

Επίδραση της προσθήκης αζώτου και φωσφόρου στη δομή ποώδους φυτοκοινότητας αρχικού σταδίου δευτερογενούς διαδοχής

Ο. Βούλγαρη, Α. Μαμόλος, Δ. Βερεσόγλου, Χ. Αναγνωστόπουλος

Εργαστήριο Οικολογίας και Προστασίας Περιβάλλοντος, Τμήμα Γεωπονίας,

Σχολή Γεωπονίας, Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος,

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης,

541 24 Θεσσαλονίκη, Ελλάδα, emails: olgavoulgari@yahoo.gr, mamolos@agro.auth.gr

Περίληψη

Η διαθεσιμότητα του αζώτου (N) και του φωσφόρου (P) συνήθως επηρεάζει την πρωτογενή παραγωγικότητα και καθορίζει τη δομή των φυτοκοινοτήτων στα χερσαία οικοσυστήματα. Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να εξετασθεί η επίδραση των δύο αυτών θρεπτικών στοιχείων στην πρωτογενή παραγωγικότητα και στις μεταβολές της δομής (σύνθεση λειτουργικών ομάδων – αγρωστωδών, ψυχανθών και μη ψυχανθών πλατύφυλλων) σε ποολίβαδο αρχικού σταδίου δευτερογενούς διαδοχής. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το N ήταν περιοριστικός πόρος και η αυξημένη διαθεσιμότητά του έτεινε να μεγιστοποιεί την πρωτογενή παραγωγικότητα του ποολίβαδου και να ευνοεί τη λειτουργική ομάδα των αγρωστωδών. Από την άλλη μεριά τα ψυχανθή, λόγω της δυνατότητάς τους να αζωτοδεσμεύουν εκδήλωσαν μια αυξημένη ανταγωνιστικότητα όταν το N ήταν ανεπαρκές, ιδιαίτερα σε αυξημένη διαθεσιμότητα νερού και με την προσθήκη P.

Λέξεις κλειδιά: παραγωγικότητα, σχετική αφθονία, λειτουργικές ομάδες, N, P.

Εισαγωγή

Τα συνήθη περιοριστικά θρεπτικά στοιχεία στα χερσαία οικοσυστήματα είναι το N και P (Clark 1977, Risser και Parton 1982), τα οποία αποτελούν καθοριστικό παράγοντα στη σύνθεση της βλάστησης ενός οικοσυστήματος (Ellenberg 1996, Marini κ.ά. 2007). Σε μια φυτοκοινότητα η προσθήκη λιπασμάτων αυξάνει την παραγωγικότητα, ενώ μπορεί να αλλάξει τη σύνθεση των ειδών και των λειτουργικών ομάδων ραγδαία (Lanta κ.ά. 2009). Ενδεικτικά αναφέρεται ότι σε χαμηλής γονιμότητας εδάφη, η προσθήκη N, ιδιαίτερα σε συνδυασμό με προσθήκη P, ευνοεί την αύξηση των αγρωστωδών και συντελεί σε χαμηλότερη ανάπτυξη φυτομάζας στα πλατύφυλλα (Mamolos κ.ά. 1995, Elisseeu κ.ά. 1995). Αντιθέτως, η προσθήκη μόνο P ευνοεί τα ψυχανθή (Henkin κ.ά. 2006, Merou και Papanastasis 2009).

Σκοπός της έρευνας ήταν να μελετηθεί η επίδραση της προσθήκης N και P στην παραγωγικότητα και στη συμμετοχή στη σύνθεση της βλάστησης των τριών λειτουργικών ομάδων (αγρωστώδη, ψυχανθή, λοιπά πλατύφυλλα) σε ποολίβαδο κατά τα πρώτα στάδια δευτερογενούς διαδοχής.

Υλικά και μέθοδοι

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε ορεινό ποολίβαδο (υψόμετρο περίπου 650m), σε διάκενο δάσους δρυός στο πανεπιστημιακό δάσος του Ταξιάρχη Χαλκιδικής, 63 km νοτιοανατολικά της Θεσσαλονίκης στη Βόρεια Ελλάδα. Στον Πίνακα 1 και στην Εικόνα 1 δίδονται ορισμένα χαρακτηριστικά του εδάφους και του κλίματος, της περιοχής έρευνας.

