

Μικροκλιματικό προφίλ ποώδους φυτοκαλύμματος σε βοσκόμενο δασολιβαδικό σύστημα Μουριάς

Π.Σ. Σκλάβου¹, Κ.Ν. Τσιουβάρας², Β. Νοϊτσάκης² και Α.Σ. Νάστης²

¹Εργαστήριο Λιβαδικών Πόρων, Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών, Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας, 570 06 Βασιλικά, Θεσσαλονίκης

²Εργαστήριο Δασικών Βοσκοτόπων (236), Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, 541 24 Θεσσαλονίκη

Περίληψη

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε ένα κοινόχρηστο ποολιβαδο του Δημοτικού Διαμερίσματος Σχολαρίου του Δήμου Εγνατίας, με αντικείμενο τη μελέτη της μεταβολής των μικροκλιματικών παραμέτρων του φυτοκαλύμματος ποωδών φυτών σε υπόροφο δασολιβαδικό σύστημα μουριάς υπό την επίδραση μέτριας βόσκησης. Η πειραματική επιφάνεια χωρίστηκε σε έξι τμήματα τα οποία περιφράχθηκαν με δικτυωτό σύρμα για να αποφευχθεί η ανεξέλεγκτη βόσκηση. Σε τρία από αυτά εφαρμόστηκε μέτρια βόσκηση (0,9 πρόβατα / ha / έτος), ενώ τα υπόλοιπα δε βοσκήθηκαν. Σε όλα τα τμήματα φυτεύτηκε το ξυλώδες φυτό *Morus alba*. Η μισή έκταση της *Morus alba* αναμοχλεύτηκε με φρέζα και σπάρθηκε με το *Trifolium subterraneum* cv. *Mt Barker*, ενώ η υπόλοιπη παρέμεινε με φυσική ποώδη βλάστηση. Οι μικροκλιματικές παράμετροι που μετρήθηκαν μέσα στο ποώδες φυτοκάλυμμα σε όλους τους χειρισμούς ήταν: η φωτοσυνθετική πυκνότητα ροής φωτονίων (PPFD) ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$) και η ενθαλπία (KJ/gr) και υπολογίστηκε το έλλειμμα υδρατμών στην ατμόσφαιρα (VPD). Τα ευρήματα της έρευνας δείχνουν ότι σε όλους τους χειρισμούς η βόσκηση επηρέασε το μικροκλιματικό προφίλ του φυτοκαλύμματος αυξάνοντας σημαντικά το έλλειμμα των υδρατμών της ατμόσφαιρας, την πυκνότητα ροής φωτονίων καθώς και την ενθαλπία του βιοκλίματος.

Λέξεις κλειδιά: Μικροκλίμα, δασολιβαδικό οικοσύστημα, *Morus alba*, *Trifolium subterraneum*.

Εισαγωγή

Τα ξυλώδη φυτά που ευδοκούν σε ξηρά και ημίξηρα περιβάλλοντα αποτελούν σημαντικά συστατικά της ποικιλότητας των δασολιβαδικών συστημάτων (Aguiar and Sala 1999) αλλά και παράγοντες διαφοροποίησης του μικροκλίματος. Το μικροκλίμα σε συγκαλλιέργεια ξυλωδών (δέντρων και θάμνων) και ποωδών διαφοροποιείται ακόμα και σε μικρή απόσταση από τα ξυλώδη φυτά (Shmida and Whittaker 1981, Gutierrez et al. 1993, Freeman and Emlen 1995). Η επίδραση των ξυλωδών φυτών στο μικροκλίμα του ποώδους υπορόφου είναι πολυδιάστατη: δημιουργούν σκίαση, εξομαλύνουν τις ακραίες θερμοκρασίες του αέρα και του εδάφους, μειώνουν την ταχύτητα του ανέμου στο φυτοκάλυμμα, εμπλουτίζουν τις αποθήκες θρεπτικών ουσιών στο έδαφος με την αποσύνθεση της ξηρής ουσίας και συνεισφέρουν στην καλύτερη αξιοποίηση του εδαφικού νερού (Richards and Caldwell 1987, Gutierrez et al. 1993, Jackson and Caldwell 1993, Shumway 2000). Πέραν τούτων, μια από τις ευνοϊκότερες επιδράσεις των ξυλωδών φυτών σε ένα δασολιβαδικό οικοσύστημα αφορά στο ιδιαίτερο μικροπεριβάλλον που δημιουργούν και το οποίο ευνοεί την εγκατάσταση ποωδών φυτών, τα οποία εμπλουτίζουν τη σύνθεση της βλάστησης αυξάνοντας την ποικιλότητά της (Jarvis 2000). Ένας τέτοιος συνδυασμός ποωδών και

