

# Επίδραση των αβιοτικών παραγόντων στην ποικιλότητα των ποολίβαδων

I. Παπιάς και Ζ. Κούκουρα

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

## Περίληψη

Η ποικιλότητα της βλάστησης των λιβαδιών αποτελεί έκφραση αφενός της αλληλεπίδρασης των αβιοτικών παραγόντων όπως αυτοί διαφοροποιούνται με την αύξηση του υψόμετρου και αφετέρου των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των βιοτικών (φυτών). Σκοπός της έρευνας ήταν η μελέτη της επίδρασης των αβιοτικών παραγόντων στην ποικιλότητα των ποολίβαδων του όρους Όθρυς της Κεντρικής Ελλάδας, τα οποία βρίσκονταν σε υψόμετρο από 800-1500 μ. Οι αβιοτικές παράμετροι, που σχετίζονται με την αύξηση των ειδών, όπως η περιεκτικότητα του εδάφους σε άζωτο, οργανική ουσία και φωσφόρο, μετρήθηκαν σε δείγματα που πάρθηκαν από την επιφάνεια του εδάφους των πειραματικών επιφανειών σε βάθος 0-20 εκ. Επίσης μετρήθηκαν το υψόμετρο, η κλίση και η έκθεση των πειραματικών επιφανειών καθώς και ο αριθμός και η αφθονία των ειδών/τ.μ. για τον υπολογισμό της ποικιλότητάς τους. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η ποικιλότητα των λιβαδιών αυξήθηκε στα λιβάδια με υψόμετρο μεγαλύτερο των 1200 μ. Οι τοπογραφικές παράμετροι (υψόμετρο, κλίση) και οι εδαφικές (περιεκτικότητα σε άζωτο και φωσφόρο) συνέβαλαν στην αύξηση της ποικιλότητας των λιβαδιών αυτών, εξαιτίας της αύξησης του αριθμού των ειδών από τις κατηγορίες των πολυετών αγρωστωδών και ψυχανθών φυτών.

**Λέξεις κλειδιά:** Δείκτης ποικιλότητας, υψόμετρο, κλίση, άζωτο, φωσφόρος.

## Εισαγωγή

Η διατήρηση της βιοποικιλότητας είναι ένας βασικός και πρωταρχικός στόχος που έχει τεθεί παγκόσμια με σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος (Brown et al. 2001). Οι προσπάθειες για τη διατήρησή της επικεντρώνονται στην εξασφάλιση της καλής λειτουργίας των οικοσυστημάτων περισσότερο, παρά στην αύξηση της παραγωγικότητάς τους (McNeely 1994). Η γνώση των μηχανισμών κάθε οικοσυστήματος που συμβάλλουν στη διατήρηση της βιοποικιλότητας του ευνοεί τη λήψη διαχειριστικών πρακτικών, που αποτρέπουν την υποβάθμιση του (Charin and Korner 1994), καθώς η βιοποικιλότητα είναι ο πρωταρχικός μηχανισμός που εξασφαλίζει τη σταθερότητα του οικοσυστήματος (Mc Naughton 1967). Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να μελετήσουμε την επίδραση των αβιοτικών παραγόντων στην ποικιλότητα των ποολίβαδων.

## Υλικά και μέθοδοι

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε ποολίβαδα του όρους Όθρυς του Νομού Μαγνησίας. Τρία λιβάδια επιλέχθηκαν που βρίσκονταν σε υψόμετρο από 800 μέχρι 1500 μ. Ανάλογα με τη βαθμιαία αύξηση του υψόμετρου, σε υψομετρικά εύρη 800 – 1000 μ., 1000 – 1200 μ. και 1200 – 1500 μ., επιλέχθηκαν τυχαία τρεις πειραματικές επιφάνειες 50X50 μ. σε κάθε λιβάδι,

στις οποίες μετρήθηκε η σύνθεση της βλάστησης με τη μέθοδο της γραμμής και του σημείου (Cook and Stubbendieck 1986). Στις ίδιες επιφάνειες μετρήθηκε ο αριθμός των ειδών και η αφθονία τους με δειγματοληπτικά πλαίσια 0,5X0,5 μ. Πάρθηκαν συνολικά 30 πλαίσια. Από τα στοιχεία αυτά υπολογίστηκαν ο δείκτης Shannon - Weiner ( $H'$ ) και ο δείκτης ισοκατανομής ( $J'$ ) σύμφωνα με τους τύπους:

$$1. H' = - \sum_{i=1}^S P_i \cdot \ln P_i ,$$

όπου  $H'$  = δείκτης Shannon - Weiner

Το  $P_i$  είναι η σχετική αφθονία ενός συγκεκριμένου είδους

$$2. J' = \frac{H'}{H_{\max}} = \frac{H'}{\ln S}$$

όπου  $J'$  = δείκτης ισοκατανομής (equitability) που εκφράζει την ομοιομορφία κατανομής των ατόμων μεταξύ των ειδών.