Το Σεπτέμβριο του 2007 πειραματική επιφάνεια, διαστάσεων 15 x 18 m οργώθηκε μέχρι βάθους 20 cm για να μειωθεί η ετερογένεια και περιφράχθηκε για να αποτραπεί η βόσκηση. Στη συνέχεια οριοθετήθηκαν εννέα πειραματικά τεμάχια, διαστάσεων 4 x 5 m, διαχωριζόμενα με διαδρόμους 1 m πλάτους. Σε κάθε πειραματικό τεμάχιο οριοθετήθηκαν τέσσερα υποτεμάχια διαστάσεων 2,0 x 2,5 m, στα οποία εφαρμόστηκαν τέσσερις συνδυασμοί λίπανσης, Μ: μάρτυρας χωρίς καμία προσθήκη λιπάσματος, Ν: 15 g N ανά m² ετησίως με τη μορφή νιτρικής αμμωνίας το 2007 και ουρίας το 2008, 2009 και 2010, Ρ: 10 g Ρ ανά m² ετησίως με την μορφή υπερφωσφορικού λιπάσματος, ΝΡ: 15 g N (ως ανωτέρω) και 10 g Ρ ανά m² ετησίως. Οι λιπάνσεις γίνονταν στις αρχές Νοεμβρίου.

Πίνακας 1. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του εδάφους της πειραματικής θέσης (βάθος 0-15 cm).

Τύπος εδάφους	Άμμος ^α	Πόζα ^α	Άργιλος ^α	pH ^β	Οργανική ουσία ^γ	Ολικό Ν ^δ	ΙΑΚ ^ε
	%	%	%		g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹
SC	17,0	36,5	45,7	6,45	42,0	3,6	55,2

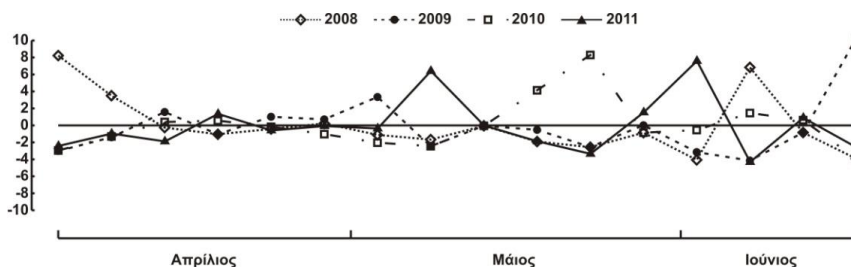
^α Μέθοδος πιπέτας.

^β 0,01 M CaCl₂ 1:1 (w/v).

^γ Υγρή οξειδωση.

^δ Μέθοδος Kjeldahl.

^ε Η ΙΑΚ (Ικανότητα ανταλλαγής Κατιόντων) υπολογίστηκε από το άθροισμα Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ και Na⁺. Η εκχύλιση των εδαφών έγινε με 0,5 M BaCl₂-TEA, pH 8.2.



Εικόνα 1. Αποκλίσεις ημερήσιων βροχοπτώσεων περιόδου από 1^η Απριλίου έως 19^η Ιουνίου των ετών 2008 έως 2011 από τις αντίστοιχες μέσες τιμές της περιόδου 2008-2011 (Δεδομένα από Δασαρχείο του Πανεπιστημιακού δάσους του Ταξιάρχη).

Η υπέργεια φυτομάζα συγκομιζόταν στα τέλη Ιουνίου των ετών 2008-2011. Κατά τη δειγματοληψία συγκομιζόταν μία επιφάνεια 0,50 x 0,50 m από το κέντρο του τεμαχίου. Προκειμένου να περιορισθεί η επίδραση της εναπομένουσας φυτομάζας από την προηγούμενη βλαστητική περίοδο, ιδιαίτερα των αγρωστωδών, η φυτομάζα απομακρύνονταν από την πειραματική φυτοκοινότητα στο τέλος του καλοκαιριού κάθε έτους. Στη συνέχεια, γινόταν διαχωρισμός των ειδών σε τρεις λειτουργικές ομάδες, αγρωστώδη, μη ψυχανθή πλατύφυλλα (θα αναφέρονται μετέπειτα σε όλη την εργασία ως πλατύφυλλα) και ψυχανθή, και τα επί μέρους δείγματα της υπέργειας φυτομάζας ξηραίνονταν στους 65°C για 48 ώρες και ζυγίζονταν.

