 cm για του δύο χειρισμούς (μάρτυρας και υδατικό στρες αντίστοιχα), η διάμετρος έφθασε τα 3,1 και 3,4 mm και ο αριθμός των φύλλων ανά φυτάριο τα 36 και 30 αντίστοιχα.

Το ξηρό βάρος των φύλλων, του βλαστού και της ρίζας, ο λόγος R/S και το συνολικό βάρος των φυταρίων, δεν επηρεάστηκαν επίσης από την εφαρμογή του υδατικού στρες (Πίνακας 2). Αντίθετα το ειδικό βάρος των φύλλων (SLW) επηρεάστηκε από την εφαρμογή του υδατικού στρες και μειώθηκε από 103,4  $\text{cm}^2/\text{gr}$  (μάρτυρας) σε 84,6  $\text{cm}^2/\text{gr}$  (υδατικό στρες). Ιδιαίτερη όμως ήταν η αύξηση που προκάλεσε το υδατικό στρες στο μήκος και στην επιφάνεια της ρίζας. Το συνολικό μήκος ρίζας σχεδόν διπλασιάστηκε από 119 εκ. (μάρτυρας) έφθασε τα 207,4 cm (υδατικό στρες) και η επιφάνεια της ρίζας αυξήθηκε από 24,6  $\text{cm}^2$  σε 41  $\text{cm}^2$  αντίστοιχα (Πίνακας 2).

Το υδατικό δυναμικό των φύλλων ( $\Psi_{pd}$ ), στο τέλος της αυξητικής περιόδου, βρέθηκε αρκετά υψηλότερο στα φυτά που υποβλήθηκαν σε υδατικό στρες (-21 bars) σε σχέση με αυτά του μάρτυρα (-14 bars) (Σχήμα 1), ενώ το σχετικό υδατικό περιεχόμενο των φύλλων (RWC) παρουσίασε μικρές διαφορές μεταξύ των δύο χειρισμών (Σχήμα 2).

**Πίνακας 2:** Υπόλοιπα μορφολογικά χαρακτηριστικά των μονοετών φυταρίων, στους δύο χειρισμούς, Δεκέμβριος 1998.

**Table 2:** Rest morphological characteristics of one-year old seedlings, in both treatments, December 1998.

	<i>C.siliqua</i>		<i>M.arborea</i>		<i>Q.ilex</i>		<i>Q.coccifera</i>	
	M	Σ	M	Σ	M	Σ	M	Σ
Ξηρό βάρος φύλλων (gr)	0,80	1,13	0,67	1,12	0,48	1,51	0,65	0,58
Ξηρό βάρος βλαστού (gr)	1,15	1,01	2,29	4,11	1,18	1,27	1,03	0,96
Ξηρό βάρος ρίζας (gr)	0,25	0,36	0,44	0,79	0,21	0,76	0,60	0,61
R/S	0,12	0,15	0,30	0,09	0,13	0,29	0,35	0,35
Συνολική βιομάζα (gr)	2,20	2,50	3,74	5,66	1,87	3,54	2,28	2,15
SLW (mg/cm <sup>2</sup> )	6,46	6,88	2,52	2,95	7,42	9,67	9,67	11,82
Συνολ. μήκος ρίζας (cm)	273,2	236,0	944,9	995,8	140,0	486,3	119,0	207,4
Επιφάνεια ρίζας (cm <sup>2</sup> )	51,68	57,47	106,43	123,69	22,69	76,28	24,63	40,89
Όγκος ρίζας (cm <sup>3</sup> )	0,79	1,17	0,98	1,26	0,30	0,98	1,06	0,78

- **M** = iάρτυρας (όχι στρες), **Σ** = οδάρια που υποβλήθηκαν σε υδατικό στρες

- **R/S** = Ξηρό βάρος ρίζας/ ξηρό βάρος υπέργειου (βλαστός +φύλλα)

- **SLW** = áέáέό βάρος φύλλων

#### Χαρουπιά (*Ceratonía siliqua*)

Η εφαρμογή του υδατικού στρες μείωσε σημαντικά το ύψος βλαστού ( $P < 0,001$ ), την διάμετρο ( $P < 0,05$ ) και τον αριθμό των φύλλων ( $P < 0,001$ ) των φυταρίων της χαρουπιάς (Πίνακας 1). Το ύψος του βλαστού μειώθηκε από 21,9 cm (μάρτυρας) σε 18,6 cm (υδατικό στρες). Η τιμή της διαμέτρου μειώθηκε από 3,32 mm σε 3,06 mm και ο αριθμός των φύλλων μειώθηκε από 29 σε 22 αντίστοιχα.

