

Συγκριτική υδροδυναμική συμπεριφορά δύο πληθυσμών της *Dactylis glomerata* L. διαφορετικής βιοκλιματικής προέλευσης

Ε. Αβραάμ, Σ. Σωτηρά, Ε. Ζησίμου, Κ. Τσουρή και Β. Νοιτσάκης

Εργαστήριο Δασικών Βοσκοτόπων (236), Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 541 24 Θεσσαλονίκη, e-mail: eabraham@for.auth.gr

Περίληψη

Δύο πληθυσμοί της *Dactylis glomerata* L. από διαφορετικές βιοκλιματικές ζώνες μελετήθηκαν υπό τις ίδιες κλιματικές συνθήκες, με σκοπό τη διάγνωση πιθανών διαφορών του υδροδυναμικού μηχανισμού προσαρμογής σε συνθήκες ξηρασίας. Ο ένας πληθυσμός προέρχονταν από την περιοχή Ταξιάρχη (Ν. Χαλκιδικής) και ο δεύτερος από το όρος Ίδη και την περιοχή Ομαλού της Κρήτης. Στους δύο πληθυσμούς εφαρμόστηκαν δύο υδατικές δίαιτες (κανονική και φυσική). Τα δεδομένα συνηγορούν ότι ο πληθυσμός της Κρήτης διατηρεί υψηλότερο σχετικό υδατικό περιεχόμενο και υψηλότερο υδατικό δυναμικό συγκριτικά με τον πληθυσμό του Ταξιάρχη. Αυτό πιθανώς οφείλεται στην ήδη προσαρμογή του πληθυσμού της Κρήτης σε εντονότερες συνθήκες ξηρασίας σε σχέση με τον πληθυσμό του Ταξιάρχη. Επιπρόσθετα, η ισουδρική συμπεριφορά του Κρητικού πληθυσμού υποδεικνύει ότι η στοματική αγωγιμότητα αποτελεί τον κυριότερο μηχανισμό προσαρμογής του πληθυσμού της Κρήτης σε συνθήκες ξηρασίας. Αντίθετα, η ανισουδρική συμπεριφορά του πληθυσμού του Ταξιάρχη υποδεικνύει πολυπλοκότερους μηχανισμούς προσαρμογής.

Λέξεις κλειδιά: Προσαρμογή, υδατική καταπόνηση, υδατικές σχέσεις.

Εισαγωγή

Ένας από τους κυριότερους αβιοτικούς παράγοντες, ο οποίος περιορίζει την παραγωγή βιομάζας των περισσότερων καλλιεργειών στα εύκρατα κλίματα είναι η χαμηλή διαθεσιμότητα σε νερό κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου (Boyer 1982). Τα φυτικά είδη επιβιώνουν σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης, αναπτύσσοντας διάφορους μορφολογικούς και φυσιολογικούς μηχανισμούς (Beard 1989). Οι μηχανισμοί αυτοί περιγράφονται με το γενικό όρο αντοχή των φυτών στην υδατική καταπόνηση και διακρίνονται σε: 1) μηχανισμούς αποφυγής αφυδάτωσης, με τη βοήθεια των οποίων το φυτό προστατεύει τους ιστούς του διατηρώντας θετικό υδατικό δυναμικό κατά τη διάρκεια της υδατικής καταπόνησης, 2) μηχανισμούς αντοχής στην αφυδάτωση, με τη βοήθεια των οποίων το φυτό ελαχιστοποιεί τις ζημιές των ιστών του σε χαμηλό υδατικό δυναμικό και 3) μηχανισμούς διαφυγής, με τη βοήθεια των οποίων το φυτό ολοκληρώνει τον κύκλο της ζωής του πριν από την υδατική καταπόνηση (Beard 1989). Ακόμη και μέσα στο ίδιο είδος οι μηχανισμοί αυτοί μπορεί να είναι διαφορετικοί σε πληθυσμούς που αναπτύσσονται σε διαφορετικά οικοσυστήματα (Beard, 1989).