Για τη στατιστική επεξεργασία των τιμών της ετήσιας παραγωγής και της σχετικής αφθονίας (ποσοστό της ετήσιας παραγωγής λειτουργικής ομάδας στο σύνολο της παραγωγής της φυτοκοινότητας) για το σύνολο της φυτομάζας (μόνο για την ετήσια παραγωγή), το σύνολο των αγρωστωδών, των πλατύφυλλων και των ψυχανθών χρησιμοποιήθηκε το πειραματικό σχέδιο τεμαχίων με υποτεμάχια με εννιά επαναλήψεις. Ως κύρια τεμάχια χρησιμοποιήθηκε η λίπανση με τους συνδυασμούς των δύο επιπέδων Ν και Ρ και ως υποτεμάχια τα τέσσερα έτη (2008, 2009, 2010 και 2011). Η στατιστική επεξεργασία έγινε

ξεχωριστά για κάθε μία από τις λειτουργικές ομάδες. Η σύγκριση των μέσων όρων έγινε με το κριτήριο της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς (ΕΣΔ) σε επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$. Σε όλες τις περιπτώσεις της σχετικής αφθονίας, η στατιστική επεξεργασία έγινε μετά τη μετατροπή των δεδομένων σε τόξο ημιτόνου της τετραγωνικής ρίζας (Steel και Torrie 1960), προκειμένου τα δεδομένα να ακολουθούν κανονική κατανομή.

Αποτελέσματα και Συζήτηση

Τα αποτελέσματα από το πείραμα λίπανσης στο ποολίβαδο έδειξαν ότι οι προσθήκες του Ν και του Ρ, είτε μεμονωμένα, είτε σε συνδυασμό, αύξησαν τη συνολική παραγωγικότητα της φυτοκοινότητας και στα τέσσερα έτη του πειραματισμού (Εικόνα 2). Εντούτοις, παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα έτη, τόσο στην παραγωγικότητα όσο και στη σχετική αφθονία των λειτουργικών ομάδων των φυτών, στα αρχικά στάδια της δευτερογενούς διαδοχής (Πίνακας 2, Εικόνες 2 και 3).

Πίνακας 2. Μέσα Τετράγωνα από Ανάλυση Παραλλακτικότητας για τις επιδράσεις του Ν, του Ρ και των Ετών (2008, 2009, 2010, 2011), στην (α) παραγωγικότητα (ξηρό βάρος) και (β) σχετική αφθονία των λειτουργικών ομάδων φυτών στο ποολίβαδο του Ταξιάρχη. Οι αριθμοί με έντονη γραφή δείχνουν σημαντική επίδραση σε επίπεδο $p \leq 0,05$.

Πηγή Παραλλακτικότητας	ΒΕ	Σύνολο Φυτομάζας	Αγρωστώδη	Πλατύφυλλα	Ψυχανθή
(α) Παραγωγικότητα					
Ομάδες	8	11001	6420	15133**	1372
N	1	84943**	304325***	10531	131643***
P	1	22131	234	11233	3371
N x P	1	37718*	482	37419**	517
Σφάλμα (α)	24	6962	6188	3690	990
Έτη	3	141181***	37632**	139070***	38075***
Έτη x N	3	9359	35428**	4703	31631***
Έτη x P	3	664	1621	7199	7941***
Έτη x N x P	3	18772*	1650	22321***	5059***
Σφάλμα (β)	96	6695	4521	3732	652
(β) Σχετική αφθονία					
Ομάδες	8		457,0	428,6	221,9
N	1		11899,1***	66,9	17308,5***
P	1		297,4	270,1	1,3
N x P	1		11,0	191,0	281,1
Σφάλμα (α)	24		183,7	138,2	135,5
Έτη	3		2155,5***	4631,1***	2012,5***
Έτη x N	3		1137,4***	413,3*	1056,0***
Έτη x P	3		112,8	389,6*	441,1***
Έτη x N x P	3		87,7	177,4	192,3*
Σφάλμα (β)	96		165,5	122,0	60,4

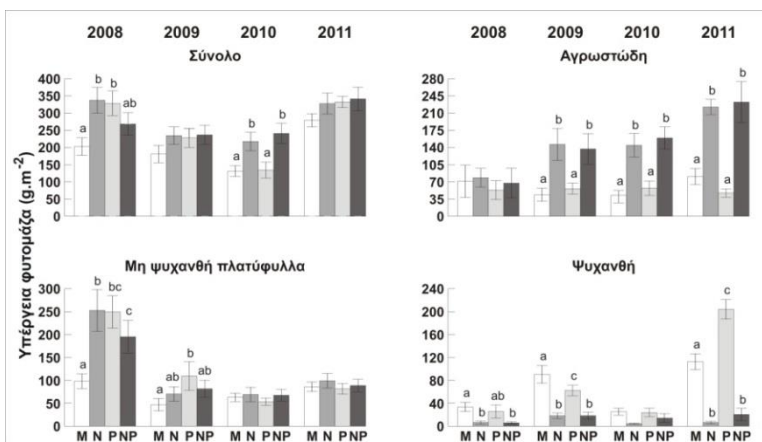
*, ** και *** δηλώνουν σημαντικές επιδράσεις για $p=0,05$, $p=0,01$ και $p=0,001$ αντίστοιχα.