ξυλωδών και μάλιστα με τη συνεργία της βόσκησης, προφανώς εκτρέπει από το κλασικό μοντέλο το μικροκλιματικό προφίλ του φυτοκαλύμματος σε ποολίβαδα και προκαλεί ανάλογες εκτροπές και στα επίπεδα παραγωγικής λειτουργίας του λιβαδικού οικοσυστήματος. Πέραν τούτου, σ' ένα τέτοιο δασολιβαδικό μοντέλο δεν πρέπει να υποτιμηθούν οι συνέπειες από τα κλιματικά μοντέλα, όπως αυτά γίνεται προσπάθεια να προβλεφθούν από τα GCMs (Naveh 1995) που επάγουν νέες διαμορφώσεις μικροκλιματικού προφίλ ιδίως υπό συνθήκες εκπεφρασμένης ξηρασίας. Όντας δεδομένης της συνδυασμένης επίδρασης της βόσκησης και κλιματικών αλλαγών επί του φυτοκαλύμματος ποωδών – ξυλωδών, καθίσταται εξαιρετικού ενδιαφέροντος η χωροχρονική ανάλυση του μικροκλιματικού προφίλ ενός δυαδικού φυτοκαλυμματικού συστήματος με την συνεργία της βόσκησης και των δεδομένων κλιματικών αλλαγών κυρίως σε επίπεδο ξηρασίας.

Μέθοδοι και υλικά

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε ένα κοινόχρηστο ποολίβαδο του Δημοτικού Διαμερίσματος Σχολαρίου του Δήμου Εγνατίας, σε επιφάνεια 17 στρεμμάτων, η οποία περιφράχθηκε για να αποφευχθεί η ανεξέλεγκτη βόσκηση. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχοπτώσεων της ευρύτερης περιοχής ανέρχεται σε 454,5 χλσ., ενώ η μέση ετήσια θερμοκρασία αέρος ανέρχεται σε 15,7 °C. Η πειραματική επιφάνεια χωρίστηκε σε έξι ίσα τμήματα τα οποία περιφράχθηκαν με δικτυωτό σύρμα και φυτεύτηκαν με *Morus alba*. Τρία από αυτά επιλέχθηκαν τυχαία για να εφαρμοστεί μέτρια βόσκηση (0,9 πρόβατα/ha/έτος), ενώ τα υπόλοιπα τρία δε βοσκήθηκαν. Η βόσκηση έγινε μέσα Μαΐου και στα τρία έτη του πειράματος. Η μισή έκταση που κάλυπτε η *Morus alba* αναμοχλεύτηκε με φρέζα, ενώ η υπόλοιπη μισή παρέμεινε με τη φυσική ποώδη βλάστηση. Στις φρεζαρισμένες επιφάνειες της *Morus alba* σπάρθηκε το ετήσιο ψυχανθές *Trifolium subterraneum* cv. *Mt Barker*. Με τον τρόπο αυτό δημιουργήθηκαν οι παρακάτω χειρισμοί βλάστησης: 1) *Morus alba* + *Trifolium subterraneum* (M.al. + T.su.), και 2) *Morus alba* + Αυτοφυής ποώδης βλάστηση (M.al. + Α.π.).