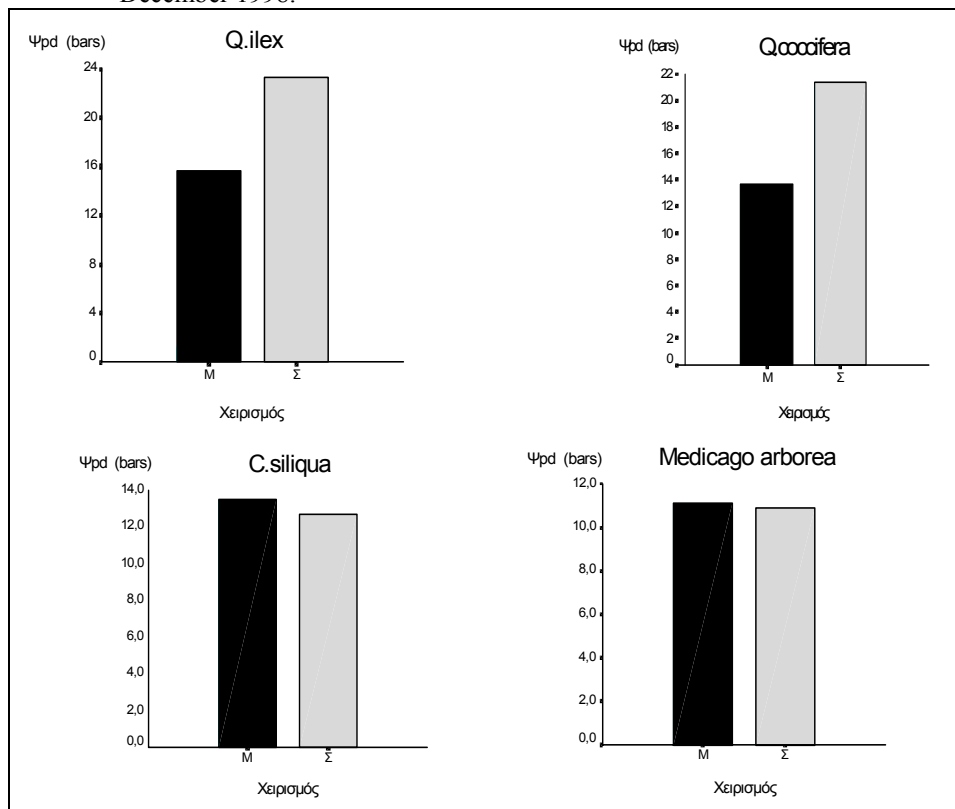
Στην βιομάζα των φυταρίων παρατηρήθηκαν μικρές διαφορές μεταξύ των δύο χειρισμών. Στον χειρισμό του υδατικού στρες, το ξηρό βάρος των φύλλων αυξήθηκε σε σχέση με τον μάρτυρα από 0,8 gr σε 1,13 gr, το ξηρό βάρος της ρίζας από 0,25 gr σε 0,36 gr και η συνολική βιομάζα των φυταρίων από 2,2 gr σε 2,5 gr αντίστοιχα (Πίνακας 2). Το ξηρό βάρος βλαστού και ο λόγος R/S δεν επηρεάστηκαν σημαντικά από το υδατικό στρες. Το ειδικό βάρος των φύλλων (SLW) των φυταρίων που υποβλήθηκαν στο υδατικό στρες ήταν ελαφρά μικρότερο σε σχέση με αυτό των φυταρίων του μάρτυρα (145,3 cm<sup>2</sup>/gr και 154,9 cm<sup>2</sup>/gr αντίστοιχα). Όσον αφορά την μορφολογία της ρίζας, τα φυτά που υποβλήθηκαν σε υδατικό στρες είχαν μεγαλύτερη επιφάνεια και όγκο ρίζας (57,47 cm<sup>2</sup> και 1,17 cm<sup>3</sup> έναντι 51,68 cm<sup>2</sup> και 0,79 cm<sup>3</sup> του μάρτυρα) και μικρότερο συνολικό μήκος ρίζας σε σχέση με τα φυτά του μάρτυρα (Πίνακας 2).