Η *Dactylis glomerata* (D.gl) είναι ένα ψυχρόβιο, πολυετές αγρωστώδες ευρείας εξάπλωσης, εύγευστο με υψηλή θρεπτική αξία (Νάσσης 1987) και αντοχή στη βόσκηση (Thomas 1986). Για την Ελλάδα είναι ένα από τα πολυτιμότερα λιβαδικά φυτά, επιθυμητό για

βόσκηση από όλα τα είδη των ζώων και ιδιαίτερα κατάλληλο για βελτιώσεις των υποβαθμισμένων λιβαδικών εκτάσεων (Παπαναστάσης και Καραγιαννακίδου-Παπαδημητρίου 1983). Οι πληθυσμοί του είδους αναπτύσσονται σε ποικίλα εδαφοκλιματικά περιβάλλοντα και μεταξύ τους έχουν παρατηρηθεί σημαντικές διαφορές ως προς την ικανότητα αύξησης και επιβίωσης κάτω από συνθήκες ξηρασίας (Voltaire 1991). Γενικά, η αντοχή του είδους στην υδατική καταπόνηση αναφέρεται ότι οφείλεται τόσο σε μηχανισμούς αποφυγής της αφυδάτωσης όσο και σε μηχανισμούς αντοχής (Voltaire and Thomas 1995). Όμως, σε πληθυσμούς που αναπτύσσονται στις ξηρότερες περιοχές εξάπλωσης του είδους έχουν παρατηρηθεί κυρίως μηχανισμοί αποφυγής της αφυδάτωσης (Voltaire et al. 2005). Στην Ελλάδα πληθυσμοί της *D.g1* απαντώνται σε διαφορετικές και ποικίλες βιοκλιματικές ζώνες. Για το λόγο αυτό, αποκτά ιδιαίτερο ενδιαφέρον η μελέτη της μεταβολής της κυριότερης υδροδυναμικής παραμέτρου, δηλαδή του υδατικού δυναμικού (ψ), όταν οι πληθυσμοί του είδους συνυπάρξουν υπό τις ίδιες κλιματικές συνθήκες.

Σκοπός αυτής της εργασίας ήταν να μελετηθεί η μεταβολή της υδροδυναμικής συμπεριφοράς κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης, σε δύο πληθυσμούς της *D.g1* προσαρμοσμένους σε διαφορετικά εδαφοκλιματικά περιβάλλοντα αλλά μεταφερόμενους και αναπτυσσόμενους υπό το αυτό βιοκλίμα.

Υλικά και μέθοδοι

Η έρευνα έγινε στο λιβαδοπονικό κήπο του εργαστηρίου Δασικών Βοσκοτόπων στην περιοχή Θέρμης του Νομού Θεσσαλονίκης σε υψόμετρο σχεδόν μηδενικό από την επιφάνεια της θάλασσας. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε το Φθινόπωρο (μέτρια υδατική καταπόνηση), Σεπτέμβριο με Οκτώβριο του 2004, και τέλος της Άνοιξης (έντονη υδατική καταπόνηση), Μάιο με Ιούνιο του 2005. Η μέση εβδομαδιαία θερμοκρασία αέρα για τις δύο περιόδους κυμάνθηκε από 15°C μέχρι 21 °C και από 17 °C μέχρι 25 °C αντίστοιχα. Το μέσο εβδομαδιαίο ύψος βροχόπτωσης ήταν την πρώτη περίοδο 0,03 χλσ. έως 7,2 χλσ. και 0 χλσ. έως 7,5 χλσ. τη δεύτερη. Η αντίστοιχη σχετική υγρασία για τις δύο περιόδους κυμάνθηκε από 65,7% μέχρι 82,6% και από 53,2% μέχρι 74%. Με βάση τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία του αέρα υπολογίστηκε το υδατικό έλλειμμα ατμόσφαιρας (Vapor Pressure Deficit), ως $VPD = e_T - e_a$ (Brenner, 1996), όπου $e_T = 0,6 \exp 17,3(T-273)/(T-36)$, $e_a = h_f e_{Ta}$, όπου h_f η σχετική υγρασία επί τοις εκατό (%) και T_a η θερμοκρασία του αέρα.

Πίνακας 1. Υδατικό έλλειμμα ατμόσφαιρας την Άνοιξη και το Φθινόπωρο.