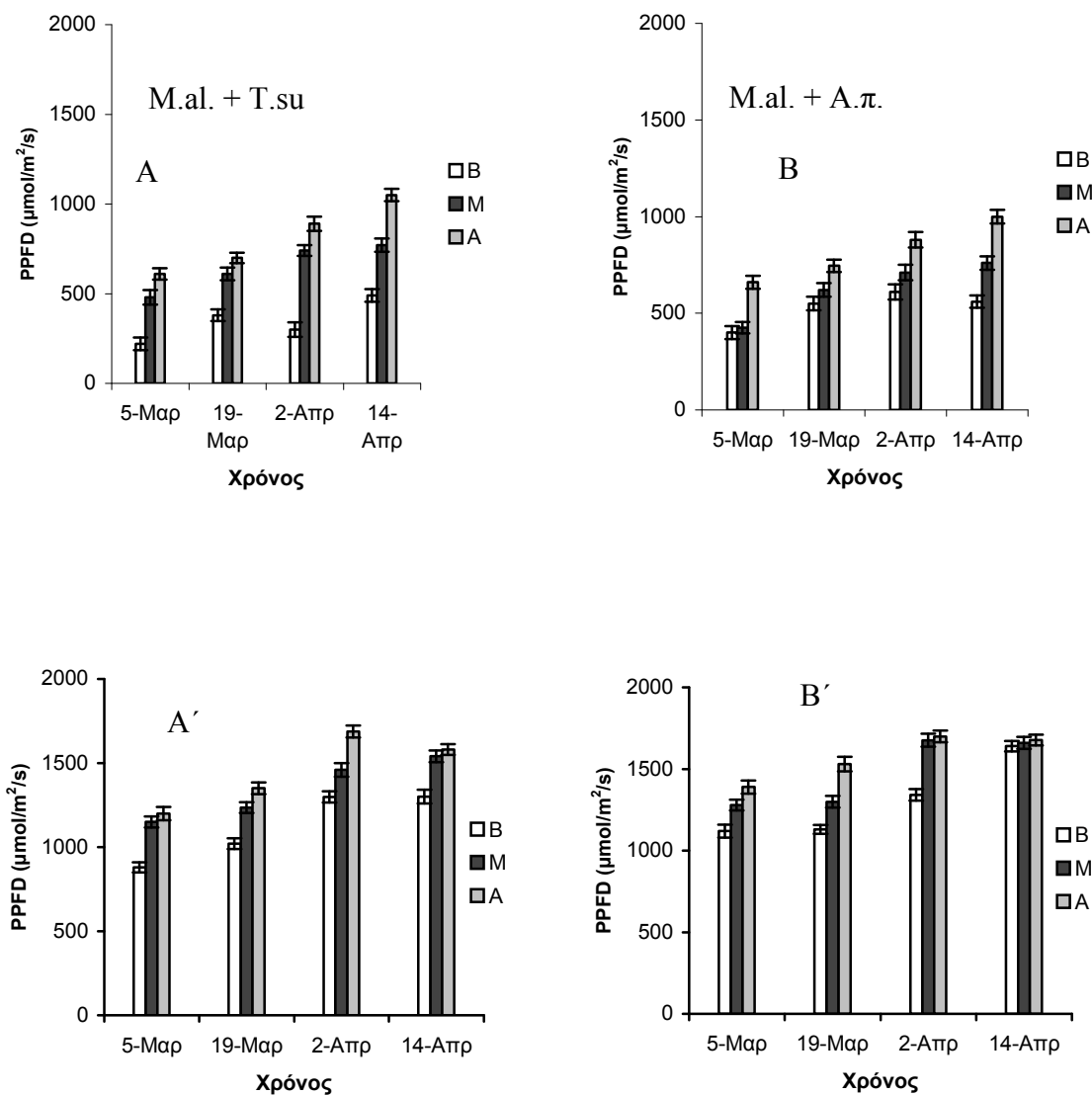
Οι μετρήσεις των μικροκλιματικών παραμέτρων και της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας (PAR) πραγματοποιήθηκαν σε όλους τους χειρισμούς, σε τρία ύψη του προφίλ του ποώδους φυτοκαλύμματος. Στη βάση (B) στο μέσο (M) και στο ανώτατο σημείο (A) του φυτοκαλύμματος. Η PAR μετρήθηκε υπό τη μορφή της PPFD με τη βοήθεια της συσκευής Quantum sensor της Skye, η οποία μετράει την πυκνότητα ροής φωτονίων προερχόμενων από την περιοχή του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας, που περιλαμβάνεται μεταξύ των 400-700 nm, δηλαδή περιοχή εντός της οποίας πραγματοποιείται η φωτοσύνθεση. Η πυκνότητα ροής φωτονίων εκφράστηκε σε $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

Από τις υπόλοιπες μικροκλιματικές παραμέτρους μετρήθηκαν η σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας (RH%), η θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου (t_d), η θερμοκρασία υγρού θερμομέτρου (t_w) και η ενθαλπία ως ειδική θερμότητα εξαερώσεως (KJ/gr) με τη βοήθεια κλιματικού πολυσένσορα. Η μερική πίεση υδρατμών σε μη κορεσμένη ατμόσφαιρα (VPD) υπολογίστηκε από την ψυχομετρική εξίσωση (Landsberg 1986) $VPD=e_s(t_w) - \gamma(t_d - t_w)$, όπου $e_s(t_w)$ είναι η πίεση υδρατμών σε κορεσμένη ατμόσφαιρα για θερμοκρασία υγρού θερμομέτρου (t_w) και γ είναι η ψυχομετρική σταθερά με αριθμητική τιμή 0,066KPa °C⁻¹.