Το υδατικό δυναμικό ( $\Psi_{pd}$ ) και το σχετικό υδατικό περιεχόμενο (RWC) των φύλλων δεν παρουσίασαν διαφορές μεταξύ των φυταρίων που υποβλήθηκαν στο

υδατικό στρες και των φυταρίων του μάρτυρα. Το υδατικό δυναμικό κυμάνθηκε από -13,1 έως -13,5 bars (Σχήμα 1) και το σχετικό υδατικό περιεχόμενο από 88 έως 90% (Σχήμα 2).

**Σχήμα 1:** Υδατικό δυναμικό των φύλλων, στα διάφορα είδη και στους δύο χειρισμούς, Δεκέμβριος 1998.

**Figure 1:** Predawn leaf water potential, for all species and in both treatments, December 1998.



- M : μάρτυρας, Σ : φυτάρια που υποβλήθηκαν σε υδατικό στρες
- Οι τιμές του υδατικού δυναμικού στον άξονα του Ψ, είναι αρνητικές

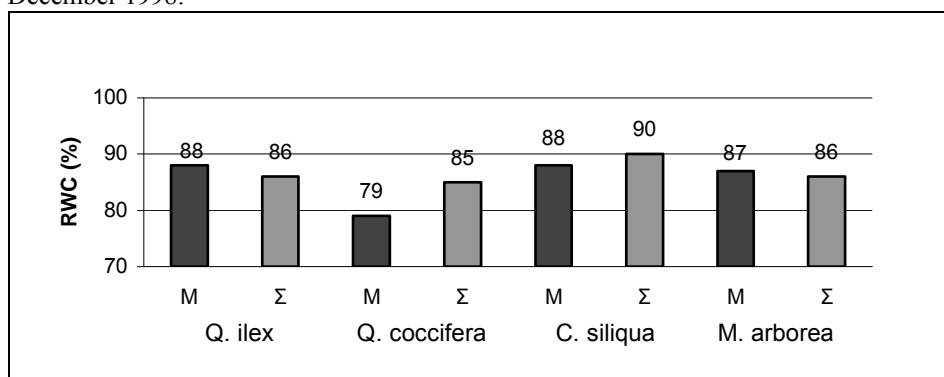
#### **Μηδική δενδρώδης (*Medicago arborea*)**

Όπως φαίνεται στον πίνακα 1, η εφαρμογή του υδατικού στρες δεν επηρέασε το ύψος βλαστού και την διάμετρο των φυταρίων της μηδικής. Το ύψος των φυταρίων έφθασε τα

66,02 (μάρτυρας) και 67,27 cm (υδατικό στρες), ενώ η μέση διάμετρος τα 3,79 και 3,74 mm αντίστοιχα.

**Σχήμα 2:** Σχετικό υδατικό περιεχόμενο των φύλλων, στον μάρτυρα (Μ) και στον χειρισμό του στρες (Σ), Δεκέμβριος 1998.

**Figure 2:** Leaf relative water content, in control (M) and water stress treatment (Σ), December 1998.



Αντίθετα η εφαρμογή του υδατικού στρες αύξησε σχεδόν στο διπλάσιο το ξηρό βάρος των φύλλων και το ξηρό βάρος του βλαστού των φυταρίων (Πίνακας 2). Επίσης το ξηρό βάρος της ρίζας αυξήθηκε από 0,44 gr (μάρτυρας) σε 0,79 gr (υδατικό στρες) και το ολικό ξηρό βάρος των φυταρίων από 3,74 gr σε 5,66 gr αντίστοιχα. Ο λόγος R/S μειώθηκε στο 1/3 στα φυτάρια που υποβλήθηκαν στο υδατικό στρες (από 0,30 σε 0,09). Επίσης το υδατικό στρες μείωσε το ειδικό βάρος των φύλλων από 397,6 cm<sup>2</sup>/gr (μάρτυρας) σε 339,3 cm<sup>2</sup>/gr (υδατικό στρες). Από τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της ρίζας, το μήκος και η επιφάνεια της ρίζας έδειξαν να υπερέχουν στο χειρισμό του υδατικού στρες, ενώ ο όγκος της ρίζας διέφερε ελάχιστα μεταξύ των δύο χειρισμών. Έτσι το συνολικό μήκος της ρίζας αυξήθηκε από 944,9 cm σε 995,8 cm και η επιφάνεια της ρίζας από 106,43 cm<sup>2</sup> σε 123,69 cm<sup>2</sup> αντίστοιχα.