και  $H_{\max} = \ln S$  η μέγιστη τιμή του δείκτη ποικιλότητας ( $H'$ ) την οποία θα είχε η περιοχή αν τα άτομα ήταν ομοιόμορφα κατανεμημένα μεταξύ των ειδών.

Σε δείγματα εδάφους που πάρθηκαν σε βάθος 0–20 εκ. από τις δειγματοληπτικές επιφάνειες έγινε χημική ανάλυση και προσδιορίστηκαν η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία με τη μέθοδο της υγρής καύσης, σε ολικό άζωτο με τη μέθοδο Kjeldhal και η συγκέντρωση σε φωσφόρο με τη μέθοδο Olsen. Για τον προσδιορισμό της τοπογραφικής διαμόρφωσης των δειγματοληπτικών επιφανειών μετρήθηκαν το υψόμετρο με GPS, η κλίση με κλισίμετρο και η έκθεση με πυξίδα. Στα παραπάνω δεδομένα έγινε ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) με τη χρήση του στατιστικού προγράμματος S.P.S.S 12.0 for Windows. Για τη σύγκριση των μέσων όρων χρησιμοποιήθηκε το κριτήριο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (LSD) με επίπεδο σημαντικότητας 0,05 (Sokal and Rolf 1995).

Για την ομαδοποίηση και ιεράρχηση της συγγένειας των δειγματοληπτικών επιφανειών με βάση τις τιμές των αβιοτικών παραγόντων χρησιμοποιήθηκε η πολυμεταβλητή στατιστική μέθοδος της Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών (Principal Components Analysis, PCA) με τη χρήση του στατιστικού προγράμματος PRIMER στην έκδοση 5.1 (Clark and Warwick 1994).

Στη συνέχεια διερευνήθηκαν τα ποσοστά συνολικής διακύμανσης που ερμηνεύονται από κάθε μια από τις κύριες συνιστώσες (PC1, PC2), ως μια έκφραση της ικανότητας κάθε συνιστώσας να εξηγήσει τη διευθέτηση των πειραματικών επιφανειών κι επομένως την ιεράρχηση και ομαδοποίηση της συγγένειας τους. Ακολούθησε η διερεύνηση των αβιοτικών παραγόντων που φαίνεται να εξηγούν τη διευθέτηση των επιφανειών κατά μήκος των κύριων συνιστωσών. Για το σκοπό αυτό με τη χρήση του μη- παραμετρικού συντελεστή συσχέτισης Spearman ελέγχθηκε η στατιστική σημαντικότητα της συσχέτισης των χαρακτηριστικών ριζών (eigenvalues) κάθε κύριας συνιστώσας με τις τιμές κάθε αβιοτικού παράγοντα στο σύνολο των επιφανειών.

## Αποτελέσματα και συζήτηση

Από τα δεδομένα του πίνακα 1 γίνεται φανερό ότι ο δείκτης ποικιλότητας αυξήθηκε στατιστικά σημαντικά ( $P \leq 0,05$ ) με την αύξηση του υψομέτρου πάνω από 1200 μ. Από τις τιμές των δύο παραμέτρων, που προσδιορίζουν το δείκτη ποικιλότητας (αριθμός ειδών και αφθονία των ειδών), προκύπτει ότι η σημαντική αύξηση των τιμών του δείκτη οφείλεται τόσο στη σημαντική αύξηση του αριθμού, όσο και της αφθονίας των ειδών στα αντίστοιχα

υψόμετρα, δεδομένου ότι ο δείκτης ισοκατανομής δεν μεταβλήθηκε σημαντικά με την αύξηση του υψομέτρου.