Το πειραματικό σχέδιο που εφαρμόστηκε ήταν διπαραγοντικό, με πρώτο παράγοντα τη βόσκηση σε δύο επίπεδα και δεύτερο παράγοντα το είδος βλάστησης, επίσης σε δύο επίπεδα. Έγινε στατιστική επεξεργασία των δεδομένων (ANOVA) και διαφορές των μέσων όρων ελέγχθηκαν με το κριτήριο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (LSD) σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0,05$ (Steel and Torrie 1980).

Αποτελέσματα και συζήτηση

Η βόσκηση φαίνεται να επηρέασε τις τιμές των μικροκλιματικών παραμέτρων στους χειρισμούς M.al. + T.su. και M.al. + A.π. (Εικόνα 1, 2). Η εφαρμογή της, γενικώς μεν σαφώς δε, αύξησε στατιστικώς σημαντικά τις τιμές του προφίλ των μικροκλιματικών παραμέτρων στο φυτοκάλυμμα τόσο του χειρισμού M.al. + T.su. όσο και του M.al. + A.π.

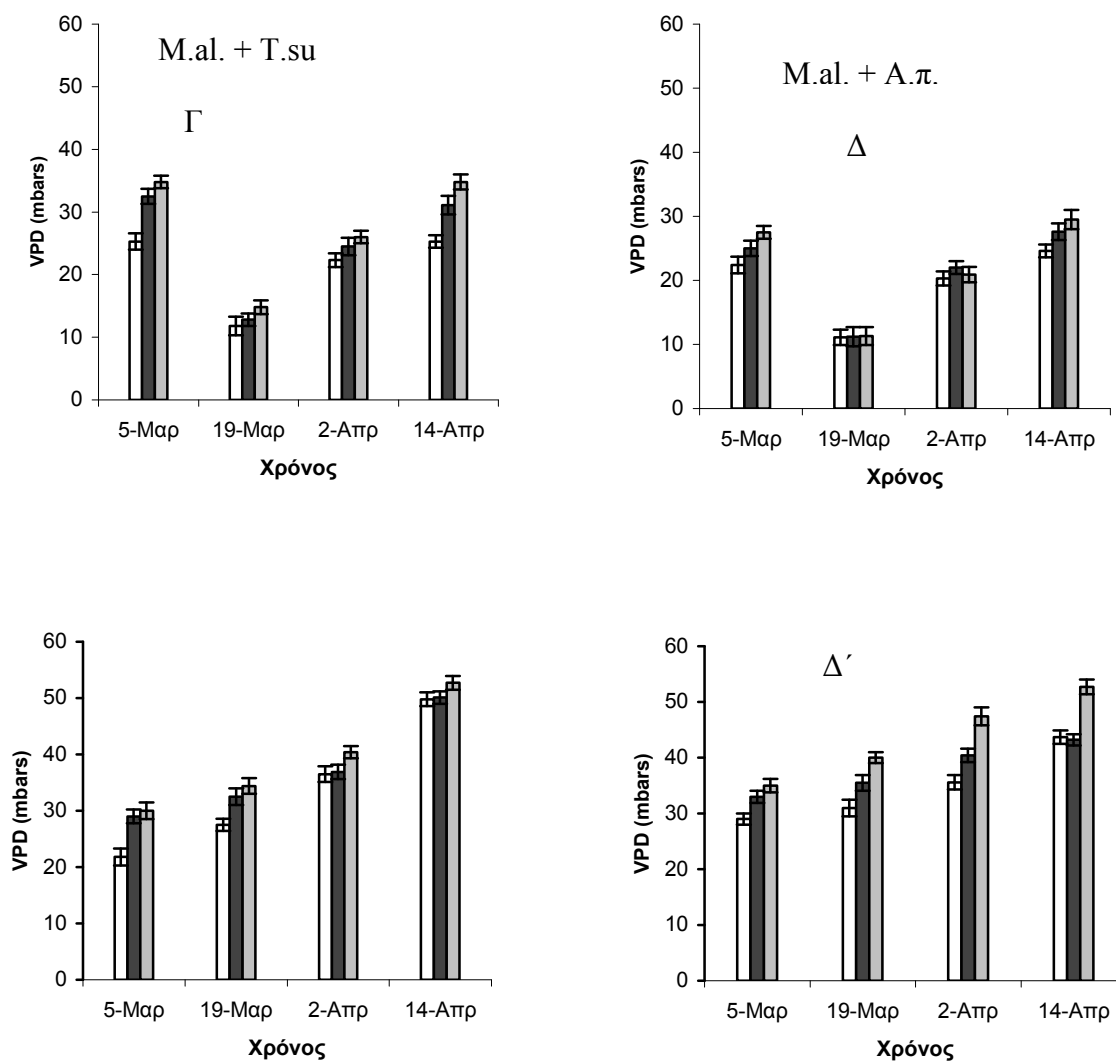


Εικόνα 1. PPFD στην κατά ύψος δομή (Βάση: B, Μέσον: M, Άνω: A) του ποώδους φυτοκαλύμματος στους χειρισμούς M.al. + T.su. και M.al. + A.π. υπό μη βόσκηση (A, B) και υπό βόσκηση (A', B').