Το υδατικό δυναμικό των φύλλων, στο τέλος της αυξητικής περιόδου, δεν διέφερε μεταξύ των φυταρίων του μάρτυρα και των φυταρίων που υποβλήθηκαν στο υδατικό στρες και κυμάνθηκε από -10,9 έως -11,1 bars (Σχήμα 1). Επίσης το σχετικό υδατικό περιεχόμενο των φύλλων, όπως φαίνεται στο σχήμα 2, δεν παρουσίασε διαφορές μεταξύ των δύο χειρισμών.

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων του πειράματος προέκυψε ότι η εφαρμογή του υδατικού στρες συμβάλλει στην σκληραγώγηση των φυταρίων και προσδίδει σ' αυτά τέτοια χαρακτηριστικά τα οποία αυξάνουν την πιθανότητα επιβίωσής τους σε δυσμενείς ξηροθερμικές περιοχές, οι οποίες χαρακτηρίζονται από μεγάλη έλλειψη υγρασίας κατά τη διάρκεια της αυξητικής περιόδου. Τα φυτάρια που υποβλήθηκαν σε



υδατικό στρες ήταν γενικά μικρότερου ύψους (εκτός από τα φυτάρια της μηδικής), περίπου ίδιας διαμέτρου και μεγαλύτερου ξηρού βάρους σε σχέση με τον μάρτυρα. Ανάλογα αποτελέσματα προέκυψαν από την εφαρμογή υδατικού στρες σε φυτάρια της Douglas-fir και της Lodgepole pine, τα οποία στο τέλος της αυξητικής περιόδου είχαν μικρότερο ύψος και μεγαλύτερο ξηρό βάρος, ενώ ο λόγος ύψους / διάμετρος (h/d) επηρεάστηκε ελάχιστα (Van den Driessche 1990).

Χαρακτηριστική ήταν η μεγάλη επίδραση του υδατικού στρες στην αύξηση της επιφάνειας και του όγκου της ρίζας των φυταρίων, ανεξάρτητα του φυτικού είδους. Ανάλογα αποτελέσματα αναφέρουν και οι Rhizopoulou και Davies (1991), οι οποίοι καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η εφαρμογή ενός μέτριου υδατικού στρες, τις περισσότερες φορές διεγείρει την επέκταση του ριζικού συστήματος και συμβάλλει στην αύξηση του ξηρού του βάρους.

Οι παραπάνω ιδιότητες (φυτά ίδιας διαμέτρου αλλά χαμηλότερα και με πλουσιότερο και πιο ινώδες ριζικό σύστημα) θεωρούνται ότι αυξάνουν την ικανότητα των φυταρίων να αντεπεξέλθουν την ξηρασία και να εκμεταλλευτούν καλύτερα τα υδατικά αποθέματα του εδάφους (Johnson και Cline 1991).