Υδατικό έλλειμμα ατμόσφαιρας	
Άνοιξη 10-14 mbs	Φθινόπωρο 6-8 mbs

Οι σπόροι της *D.g1*, που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα, συλλέχθηκαν τυχαία από πληθυσμούς της περιοχής Ταξιάρχη (Χαλκιδική) και από το όρος Ιδη και την περιοχή Ομαλού (Κρήτη). Οι σπόροι σπάρθηκαν σε πλαστικά δοχεία που περιείχαν τύρφη. Μετά από ένα μήνα περίπου, έγινε μεταφύτευση σε 24 γλάστρες (10L) (ένα φυτό σε κάθε γλάστρα), για κάθε πληθυσμό και εφαρμόστηκαν δύο υδατικές δίαιτες (χειρισμοί): 1) χειρισμός φυσικής υδατικής δίαιτας (τα φυτά δέχονταν μόνο το νερό της βροχής), σε 18 γλάστρες για κάθε πληθυσμό και 2) χειρισμός κανονικής υδατικής δίαιτας (τα φυτά ήταν σε κατάσταση υδατοκορεσμού), σε 6 γλάστρες για κάθε πληθυσμό.

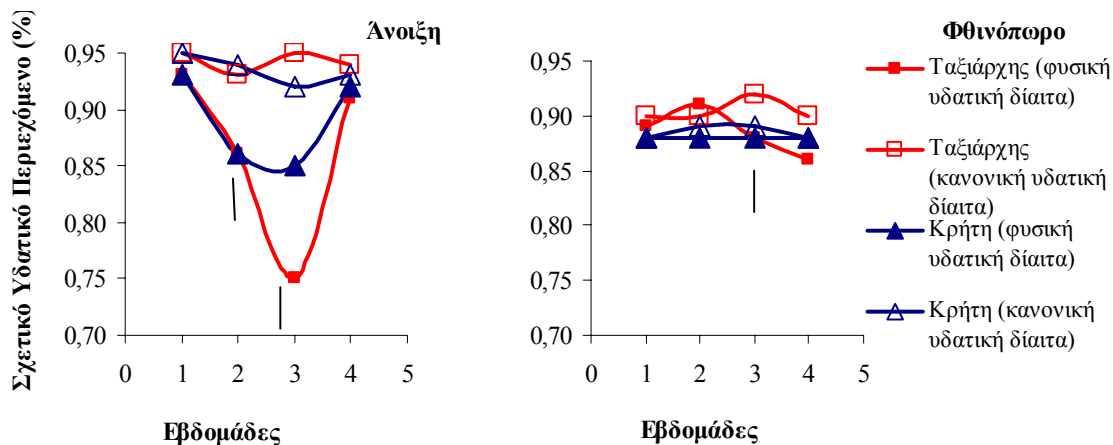
Το υδατικό δυναμικό μετρήθηκε σε 6 πλήρως ανεπτυγμένα ώριμα φύλλα για κάθε γλάστρα στις 7 π.μ. και στις 2 μ.μ. με τη μέθοδο του θαλάμου πίεσης (Turner 1981; Koide et al. 1991). Το διαφορικό υδατικό δυναμικό υπολογίστηκε ως η διαφορά του υδατικού δυναμικού στις 7 π.μ. και στις 2 μ.μ. Για τη μέτρηση του σχετικού υδατικού περιεχομένου

εξήχθησαν 6 δίσκοι διαμέτρου 4 χλσ. περίπου από τα πλήρως ανεπτυγμένα φύλλα από τις ίδιες γλάστρες που χρησιμοποιήθηκαν για τη μέτρηση του υδατικού δυναμικού. Οι δίσκοι αφού ζυγίστηκαν για τον προσδιορισμό του νεπού βάρους (FW), τοποθετήθηκαν σε μαύρα δοχεία με απεσταγμένο νερό για 10 ώρες μέσα σε ψυγείο προς πλήρη εφυδάτωση. Στη συνέχεια ζυγίστηκαν για τον προσδιορισμό του βάρους σε κατάσταση κορεσμού (SW). Το ξηρό βάρος (DW) υπολογίστηκε μετά από ξήρανση των δισκίων στους 80°C μέχρι σταθερού βάρους για 24 ώρες. Το σχετικό υδατικό περιεχόμενο (RWC) του φύλλου υπολογίστηκε: $RWC = [(FW-DW) / (SW-DW)] \times 100$ (Koide et al. 1991). Όλες οι παραπάνω μετρήσεις επαναλαμβάνονταν κάθε εβδομάδα για ένα περίπου μήνα.