Προφανώς η εξήγηση θα μπορούσε να αποδοθεί στο γεγονός ότι η βόσκηση αφαίρεσε ποσοστό φυτοκαλύμματος τόσο από την ποώδη βλάστηση όσο και από την *Morus alba* αλλάζοντας την αρχιτεκτονική δομή της κόμης με αποτέλεσμα να αυξηθεί και η πυκνότητα ροής φωτονίων (PFD) (Forseth et al. 2001), όπως επίσης και η ξηρασία (αυξημένη VPD) αλλά και η ενθαλπία του βιοκλίματος (Valladares et al. 2000, Valladares and Pearcy 2000).

Γενικότερα και σύμφωνα με τα παραπάνω θα μπορούσε να διατυπωθεί η άποψη ότι η βόσκιση προκαλεί ένα είδος ομοιογενοποίησης του προφίλ των μικροκλιματικών παραμέτρων.

Γενικά στους χειρισμούς υπό βόσκιση φαίνεται ότι η εποχιακή μεταβολή των μικροκλιματικών παραμέτρων σ' όλα τα είδη του φυτοκαλύμματος προκάλεσε μια αύξηση των τιμών τους προς το τέλος της αυξητικής περιόδου. Είναι χαρακτηριστικό ότι στα μέσα Απριλίου το έλλειμμα υδρατμών στην ατμόσφαιρα (VPD) σημείωσε πολύ υψηλές τιμές (μεγαλύτερη των 50 mbars) και η πυκνότητα ροής φωτονίων (PPFD) ξεπέρασε τα 1500 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ σε όλα τα φυτοκαλύμματα λόγω προφανώς αραίωσης της φυτοκόμης, γεγονός που ήταν αναμενόμενο (Forseth et al. 2001).