Στο πρώτο έτος (2008) τα αφθονότερα είδη ήταν τα πολυετή αγρωστώδη *Poa pratensis* L., *Dactylis glomerata* L., το ετήσιο αγρωστώδες *Vulpia myuros* (L.) C. C. Gmel. και τα πολυετή πλατύφυλλα *Achillea millefolium* L., *Galium verum* L., *Plantago lanceolata* L., *Potentilla erecta* (L.) Raeusch., *Sanguisorba minor* Scop. και *Torilis arvensis* (Huds.) Link. Τα είδη αυτά ήταν από τα αφθονότερα πριν από την κατεργασία του εδάφους και είχαν επομένως μεγάλο απόθεμα σπόρων στο έδαφος. Στο γυμνό έδαφος, τα πλατύφυλλα αυξήθηκαν ταχύτερα και προκατέλαβαν τον χώρο και έτσι η αφθονία τους και η σχετική τους αφθονία ως σύνολο ήταν η υψηλότερη ανάμεσα στις τρεις λειτουργικές ομάδες. Στη συνέχεια και ως αποτέλεσμα των ανταγωνιστικών αλληλεπιδράσεων η παραγωγικότητα και η σχετική αφθονία των πλατύφυλλων υποχώρησε.

Η παραγωγικότητα των αγρωστωδών έβαινε αυξανόμενη από το 2008 έως και το τελευταίο έτος 2011. Σημαντικά διαφορετικές ήταν μόνο η μέση τιμή του 2011 με τις

αντίστοιχες τιμές των ετών 2008 και 2009. Ομοίως και τα ψυχανθή εκδήλωσαν την υψηλότερη παραγωγικότητά τους το 2011. Στην υψηλή παραγωγικότητα των ψυχανθών αλλά και του συνόλου της φυτοκοινότητας κατά το τελευταίο έτος του πειράματος καθοριστικό ρόλο φαίνεται να άσκησε η διαθεσιμότητα του νερού, που όπως φαίνεται από τα βροχομετρικά στοιχεία της Εικόνας 1 ήταν επαρκέστερη το 2011 (μέση ημερήσια απόκλιση 1,99 mm) κατά την περίοδο αύξησης των φυτών (Απρίλιος έως μέσα Ιουνίου) σε σχέση με τα έτη 2009 και 2010 (μέση ημερήσια απόκλιση -2,21 mm και 0,15 mm αντίστοιχα). Ωστόσο, η μέγιστη προσθήκη νερού το 2010 συνέβη στο δεύτερο δεκαπενθήμερο του Μαΐου με τη μορφή ραγδαίων βροχοπτώσεων. Στο χρονικό διάστημα από μέσα Απριλίου έως μέσα Μαΐου, περίοδος της εντονότερης αύξησης των φυτών στην περιοχή πειραματισμού, το 2010 ήταν το ξηρότερο από τα τέσσερα έτη.

Σε συμφωνία με τα αποτελέσματα των Chapin και Shaver (1985) και Elisseou κ.ά. (1995), τα αγρωστώδη από το 2009 έως το 2011 ευνοήθηκαν, ενώ τα ψυχανθή περιορίστηκαν στα πειραματικά τεμάχια που εφαρμόστηκε το N. Η σχετική ανεπάρκεια του νερού στην προ της 15 Μαΐου βλαστητική περίοδο του 2010 είχε ως συνέπεια την περιορισμένη αύξηση των ψυχανθών, ιδιαίτερα στις μεταχειρίσεις του Μάρτυρα και της προσθήκης P, οι οποίες είχαν πολύ χαμηλότερες τιμές από τις αντίστοιχες των ετών 2009 και 2011. Αυτές οι χαμηλές τιμές επηρέασαν και τη συνολική πρωτογενή παραγωγικότητα του 2010: μεταξύ των τριών ετών 2009-2011, μόνο στο 2010, υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τεσσάρων επεμβάσεων.