Η στατιστική επεξεργασία έγινε με το στατιστικό πακέτο SPSS 12 for Windows. Το πειραματικό σχέδιο ήταν πλήρως τυχαίο. Η διερεύνηση των διαφορών μεταξύ των μέσων όρων των πληθυσμών και των χειρισμών (ποτισμένα –απότιστα) έγινε με ανάλυση της διακύμανσης (Steel and Torrie 1980). Για τις συγκρίσεις των μέσων όρων χρησιμοποιήθηκε το κριτήριο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (LSD) (Steel and Torrie 1980).

Αποτελέσματα και συζήτηση

Το σχετικό υδατικό περιεχόμενο στο χειρισμό της φυσικής υδατικής δίαιτας είναι σημαντικά χαμηλότερο συγκριτικά με το χειρισμό της κανονικής υδατικής δίαιτας την Άνοιξη και στους δύο πληθυσμούς (Εικόνα 1). Μεταξύ των δύο πληθυσμών, αυτός της Κρήτης στο χειρισμό της φυσικής υδατικής δίαιτας διατηρεί σημαντικά υψηλότερο σχετικό υδατικό περιεχόμενο συγκριτικά με τον πληθυσμό του Ταξιάρχη. Αντίθετα, το Φθινόπωρο σε γενικές γραμμές δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές τόσο μεταξύ των χειρισμών όσο και μεταξύ των πληθυσμών (Εικόνα 1). Προφανώς διότι οι διαπνευστικές ατμοσφαιρικές απαιτήσεις είναι μικρότερες το Φθινόπωρο συγκριτικά με την Άνοιξη (Πίνακας 1).

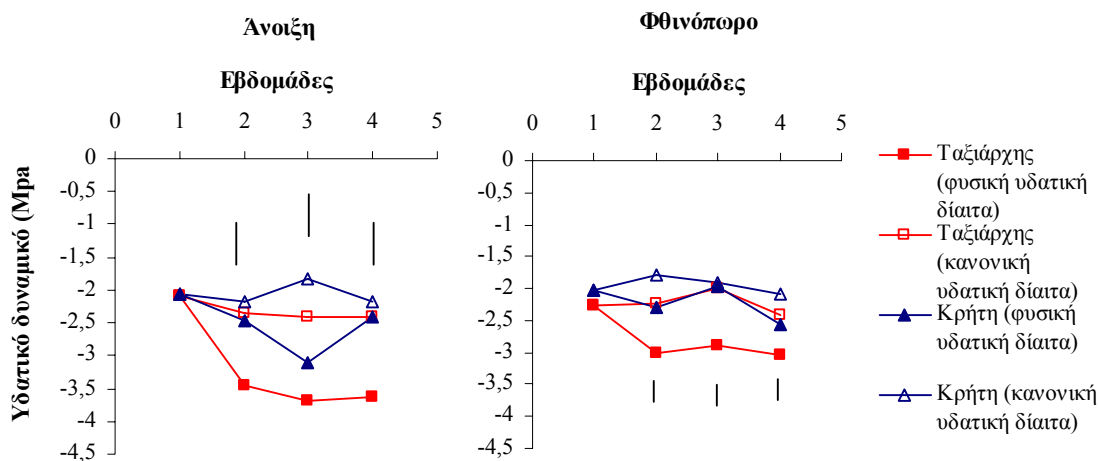


Οι κάθετες γραμμές αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) μεταξύ χειρισμών και πληθυσμών για $P \leq 0,05$.

Εικόνα 1. Σχετικό υδατικό περιεχόμενο των πληθυσμών της Κρήτης και του Ταξιάρχη στους χειρισμούς της φυσικής και της κανονικής υδατικής δίαιτας στις 2μμ την Άνοιξη και το Φθινόπωρο.