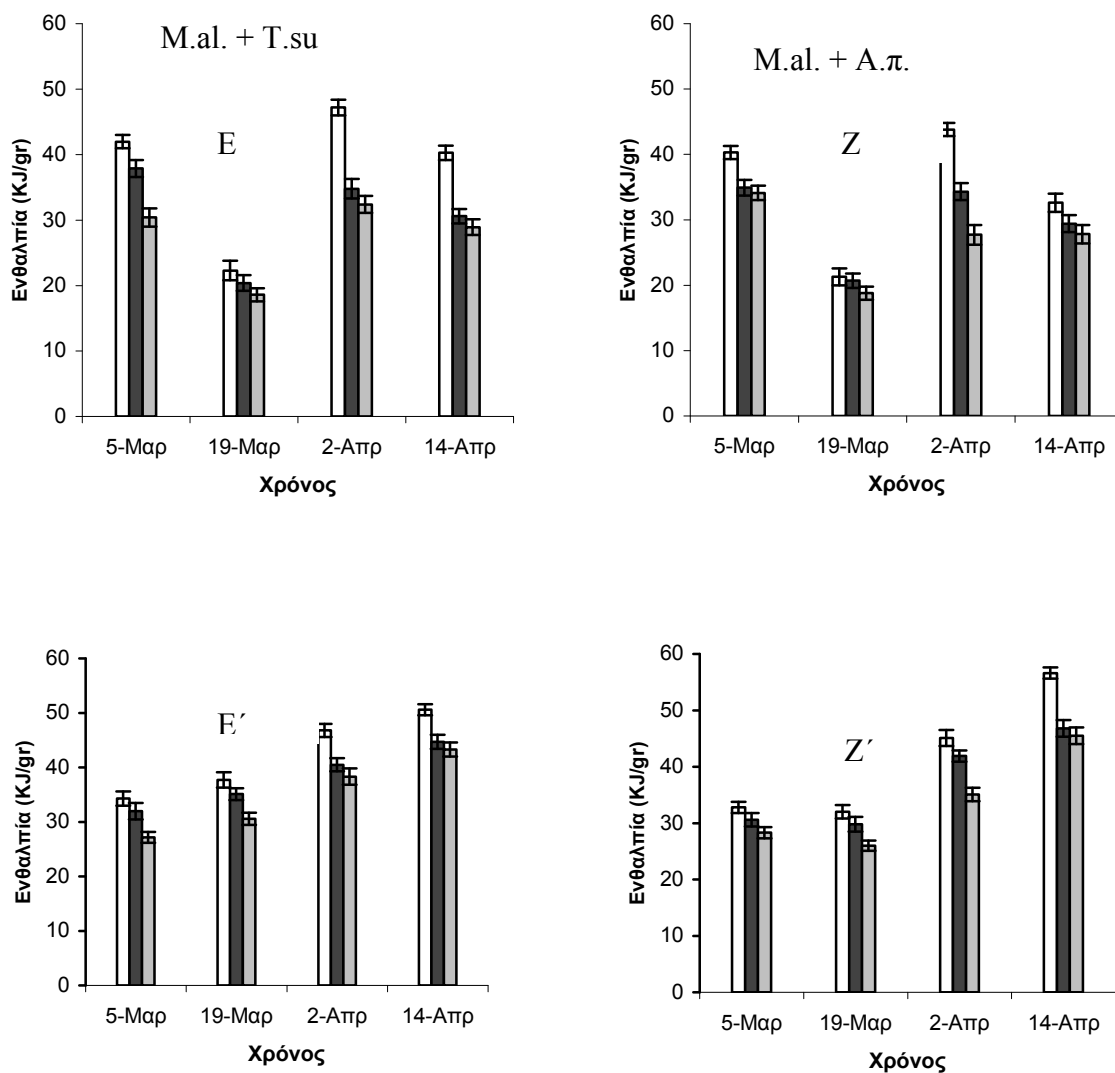


Εικόνα 2. VPD στην κατά ύψος δομή (Βάση: Β, Μέσον: Μ, Άνω: Α) του πλώδους φυτοκαλύμματος στους χειρισμούς *M.al.* + *T.su.* και *M.al.* + *A.π.* υπό μη βόσκιση (Γ, Δ) και υπό βόσκιση (Γ', Δ').

Οι τιμές της PPFD διαφοροποιούνται ελαφρώς κατά μήκος του προφίλ του φυτοκαλύμματος εισηγούμενες μεγαλύτερη απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας από το *Trifolium subterraneum* στη βάση του φυτοκαλύμματος μια και οι τιμές της PPFD φαίνονται εδώ μικρότερες (Εικόνα 1Α) συγκρινόμενες με αυτές, όπου το λιβαδικό φυτοκάλυμμα συνίσταται από αυτοφυή

βλάστηση ποωδών, με μικρότερη πυκνότητα (δεδομένα μη δημοσιευμένα) στη βάση των οποίων έχουμε υψηλότερες τιμές PFD (Εικόνα 1B) και συνεπώς μικρότερη απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας (Banister 1976, Larcher 1980).

Στους χειρισμούς υπό μη βόσκηση, η εποχιακή μεταβολή των μικροκλιματικών παραμέτρων σ' όλα τα είδη φυτοκαλύμματος εμφανίζεται ελαφρώς διαφοροποιημένη κυρίως ως προς το έλλειμμα υδρατμών στην ατμόσφαιρα (VPD) και την ενθαλπία (Εικόνες 2Γ, 2Δ και 3Ε, 3Ζ).



Εικόνα 3. Ενθαλπία στην κατά ύψος δομή (Βάση: B, Μέσον: M, Άνω: A) του ποώδους φυτοκαλύμματος στους χειρισμούς M.al. + T.su. και M.al. + A.π. υπό μη βόσκηση (E, Z) και υπό βόσκηση (E', Z').

Στις αρχές Μαρτίου οι τιμές των παραπάνω μικροκλιματικών παραμέτρων εμφανίστηκαν ασυνήθιστα υψηλές (30 mbars και 40 KJ/gr αντίστοιχα) για την εποχή και θα μπορούσαν να αποδοθούν στη διακύμανση ακραίων κλιματικών συνθηκών που συχνά εμφανίζεται σε ημίξηρες περιοχές, (Saugier 1974, Roy 1980), όπως αυτή της παρούσας έρευνας.