Το είδος που αντέδρασε εντονότερα στο υδατικό στρες ήταν η αριά. Αντίθετα η μηδική και η χαρουπιά αντέδρασαν λιγότερο, γεγονός το οποίο πιθανόν να σημαίνει ότι γ' αυτά τα είδη έπρεπε να αυξηθεί η περίοδος του στρες ή να εφαρμοσθούν δύο ή περισσότεροι κύκλοι ξηρασίας. Σύμφωνα με τους Rhizopoulou και Mitrakos (1990), το υδατικό δυναμικό σε ώριμα φύλλα χαρουπιάς μπορεί να φθάσει στα -25bars χωρίς το φυτό να έχει υποστεί καταστροφές των φυσιολογικών του λειτουργιών. Επίσης σε πειράματα που έγιναν εφαρμόζοντας υδατικό στρες διάρκειας 24 ημερών σε νεαρά φυτάρια χαρουπιάς, βρέθηκε ότι η ανάπτυξη της ρίζας των φυταρίων επηρεάστηκε ελάχιστα, ενώ το υδατικό δυναμικό των φύλλων, το οποίο άρχισε να αυξάνει μετά την 11<sup>η</sup> μέρα, έφθασε στα -22bars στο τέλος της εφαρμογής του υδατικού στρες (Rhizopoulou και Davies 1991). Αντίθετα στο παρόν πείραμα το υδατικό δυναμικό της χαρουπιάς παρέμεινε χαμηλό (-13,1 bars) μετά την εφαρμογή του στρες, γεγονός που υποδεικνύει ότι η διάρκεια του στρες δεν ήταν αρκετή για την σκληραγώγηση των φυταρίων της χαρουπιάς.

Με βάση τα παραπάνω, τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την εργασία αυτή είναι:

- Η εφαρμογή μέτριας έντασης υδατικού στρες (έως -15bars) κατά τη διάρκεια παραγωγής βλοφοφύτων φυταρίων φαίνεται ότι αποτελεί αποτελεσματικό μέσο σκληραγώγησης των φυταρίων.
- Η εφαρμογή του υδατικού στρες στην αριά, το πουρνάρι και τη χαρουπιά δίνει φυτάρια με μικρότερο ύψος και μειώνει το λόγο h/d.
- Η εφαρμογή του χειρισμού δίνει για όλα τα είδη, φυτάρια με πλούσιο ριζικό σύστημα (μεγαλύτερο ξηρό βάρος, όγκο και επιφάνεια ρίζας).
- Το υδατικό στρες διάρκειας 12 ημερών αυξάνει σημαντικά το υδατικό δυναμικό των φύλλων των ειδών δρυός (αριά και πουρνάρι), χωρίς όμως να προκληθούν βλάβες στα φυτάρια, γεγονός που σημαίνει ότι η ένταση αυτή του στρες είναι ικανοποιητική για τα είδη αυτά.

- Για τα είδη μηδική και χαρουπιά, των οποίων το υδατικό δυναμικό των φύλλων δεν επηρεάστηκε από την εφαρμογή του μέτριου υδατικού στρες, προτείνεται η δοκιμή μεγαλύτερης διάρκειας υδατικού στρες ή η εφαρμογή περισσότερων κύκλων στρες.

Τέλος όσον αφορά την αξιοποίηση των συμπερασμάτων στη δασική πράξη, προτείνεται το υδατικό στρες να εφαρμόζεται σε όλα τα φυτάρια των ειδών που προορίζονται για αναδασώσεις ξηρών περιοχών της χώρας, με παρατεταμένη ξηρή περίοδο και γενικότερα στη ζώνη βλάστησης των αειφύλλων πλατυφύλλων (*Quercetalia ilicis*) καθώς και στη μεταβατική ζώνη που πουνναριού (*Ostrya carpinion*). Ένας γενικός κανόνας είναι η εφαρμογή ενός μέτριου υδατικού στρες (όπου το υδατικό δυναμικό των φύλλων δεν πρέπει να ξεπερνά τα -15bars) να ξεκινά αμέσως όταν τα φυτάρια αποκτήσουν το κατάλληλο ύψος και διάμετρο (Duryea 1984). Για τις πλέον ξηροθερμικές περιοχές και τα αντίστοιχα είδη που χρησιμοποιούνται (Χατζηστάθης και Ντάφης 1989), προτείνεται η δοκιμή περισσότερο κύκλων υδατικού στρες.