Αυτά τα δεδομένα μας οδηγούν στην υπόθεση ότι ο πληθυσμός της Κρήτης θα πρέπει να έχει υψηλότερο υδατικό δυναμικό από τον πληθυσμό του Ταξιάρχη την Άνοιξη, ενώ δεν θα πρέπει να έχουμε διαφορές μεταξύ των πληθυσμών και των χειρισμών το Φθινόπωρο. Όντως η υπόθεση επιβεβαιώνεται για την Άνοιξη, όποτε ο πληθυσμός της Κρήτης στις 2μμ έχει σημαντικά υψηλότερο υδατικό δυναμικό στο χειρισμό της φυσικής υδατικής δίαιτας την Άνοιξη (Εικόνα 2). Όμως, το Φθινόπωρο ο πληθυσμός του Ταξιάρχη εξακολουθεί να έχει

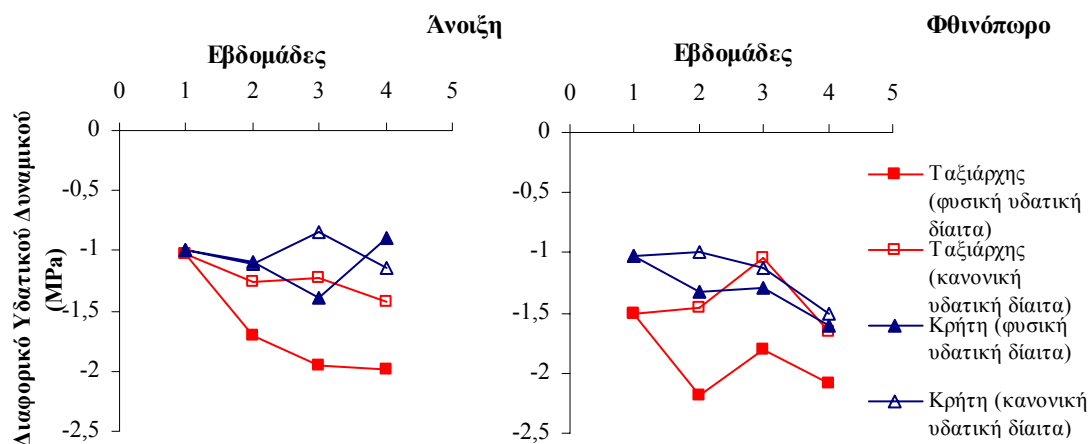
σημαντικά χαμηλότερο υδατικό δυναμικό συγκριτικά με τον πληθυσμό της Κρήτης στον ίδιο χειρισμό (Εικόνα 2). Πιθανή εξήγηση της προκύπτουσας αντίφασης είναι ότι το Φθινόπωρο όποτε οι υδατικές συνθήκες είναι ευνοϊκότερες συγκριτικά με την Άνοιξη, ο πληθυσμός του Ταξιάρχη εμφανίζει βραδεία κινητική ενυδάτωσης κατά τις πρώτες ώρες, εν αντιθέσει με ότι συμβαίνει συνήθως (αδημοσίευτα στοιχεία). Έτσι εξηγούνται οι χαμηλές τιμές ψ (Turner 2000) προκειμένου να συμβάλουν στη επιτάχυνση της βραδείας ενυδάτωσης. Προφανώς στοιχεία περί της δυναμικής της στοματικής αγωγιμότητας των δύο πληθυσμών, θα μπορούσαν να εξηγήσουν γιατί το Φθινόπωρο ο πληθυσμός του Ταξιάρχη ενώ έχει υψηλό σχετικό υδατικό περιεχόμενο έχει χαμηλό υδατικό δυναμικό και το ίδιο φαινόμενο δεν παρατηρείται την Άνοιξη.



Οι κάθετες γραμμές αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά (LSD) μεταξύ χειρισμών και πληθυσμών για $P \leq 0,05$.

Εικόνα 2. Υδατικό δυναμικό των πληθυσμών της Κρήτης και του Ταξιάρχη στους χειρισμούς της φυσικής και της κανονικής υδατικής δίαιτας στις 2μμ την Άνοιξη και το Φθινόπωρο.