*Πίνακας 1. Μέσοι όροι αριθμού των ειδών (S), αφθονίας των ειδών (N), δείκτη Shannon-Weiner (H') και ισοκατανομής των ειδών (J) ανά περιοχή μελέτης.*

	(800 – 1000 μ.)	(1000- 1200 μ.)	(>1200 μ.)
Αριθμός ειδών/τ.μ. (S)	7α*	9α	12β
Αφθονία ειδών /τ.μ. (N)	32,5α	35,2α	43,6β
Δείκτης Shannon-Weiner (H')	2,44α	2,72α	3,07β
Δείκτης ισοκατανομής (J)	0,81α	0,88α	0,91α

\*Μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα στην ίδια σειρά διαφέρουν σημαντικά ( $P \leq 0,05$ )

*Πίνακας 2. Μέσοι όροι των αβιοτικών μεταβλητών στα λιβάδια της περιοχής έρευνας.*

	800 – 1000 μ.	1000 – 1200 μ.	> 1200 μ.
Υψόμετρο	910α*	1162β	1531γ
Κλίση	15,8α	24,9α	40,7β
Έκθεση (g)	130α	270α	150α
Άζωτο	0,27α	0,18α	0,49β
Οργανική ουσία	3,33α	2,26α	4,51αβ
Φωσφόρος	0,06α	0,01β	0,03γ

\*Μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα στην ίδια σειρά διαφέρουν σημαντικά ( $P \leq 0,05$ )

Από τα δεδομένα του πίνακα 2 προκύπτει η στατιστικά σημαντική αύξηση του υψομέτρου, της κλίσης και της περιεκτικότητας του εδάφους σε άζωτο στα λιβάδια με υψόμετρο μεγαλύτερο των 1200 μ. Επίσης παρατηρείται στατιστικά σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης του φωσφόρου στο έδαφος των λιβαδιών με υψόμετρο 800 – 1000 μ. και σε αυτών με υψόμετρο > 1200 μ. σε σχέση με τα λιβάδια με υψόμετρο 1000 – 1200 μ.

Για το σύνολο των αβιοτικών παραγόντων που καταγράφηκαν στις διάφορες πειραματικές επιφάνειες, σύμφωνα με τη μέθοδο της ανάλυσης σε κύριες συνιστώσες επιλέχθηκαν δύο (2) κύριες συνιστώσες. Η εξαγωγή των συνιστωσών αυτών στηρίχθηκε στο κριτήριο των χαρακτηριστικών ριζών (eigenvalues), σύμφωνα με το οποίο ο αριθμός των συνιστωσών προσδιορίζεται για χαρακτηριστικές ρίζες >1 (Σιάρδος 1999). Οι δύο αυτές συνιστώσες ερμηνεύουν το 75,6 % της συνολικής διακύμανσης του δείγματος.

*Πίνακας 3. Αποτελέσματα της Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών*

Κύρια Συνιστώσα	Χαρακτηριστικές ρίζες	% διακύμανση	% Αθροιστική διακύμανση
PC1	6,45	53,8	53,8
PC2	2,62	21,8	75,6

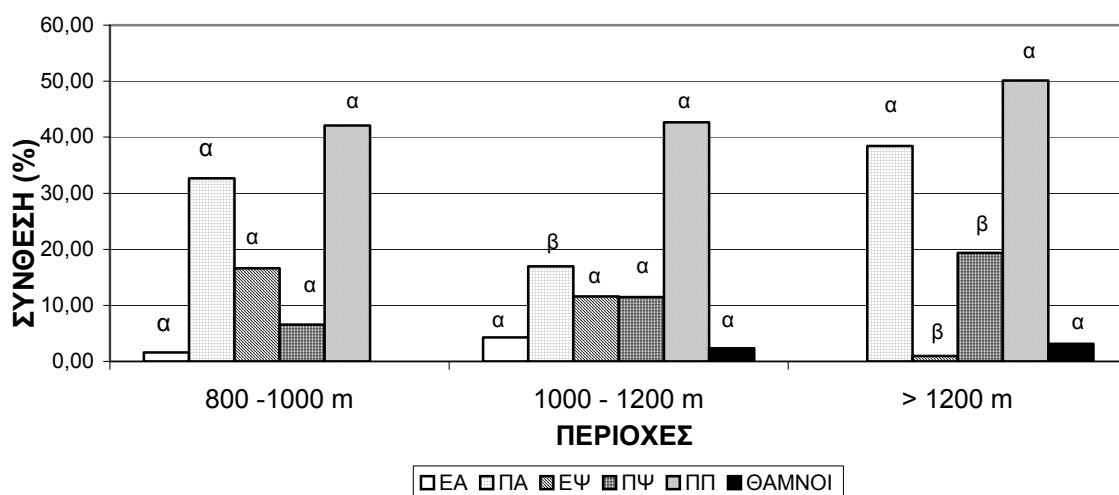
Πίνακας 4. Αποτελέσματα της συσχέτισης των χαρακτηριστικών ριζών κάθε συνιστώσας με τις τιμές των αβιοτικών παραγόντων με τη χρήση του συντελεστή συσχέτισης Spearman.