## WATER STRESS EFFECT ON THE QUALITY OF ONE-YEAR OLD CONTAINER SEEDLINGS

M. TSAKALDIMI, P. GANATSAS, N. GOUNARIS, TH. ZAGAS, TH. TSITSONI  
AND A. HATZISTATHIS

*Aristotle University of Thessaloniki, Department of Forestry and Natural Environment,  
Laboratory of Silviculture,  
P.O. Box 262, 54 006 - Thessaloniki*

### Abstract

This study deals with the production of drought tolerant planting material and examines the water stress effect on the seedlings morphology and physiology. One year old container seedlings were subjected to one cycle water stress (-15 bars). The experiment was carried out in the Laboratory of Silviculture, in Thessaloniki, and included the following mediterranean species: *Quercus ilex*, *Quercus coccifera*, *Ceratonia siliqua* and *Medicago arborea*. Seedling quality was evaluated by physiological (leaf water potential and relative water content) and morphological characteristics (shoot height, root collar diameter, number of leaves, dry weight and root measurements), at the end of the growth period. The application of water stress increased the leaf predawn water potential ( $\Psi_{pd}$ ) of the species *Q. ilex* and *Q. coccifera*, while did not affect the leaf water content (RWC) of all the species used. Water stressed *Q. ilex*, *Q. coccifera* and *C. siliqua* seedlings were shorter and with lower number of leaves than control seedlings. Water stress also increased leaf dry weight in *C. siliqua*, *M. arborea* and *Q. ilex* seedlings. In *M. arborea* seedlings the application of water stress increased shoot dry weight and total plant biomass, but decreased the root/shoot ratio. Root surface area and root volume increased in all seedlings subjected to the water stress.

**Keywords:** *Quercus ilex*, *Quercus coccifera*, *Ceratonia siliqua*, *Medicago arborea*, water potential, RWC, seedling morphology.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Abril M. and Hanano R. 1998. Ecophysiological responses of three evergreen woody Mediterranean species to water stress. *Acta Oecologia* 19 (4): 377-387.
- Duryea M. L. 1984. Nursery cultural practices: Impacts on seedling quality. In Duryea M.L., Landis T.D. (eds), *Forest Nursery Manual: Production of Bareroot Seedlings*. Martinus Nijhoff/ Dr W. Junk Publishers, The Hague/ Boston/ Lancaster, for Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis. 386 p.
- Johnson J.D. and Cline M.L. 1991. Seedling quality of southern pines. In *Forest Regeneration Manual*, M.L. Duryea and P.M. Dougherty (eds). Kluwer Academic Publishers, p. 143-159.
- Joly R.J. 1985. Techniques for determining seedling water status and their effectiveness in assessing stress. In *Evaluating seedling quality: Principles, procedures and predictive abilities of major tests*, edited by M.L. Duryea, Forest Research Laboratory, Oregon State University, p.143.
- Landis T.D. 1994. Seedling nutrition and irrigation. In Landis T.D., Tinus R.W., McDonald S. E., Barnett J. P. (eds) *The Container Tree Nursery Manual, Volume 4. Agric. Handbook 674*. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service: 69-118.
- Ludovici K. H. and Morris L.A. 1996. Responses of Loblolly pine, sweetgum and grab grass roots to localized increases in nitrogen in two water regimes. *Tree Physiology* 16: 933-939.
- Oddiraju V.G., Beyl C.A., Barker P.A. and Stutte G.W. 1994. Container size alters root growth of Western Black Cherry as measured via image analysis. *HortScience* 29 (8): 910-913.
- Rhizopoulou S. and Mitrakos K. 1990. Water relations of evergreen sclerophylls. I. Seasonal changes in water relations of eleven species from the same environment. *Annals of Botany* 65: 171-178.
- Rhizopoulou S. and Davies W. J. 1991. Influence of soil drying on root development, water relations and leaf growth of *Ceratonia siliqua* L. *Oecologia* 88: 41-47.
- Save R., Biel C., Domingo R., Ruiz-Sanchez M. C. and Torrecillas A., 1995. Some physiological and morphological characteristics of citrus plants for drought resistance. *Plant Science* 110: 167-172.
- Thompson B.E. 1985. Seedling morphological evaluation- What you can tell by looking. In *Evaluating seedling quality: Principles, procedures and predictive abilities of major tests*, edited by M.L. Duryea, Forest Research Laboratory, Oregon State University. 143 p.
- Van den Driessche R. 1990. Influence of container nursery regimes on drought resistance of seedlings following planting. I. Survival and growth. *Can. J. For. Res.* 21: 555-565.
- Χατζηστάθης Α. και Ντάφης Σ. 1989. Αναδασώσεις - Δασικά Φυτώρια. Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη, σελ. 265.