Πάντως, οι υψηλότερες τιμές του σχετικού υδατικού περιεχομένου και του υδατικού δυναμικού της Κρήτης σε σχέση με τις χαμηλότερες του Ταξιάρχη προφανώς μπορούν να αποδοθούν στο γεγονός της ήδη προπροσαρμογής του πληθυσμού της Κρήτης σε συνθήκες ξηρασίας εντονότερες αυτών του Ταξιάρχη (Jones and Turner 1978, Roy 1980). Ο πληθυσμός της Κρήτης φαίνεται ότι έχει αναπτύξει φυσιολογικοανατομικούς μηχανισμούς που αναφέρονται ή στη στοματική αγωγιμότητα (απώλειες νερού) ή/και στην υδραυλική αγωγιμότητα (πρόσληψη νερού) (Noitsakis 1981, Noitsakis et Berger 1984). Η υπόθεση αυτή ενισχύεται και από το διαφορικό υδατικού δυναμικού μεταξύ 7πμ και 2μμ. Ο πληθυσμός της Κρήτης εμφανίζει σαφώς ισουδρική συμπεριφορά (Εικόνα 3) γεγονός που σημαίνει ότι πιθανόν η στοματική αγωγιμότητα αποτελεί τον κυριότερο μηχανισμό προσαρμογής του πληθυσμού σε συνθήκες ξηρασίας (Larcher 1980). Από την άλλη πλευρά, η ανισουδρική συμπεριφορά του Ταξιάρχη (Εικόνα 3) πιθανόν να επάγει σε πολυπλοκότερους μηχανισμούς προσαρμογής, αναφερόμενους σε επίπεδο οσμωτικού και σπαραγικού δυναμικού (Larcher 1980), πιθανότητες που θα πρέπει να ερευνηθούν.



Εικόνα 3. Διαφορικό υδατικού δυναμικού των πληθυσμών της Κρήτης και του Ταξιάρχη στους δύο χειρισμούς της φυσικής και της κανονικής διαίτας την Άνοιξη και το Φθινόπωρο.

Αν και τα δεδομένα είναι επαρκώς προοιμιακά και ήκιστα ισχυρά για διατύπωση αδιάσειστων συμπερασμάτων, η συμπεριφορά των δύο πληθυσμών αφήνει να διαφανεί ότι ο πληθυσμός της Κρήτης έχει εγκαίρως επιστρατεύσει τον μηχανισμό της στοματικής συσκευής για να μειώσει τις υδατικές απώλειες υπό συνθήκες ξηρασίας. Έτσι αν χρειαστεί κάποιο συμπέρασμα περί σηματοδότησεως της λειτουργίας μηχανισμών αποφυγής, αντοχής ή διαφυγής που διαθέτουν οι δύο πληθυσμοί, θα μπορούσε να λεχθεί ότι ο πληθυσμός της Κρήτης διαθέτει ικανότητα αποφυγής της αφυδάτωσης δια μέσου της στοματικής συσκευής. Αυτός δε του Ταξιάρχη πιθανόν διαθέτει μηχανισμούς αντοχής στην αφυδάτωση, γεγονός που ενισχύεται και από πρόσφατα δεδομένα (Volaire et al. 2005).

Βιβλιογραφία

- Beard, J.B. 1989. Turfgrass water stress: drought resistance components, physiological mechanisms, and species-genotype diversity, p. 23-28. In: (H.Takatoh, ed). International Turf Res. Conf., Tokyo Japan, 31July-5Aug. 1989. Japanese Sci. Tokyo
- Boyer, J.S. 1982. Plant productivity and environment. Science, 216: 443-448.
- Brenner, A.J. 1996. Microclimatic Modifications in Agroforestry. Tree-Crop Interactions. A Physiological Approach. (Chik K. Ong and Peter Huxley eds) CAB International
- Jones, H.J. and N.C. Turner. 1978. Osmotic adjustment in leaves of sorghum in response to water deficits. Plant Physio., 61: 122-126.
- Koide, R.T., R.H. Robichaux, S.R. Morse, and C.M. Smith, 1991. Plant water status, hydraulic resistance and capacitance. Plant Physiological Ecology: Field methods and instrumentation. (R. W. Pearcy, I. R. Ehleringer, H. A. Mooney and R. W. Rundel, eds) Charman and Hall. p. 161-183.
- Larcher, W. 1980. Physiological Plant Ecology. Springer – Verlay Berlin Heidelberg New York.pp. 303.
- Νάσσης, Α. 1987. Θρεπτική αξία βοσκήσιμης ύλης ψυχρόβιων λιβαδικών φυτών και η σημασία της για τη διατροφή των κτηνοτροφικών ζώων. Α'Επιστ. Επετ. Σχολής Δασολογίας και Φυσικού Περιβ. τόμος Λ'.
- Noitsakis, B. 1981. Etude compare de l'efficience de l'eau chez *Dactylis glomerata* L. et *Andropogon ischaemum* cultives sous deux regimes hydriques contrastes. Pour obtenir le grade du DOCTEUR-INGENIEUR. Vol. I pp. 102, Vol. II pp.46. Universite des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier.