Αναλυτικότερα πάντως σε μια τέτοια μορφή φυτοκαλύμματος όπως του πειράματος, ακόμα και όταν η αυτοφυής ποώδης βλάστηση αντικαθίσταται από *Trifolium subterraneum*, η

εποχιακή μεταβολή του προφίλ των βιοκλιματικών δεδομένων δε φαίνεται να διαφοροποιείται δραστικά, ιδίως όπως εμφανίζεται αυτό στα ενθαλπικά δεδομένα (Εικόνα 3Ε, Ζ).

Η αλλαγή του λιβαδικού φυτοκαλύμματος επιφέρει επίσης αλλαγές στις εποχιακές μεταβολές του VPD. Το φυτοκάλυμμα με *Trifolium subterraneum* εμφανίζει υψηλότερο VPD ιδίως προς τον Απρίλιο σε σχέση με αυτό της αυτοφυούς βλάστησης. Το γεγονός θα μπορούσε να αποδοθεί στο ότι οι διαπνευστικές απώλειες των πλατυφύλλων είναι μεγαλύτερες από αυτές της αυτοφυούς βλάστησης μειωμένης πυκνότητας και με συμμετοχή σ' αυτήν αγρωστωδών ως και 50% περίπου (Σκλάβου 2002). Τα πλατύφυλλα, όπως το *Trifolium subterraneum* μπορεί κατ' αρχήν μεν να αυξάνουν τον ατμοσφαιρικό υδρατμοκορεσμό, γρήγορα όμως επειδή ανήκουν στα υψηλής κατανάλωσης νερού φυτά (Levitt 1980, Jones 1983) συντείνουν στην εμφάνιση υδατικού ελλείμματος στην ατμόσφαιρα, πολύ νωρίς από άποψη εποχής, γεγονός που επιτείνεται από την ετήσια φαινολογία του *Trifolium subterraneum* (Quinlivan and Francis 1977).

Το γεγονός τέλος ότι η αλλαγή λιβαδικού φυτοκαλύμματος δε διαφοροποιεί αισθητά τη χωροχρονική ενθαλπία ενισχύει την άποψη ότι μπορεί να υπάρχουν διαφορές ελλείψεως υδρατμών στην ατμόσφαιρα (υψηλό VPD) (Εικόνα 2Γ, Δ), αλλά να μην υπάρχουν διαφορές θερμοκινετικού περιεχομένου στο φυτοκάλυμμα (Εικόνα 3Ε, Ζ). Η μόνη εξέλιξη στην χρονική διαφοροποίηση της ενθαλπίας εμφανίζεται στα μέσα Απριλίου στη βάση του φυτοκαλύμματος, οπότε και η ενθαλπία στη βάση του αυτοφυούς φυτοκαλύμματος παρουσιάζεται αισθητά μειωμένη συγκρινόμενη μ' αυτή του φυτοκαλύμματος του *Trifolium subterraneum*. Το γεγονός μπορεί να αποδοθεί στις υψηλότερες παρατηρηθείσες θερμοκρασίες στη βάση αυτού του φυτοκαλύμματος αυτήν την ημερομηνία (Αδημοσίευτα στοιχεία), αν δεχθούμε ότι η ενθαλπία είναι τέλειο διαφορικό και συνάρτηση θερμοκρασίας και πίεσης, υπό την προϋπόθεση της διατήρησης της πίεσης σταθερής στη βάση του φυτοκαλύμματος.

Βιβλιογραφία

- Aguiar, M.R. and O.E. Sala. 1999. Patch structure, dynamics and implications for the functioning of arid ecosystems. *Trends on Ecology and Evolution*, 14:273-277.
- Bannister, P. 1976. *Introduction to physiological plant ecology*. Blackwell s.p. London. pp. 273.
- Forseth, I.N., D.A. Wait and B.B. Casper. 2001. Shading by shrubs in a desert system reduces the physiological and demographic performance of an associated herbaceous perennial. *Journal of Ecology*, 89:670-680.
- Freeman, D.C. and J.M. Emlen. 1995. Assessment of interspecific interactions in plant communities: an illustration from the cold desert saltbush grasslands of North America. *Journal of Arid Environment*, 31:179-198.
- Gutierrez, J.R., P.L. Meserve, L.C., Contreras, H. Vasques and F.M. Jaksic. 1993. Spatial distribution of soil nutrients and ephemeral plants underneath and outside *Porlieria Chilensis* (Zygophyllaceae) in arid coastal Chile. *Oecologia*, 95:347-352.
- Jackson, R.B. and M.M. Caldwell. 1993. Geostatistical patterns of soil heterogeneity around individual perennial plants. *Journal of Ecology*, 81:683-692.
- Jarvis, P.J. 2000. *Ecological Principles and Environmental Issues*. Pearson Education.
- Jones, H.G. 1983. *Plants and microclimate*. Cambridge University Press, p.322.
- Landsberg, J.J. 1986. *Physiological Ecology of Forest Production*. Academic Press, New York, London, p.198.
- Larcher, W. 1980. *Physiological plant ecology*. Springer-Verlag-Berlin, Heidelberg, New York, p.303.
- Levitt, J. 1980. *Responses of plants to environmental stresses*. Academic Press, Inc., New York, London pp. 697.