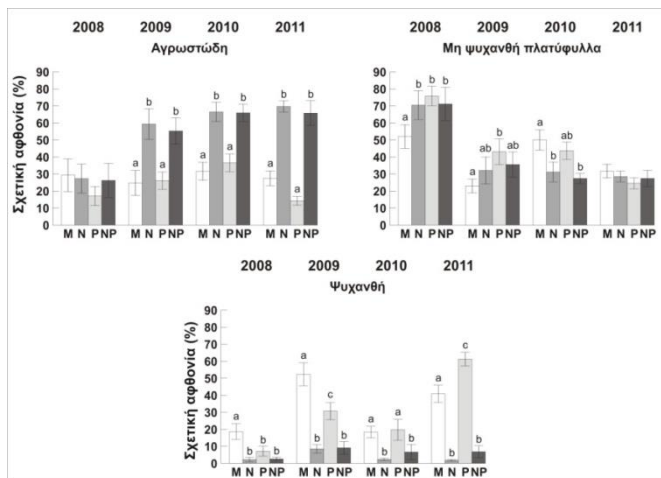


Εικόνα 2. Υπέργεια φυτομάζα, των συνόλων της φυτοκοινότητας, των αγρωστωδών, των πλατύφυλλων και των ψυχανθών στο ποολίβαδο του Ταξιάρχη στους τέσσερις συνδυασμούς προσθήκης αζώτου και φωσφόρου, στα έτη 2008, 2009, 2010 και 2011.

Τα διαφορετικά γράμματα, πάνω από κάθε στήλη, δείχνουν σημαντική διαφορά σε $p = 0.05$.

Η προσθήκη του P ενίσχυσε περαιτέρω την ανταγωνιστική ικανότητα των ψυχανθών στα πειραματικά τεμάχια χωρίς προσθήκη N, ιδιαίτερα όταν η διαθεσιμότητα του νερού ήταν η υψηλότερη δυνατή το 2011. Αμφότερα νερό και P ευνόησαν τον σχηματισμό φυματίων με συνέπεια να ενταθεί η αζωτοδέσμευση (Qiao κ.ά. 2007, Amba κ.ά. 2011). Έτσι, μη υψηλή συγκέντρωση N στα χωρίς λίπανση με N πειραματικά τεμάχια, σε συνδυασμό με την αυξημένη σε αυτά ανταγωνιστική ικανότητα των ψυχανθών, περιορίσει αισθητά την παραγωγικότητα και τη σχετική αφθονία των αγρωστωδών. Αντίθετα η προσθήκη N αύξησε τη παραγωγικότητα και τη σχετική αφθονία των αγρωστωδών και στα τέσσερα έτη του πειραματισμού. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν και οι Stevens κ.ά. (2006) και Duprè κ.ά.

(2010). Σύμφωνα με τους Elisseou κ.ά. (1995) και Mamolos κ.ά. (1995) η πιθανή αιτία του περιορισμού των ψυχανθών είναι η σκίαση που τους δημιουργούν τα αγρωστώδη.



Εικόνα 3. Σχετική αφθονία των συνόλων των αγρωστωδών, των πλατύφυλλων και των ψυχανθών στο ποολίβαδο του Ταξιάρχη στους τέσσερις συνδυασμούς προσθήκης αζώτου και φωσφόρου, στα έτη 2008, 2009, 2010 και 2011.

Τα διαφορετικά γράμματα, πάνω από κάθε στήλη, δείχνουν σημαντική διαφορά σε $p = 0.05$.

Συμπεράσματα

- Το N ήταν περιοριστικός εδαφικός πόρος για την αύξηση των φυτών και η αυξημένη διαθεσιμότητά του έτεινε να μεγιστοποιήσει την πρωτογενή παραγωγικότητα.
- Η προσθήκη N ευνόησε την παραγωγικότητα και την ανταγωνιστικότητα των αγρωστωδών.
- Η μη προσθήκη N, και η επάρκεια νερού και P ευνόησε τα ψυχανθή.

Ευχαριστίες

Τα στοιχεία της δημοσίευσης αυτής συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της διδακτορικής διατριβής της Ο. Βούλγαρη που εκπονήθηκε στο Τμήμα Γεωπονίας, της Σχολής Γεωπονίας Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος του ΑΠΘ και ολοκληρώθηκε τον Ιούνιο του 2013. Οι συγγραφείς θα ήθελαν να ευχαριστήσουν τους κκ. Κων/νο Αθανασιάδη και Παναγιώτη Σκεντερίδη για την βοήθεια τους κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών.