Αβιοτικοί παράγοντες	PC1	PC2
Υψόμετρο	0,800**	-0,433
Κλίση	0,900**	-0,133
Έκθεση (g)	-0,562	-0,775*
Άζωτο	0,867**	0,400
Οργανική ουσία	0,667*	0,550
Φωσφόρος	0,094	0,911**

\* Στατιστικά σημαντικό σε επίπεδο  $\leq 0,05$  , \*\* Στατιστικά σημαντικό σε επίπεδο  $\leq 0,01$

Από τα δεδομένα του πίνακα 4 προκύπτει ότι οι μεταβλητές: κλίση, άζωτο, υψόμετρο και οργανική ουσία παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική υψηλή θετική συσχέτιση με την πρώτη κύρια συνιστώσα (PC1), που ερμηνεύει το 53,6% της συνολικής διακύμανσης του δείγματος. Ο φωσφόρος εμφανίζει στατιστικά σημαντική υψηλή θετική συσχέτιση με την (PC2), ενώ η έκθεση εμφανίζει στατιστικά υψηλή αρνητική με τη συνιστώσα αυτή, που ερμηνεύει το 21,8% της συνολικής διακύμανσης. Είναι φανερό ότι και οι δύο κύριες συνιστώσες (PC1, PC2) σχετίζονται τόσο με τις τοπογραφικές παραμέτρους (υψόμετρο, κλίση) όσο και με χημικές εδαφικές παραμέτρους (ολικό άζωτο, φωσφόρος) οι οποίες με την επίδραση του κλίματος διαμορφώνουν τη βλάστηση κάθε περιοχής.

Σε αυτό συμφωνούν οι Lobo et al. (2001), οι οποίοι αναφέρουν ότι από τις πιο σημαντικές μεταβλητές που σχετίζονται με τη διαφοροποίηση της βλάστησης είναι αυτές που σχετίζονται με το υψόμετρο (υψομετρικό εύρος και μέγιστο υψόμετρο). Επίσης η Sebastia (2004) αναφέρει ότι η κλίση και η μικροτοπογραφία επηρέασαν την περιεκτικότητα του εδάφους σε υγρασία κι ευνόησαν τη συγκέντρωση θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος.



Εικόνα 1. Ποσοστά συμμετοχής στη σύνθεση της βλάστησης των λιβαδιών ανά κατηγορία φυτών με την αύξηση του υψομέτρου, EA: Ετήσια Αγρωστώδη, PA: Πολυετή Αγρωστώδη, EP: Ετήσια Ψυχανθή, PS: Πολυετή Ψυχανθή, PP: Πλατύφυλλες Πόες.

Σύμφωνα με τα δεδομένα της εικόνας 1 παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική μείωση στα ποσοστά συμμετοχής των ετησίων ειδών, τόσο των αγρωστωδών όσο και των ψυχανθών στη σύνθεση της βλάστησης των λιβαδιών με υψόμετρο >1200 μ. Αντίθετα η συμμετοχή των πολυετών ψυχανθών αυξήθηκε σημαντικά με την αύξηση του υψομέτρου των λιβαδιών. Σε ότι αφορά τις πλατύφυλλες πόες η συμμετοχή τους στη βλάστηση των λιβαδιών δε μεταβλήθηκε με την αύξηση του υψομέτρου.

Στα λιβάδια με υψόμετρο μεγαλύτερο των 1200 μ. η στατιστικά σημαντική αύξηση της κλίσης του εδάφους ευνόησε την αύξηση της συμμετοχής των πολυετών αγρωστωδών στη σύνθεση της βλάστησης, γιατί τα αγρωστώδη έχουν θυσανώδες ριζικό σύστημα που αναπτύσσεται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους κι έτσι τα είδη αυτά μπορούν να αναπτυχθούν καλύτερα σε αβαθή εδάφη, σε σχέση με άλλες κατηγορίες φυτών (Korner 2003). Επίσης η αυξημένη συγκέντρωση του εδάφους σε φωσφόρο στα λιβάδια με υψόμετρο 800-1000 μ. και σε αυτά με μεγαλύτερο των 1200 μ. συνέβαλε στην αύξηση της συμμετοχής των ετησίων και πολυετών ψυχανθών στη σύνθεση της βλάστησης, καθώς σύμφωνα με τους (Νάστη και Τσιουβάρα 1991) η παρουσία του φωσφόρου στο έδαφος ευνοεί ιδιαίτερα την ανάπτυξη των ψυχανθών. Τέλος η αυξημένη συμμετοχή στη σύνθεση της βλάστησης των πολυετών ψυχανθών (Παπαναστάσης και Νοϊτσάκης 1992), συνέβαλε στη σημαντική αύξηση της περιεκτικότητας του εδάφους σε ολικό άζωτο προς όφελος των πολυετών αγρωστωδών.