- Noitsakis, B et A. Berger. 1984. Relations hydriques chez *Dactylis glomerata* et *Dichanthium ischaemum* cultivés sous deux régimes hydriques contrastés. *Oecol. Plant.* 5:75-88.
- Παπαναστάσης, Β.Π. και Κ. Καραγιαννακίδου-Παπαδημητρίου. 1983. Τα σπουδαιότερα αγρωστώδη των φυσικών λιβαδιών. *Υπ. Γεωργίας, Δ/νση Δασ. Ερευνών, Αρ.Εκδ.* 64/1983, Αθήνα, σελ. 185.
- Roy, J. 1980. Comportement photosynthétique et hydrique de la feuille chez *Dactylis glomerata* L. Adaptation phénotypique et génotypique à la sécheresse. Thèse. Académie de Montpellier Université des sciences et Techniques du Languedoc (Volume I) pp. 123.
- Steel, R.G.D., and J. H. Torrie. 1980. Principles and Procedures of Statistics. 2nd eds. McGraw-Hill, New York. pp 481.
- Thomas, H. 1986. Water use characteristics of *Dactylis glomerata* L., *Lolium perenne* L. and *Lolium multiflorum* Lam. *Plants Annals of Botany*, 57: 211-223.
- Turner, N.C. 1981. Techniques and experimental approaches for measurement of plant water status. *Plant and Soil*, 58: 339-366.
- Turner, N.C. 2000. Master class on Plant Water relations. In: 3rd International Crop Science congress, Hamburg, Germany, August 2000, p. 2-14.
- Volaire, F. 1991. Agronomical evaluation of local population of cocksfoot in Corsica. *Agricoltura Mediterranea*, 121: 263-271.
- Volaire, F. and H. Thomas. 1995. Effects of Drought on Water Relations, Mineral Uptake, Water-soluble Carbohydrate Accumulation and Survival of Two Contrasting Populations of Cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.). *Annals of Botany*, 75: 513-524.
- Volaire, F., M.R. Norton, G.M. Norton and F. Lelievre. 2005. Seasonal Patterns of Growth, Dehydrins and Water-soluble Carbohydrates in Genotypes of *Dactylis glomerata* Varying in Summer Dormancy. *Annals of Botany*, 95: 981-990.

Comparable study of hydrodynamic behavior in two different provenance population of *Dactylis glomerata* L.

E. Abraham, S. Sotira, E. Zisimou, K. Tsouri and B. Noitsakis

Laboratory of Range Science (236), School of Forestry and Natural Environment, Aristotle University of Thessaloniki, 541 24 Thessaloniki, Greece, e-mail: eabraham@for.auth.gr

Summary

Two population of *Dactylis glomerata* L. from different bioclimatic zones were studied under same climatic conditions, in order to investigate their hydrodynamic mechanism of adaptation to drought. One population was from the region of Taxiarchis (North Greece) and the second one was from Crete island. The population was subjected in two water treatments (rain fed and well-watered). The results suggest that Crete's population had higher relative water content and water potential under rain fed conditions in comparison to Taxiarchis's population, probably due to the preconditioned adaptation to drier climatic condition of Crete. In addition, the isohydric attitude of Crete's population indicates that stomata conductance is the main adaptation mechanism to drought for this population. The anisohydric attitude of Taxiarchis population indicates more complicated adaptation mechanisms.

Key words: Adaptation, drought resistance, water relations.