Βιβλιογραφία

- Amba, A. A., E. B. Agbo, N. Voncir, and M. O. Oyawoye. 2011. Effect of phosphorus fertilization on some soil chemical properties and nitrogen fixation of legumes at Bauchi. *Continental Journal of Agricultural Science*, 5:39-44.
- Chapin, F. S., and G. Shaver. 1985. Individualistic growth response of tundra plant species to manipulation of light, temperature, and nutrients in a field experiment. *Ecology* 66:564-576.
- Clark, F. E. 1977. Internal cycling of nitrogen in shortgrass prairie. *Ecology*, 58:1322-1333.
- Duprè, C., C. J. Stevens, T. Ranke, A. Bleeker, C. Pepller-Lisbach, D. J. G. Gowing, N. B. Dise, E. Dorland, R. Bobbink, and M. Diekmann. 2010. Changes in species richness

- and composition in European acidic grasslands over the past 70 years: the contribution of cumulative atmospheric nitrogen deposition. *Global Change Biology*, 16:344-357.
- Elisseou, G. C., D. S. Veresoglou, and A. P. Mamolos. 1995. Vegetation productivity and diversity of acid grasslands in Northern Greece as influenced by winter rainfall and limiting nutrients. *Acta Oecologica*, 16:687-702.
- Ellenberg, H. 1996. Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen: In oekologischer, dynamischer und historischer Sicht. Universitätstaschenbücher, Stuttgart.
- Henkin, Z., M. Sternbeg, N. G. Seligman, and I. Noy-Meir. 2006. Species richness in relation to phosphorous and competition in a Mediterranean dwarf shrub community. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 113:277–283.
- Lanta, V., J. Doležal, P. Lantová, J. Kelišek, and O. Mudrák. 2009. Effects of pasture management and fertilizer regimes on botanical changes in species-rich mountain calcareous grassland in Central Europe. *Grass and Forage Science*, 64:443-453.
- Mamolos, A. P., D. S. Veresoglou, and N. Barbayiannis. 1995. Plant species abundance and tissue concentrations of limiting nutrients in low-nutrient grasslands: a test of competition theory. *Journal of Ecology*, 83:485-495.
- Marini, L., M. Scotton, S. Klimek, J. Isselstein, and A. Pecile. 2007. Effects of local factors on plant species richness and composition of Alpine meadows. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 119:281-288.
- Merou, T. P., and V. P. Papanastasis. 2009. Factors affecting the establishment and growth of annual legumes in semi-arid Mediterranean grasslands. *Plant Ecology*, 201:491-500.
- Qiao, Y. F., C. X. Tang, X. Z. Han, and S. F. Miao. 2007. Phosphorus deficiency delays the onset of nodule function in soybean. *Journal of Plant Nutrition*, 30:1341–1353.
- Risser, P. G., and W. J. Parton. 1982. Ecosystem analysis of the tallgrass prairie: nitrogen cycle. *Ecology*, 63:1342-1351.
- Steel, R. G. B., and J. H. Torrie. 1960. Principles and Procedures of Statistics. McGraw-Hill, New York.
- Stevens, C. J., N. B. Dise, J. O. Mountford, and D. J. Gowing. 2006. Loss of forb diversity in relation to nitrogen deposition in the UK: regional trends and potential controls. *Global Change Biology*, 12:1823-1833.

Effect of the addition of nitrogen and phosphorus in the structure of a seminatural grassland of early secondary succession stage

O.Voulgari, A. Mamolos, D. Veresoglou, C. Anagnostopoulos

Laboratory of Ecology and Environmental Protection, School of Agriculture,
Faculty of Agriculture, Forestry and Natural Environment,
Aristotle University of Thessaloniki,

541 24 Thessaloniki, Greece, emails: olgavoulgari@yahoo.gr, mamolos@agro.auth.gr

Abstract

Nitrogen (N), and phosphorus (P) are the soil resources that most commonly affect primary productivity and as such determine the structure of plant communities in terrestrial ecosystems. The aim of this study was to examine the effects of these two resources on the primary productivity and structure (composition of functional groups - grasses, legumes and forbs) in a seminatural grassland of early secondary succession stage. The results showed that N was a limiting resource, and its increased availability tended to maximize the primary productivity of the grassland and favor the functional group of grasses. On the other hand legumes, having the ability to fix atmospheric N₂, exhibited an increased competitiveness when N was limiting, particularly following water and P additions.

Key words: productivity, relative abundance, functional groups, N, P