- Naveh, Z. 1995. Conservation, restoration and research priorities for Mediterranean uplands threatened by global climate change, p 482-507. In: Global Change and Mediterranean Type Ecosystems (J.M. Moreno, W.C. Oechel, eds). Springer, New York, London.
- Quinlivan, B.I. and C.M. Francis. 1977. Registered cultivars of subterranean clover in Western Australia – their origin, potential use and identification. West Austr. Depart. Agr. bull. No 4012, 20p.
- Richards, J.H. and M.M. Caldwell. 1987. Hydraulic lift: substantial nocturnal water transport between soil layers by *Artemisia tridentata* roots. *Oecologia*, 73:486-489.
- Roy, J. 1980. Comportement photosynthétique et hydrique de la feuille chez *Dactylis glomerata* L. Adaptation phénotypique et génotypique a la sécheresse. PhD dissertation.
- Saugier, B. 1974. Transports de CO₂ et de vapeur d' eau a l' interface végétation-atmosphère. Interaction du microclimat avec le comportement physiologique de plantes prairiales. PhD dissertation.
- Shmida, A. and R.H. Whittaker. 1981. Pattern and biological microsite effects in two shrub communities, southern California. *Ecology*, 62:234-251.
- Shumway, S.W. 2000. Facilitative effects of a sand dune shrub on species growing beneath the shrub canopy. *Oecologia*, 124:138-148.
- Σκλάβου, Π. 2002. Βελτίωση και Διαχείριση υποβαθμισμένων ποολίβαδων με τη συγκαλλιέργεια ξυλωδών και ποωδών φυτών. Διδακτορική διατριβή. Θεσσαλονίκη, σελ. 152.
- Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1980. Principles and Procedures of Statistics. 2nd Ed. Mc Graw-Hill Book Co. Inc. New York.
- Valladares, F. and R.W. Pearcy. 2000. The role of grown architecture for light harvesting and carbon gain extreme light environments assessed with realistic 3-D model. *Anales Jardín Botánico de Madrid*, 58 (1).
- Valladares, F., E.M. Ferri, L. Balaguer, E.P. Corona and E. Manrique. 2000. Low leaf-level response to light and nutrients in Mediterranean evergreen oaks: a conservative resource-use strategy. *New Phytol.*, 148:79-91.

Microclimatic profile of herbaceous cover in a grazed *Morus alba* silvopastoral system

P.S. Sklavou¹, C.N. Tsiouvaras², B. Noitsakis² and A.S. Nastis²

¹Rangeland Resources Laboratory, Forest Research Institute, National Agricultural Research Foundation 570 06 Vassilika, Thessaloniki, Greece

²Laboratory of Range Science (236), Faculty of Forestry and Natural Environment, Aristotle University, 541 24 Thessaloniki

Summary

The research was conducted at Scholari village of Thessaloniki in Greece. The objective of the research was to study the change of microclimatic parameters of the herbaceous understory vegetation in a *Morus alba* silvopastoral system under moderate grazing. The experimental area was separated into six plots, which were fenced in order to exclude the uncontrolled grazing. Three of them were randomly assigned to be grazed while the other three remained ungrazed. In all plots the woody fodder species *Morus alba* were planted. Half of the plots were ploughed and seeded with *Trifolium subterraneum* cv. Mt Barker while the other half remained with natural herbaceous vegetation. The microclimatic parameters measured were: the photosynthetic photon flux density (PPFD) ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$) and the enthalpy (KJ/gr). The vapor pressure deficit (VPD) was calculated. The results show that moderate grazing did affect the microclimatic profile of herbaceous vegetation by increasing significantly the vapor pressure deficit, the photon flux density and the enthalpy of bioclimate.

Key words: Microclimate, silvopastoral system, *Morus alba*, *Trifolium subterraneum*.