## Συμπεράσματα

Η ποικιλότητα των λιβαδιών αυξήθηκε στα λιβάδια με υψόμετρο μεγαλύτερο των 1200 μ. Οι τοπογραφικές παράμετροι (υψόμετρο, κλίση) και οι εδαφικές (περιεκτικότητα σε άζωτο και φωσφόρο) συνέβαλαν στην αύξηση του αριθμού των ειδών από τις κατηγορίες των πολυετών αγρωστωδών και ψυχανθών φυτών κι επομένως στην αύξηση της ποικιλότητας των λιβαδιών αυτών.

## Βιβλιογραφία

- Brown, J.H., S.K. Morgan Ernest., J.M. Parody and J.P. Haskell. 2001. Regulation of diversity: maintenance of species richness in changing environments. *Oecologia* 126, (3): 321-332.
- Chapin, F.S. and C. Korner. 1994. Arctic and alpine biodiversity: patterns, causes and ecosystem consequences. *Trends in Ecology and Evolution*, 9 (22): 45 – 47.
- Clarke, K.R. & R.M. Warwick. 1994. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Natural Environment Research Council. U.K.: 1 – 114.
- Cook, C.W. and Stubbendieck. 1986. Range Research: Basic Problems and Technics. Soc. Range Manage. Denver, Co. pp. 317.
- Korner, Ch. 2003. *Alpine Plant Life* (2<sup>nd</sup> ed.) Springer, Berlin, pp. 110.
- Lobo, J.M., I. Castro and J.C. Moreno. 2001. Spatial and environmental determinants of vascular plant species richness distribution in the Iberian Peninsula and Balearic Islands. *Biological Journal of the Linnean Society*, 73: 233 – 253.
- McNaughton, S. J. 1967. *Nature*. Lond, 216: 168-169.
- McNeely, J.A. 1994. Protected areas for the 21<sup>st</sup> century: working to provide benefits to society. *Biodiversity and Conservation*, 3 (5): 390 – 405.
- Νάστης, Α.Σ. και Κ.Ν. Τσιουβάρας. 1991. Διαχείριση και Βελτίωση Λιβαδιών. Θεσσαλονίκη.
- Παπαναστάσης, Β.Π. και Β. Νοϊτσάκης. 1992. Λιβαδική Οικολογία. Θεσσαλονίκη.
- Sebastian, M. T. 2004. Role of topography and soils in grassland structuring at the landscape community scales. *Basic and Applied Ecology*, 5 (4): 331 – 346.

- Σιάρδος, Γ.Κ. 1999. Μέθοδοι πολυμεταβλητής στατιστικής ανάλυσης. Μέρος πρώτο: Διερεύνηση σχέσεων μεταξύ μεταβλητών. Θεσσαλονίκη.
- Sokal, R.R. and F.J. Rohlf. 1995. Biometry: the principles and practise of statistics in biological research. 3<sup>rd</sup> edition. W. H. Freeman and Co., New York, pp. 887.

## **Effect of abiotic factors on grasslands diversity**

**I. Pappas and Z. Koukoura**

Range Science Laboratory (P.O. box 236), School of Forestry and Natural Enviroment,  
Aristotle University of Thessaloniki, 541 24 Thessaloniki, Greece

### **Summary**

Grasslands diversity is the expression of the interaction of abiotic factors, as they differentiated along altitude gradient and the biotic ones (plants). The aim of this research was to study the effect of abiotic factors on grassland diversity. The research was conducted on Othrys mountain grasslands in central Greece at altitude range between 800 – 1500 m. The abiotic parameters which are related with plant's growth, as soil nitrogen and organic matter content and phosphorus concentration were measured from soil samples that were taken in depth of 0-20 cm from soil surface. Also the topographic parameters of experimental areas as altitude, inclination and exposition were measured. The plants' diversity index of Shannon – Weiner and Equitability were calculated from plants' density measurement. The results showed that diversity increased in grasslands with altitude >1200 m. Also it was found that the interaction of the topographic (altitude, inclination) and soil (nitrogen, phosphorus) variables contributed to the increase of perennial grass and legume species and so to these grasslands diversity.

**Key words:** Diversity index, altitude, inclination, nitrogen, phosphorus.