

Επίδραση της διαθεσιμότητας θρεπτικών στοιχείων στον ανταγωνισμό λειμώνων ειδών

Σ.Δ. Κουτρούμπας¹ και Δ.Σ. Βερεσόγλου²

¹ Εργαστήριο Γεωργίας, Τμήμα Αγροτικής Ανάπτυξης,
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, 682 00 Ορεστιάδα

² Εργαστήριο Οικολογίας και Προστασίας Περιβάλλοντος, Τμήμα Γεωπονίας,
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 541 24 Θεσσαλονίκη

Περίληψη

Η επίδραση της διαθεσιμότητας των θρεπτικών στοιχείων N, P και K στην αύξηση και τον ανταγωνισμό λειμώνων ειδών (αγρωστωδών και πλατύφυλλων) εξετάστηκε σε δύο πειράματα. Στο πρώτο πείραμα, εννέα λειμώνια είδη αναπτύχθηκαν σε ξυλοκιβώτια με χώμα για τρία έτη σε τρεις μεταχειρίσεις διαθεσιμότητας θρεπτικών στοιχείων. Οι μεταχειρίσεις προέκυψαν με προσθήκες K και P (-N), N και K (-P) και N και P (-K). Χρησιμοποιήθηκαν 18 επαναλήψεις. Στο δεύτερο πείραμα πέντε λειμώνια είδη αυξήθηκαν σε αμιγείς καλλιέργειες και σε συγκαλλιέργεια σε γλάστρες με άμμο. Χρησιμοποιήθηκαν έξι θρεπτικά διαλύματα τα οποία προέκυψαν από το συνδυασμό δύο επιπέδων P (1 και 20 ppm) και τριών επιπέδων K (4, 16 και 64 ppm), σε τελείως τυχαίοποιημένο σχέδιο με τέσσερις επαναλήψεις. Οι μεταβολές στη Διάρκεια Βιομάζας των ειδών συσχετίζονταν αρνητικά με τις συγκεντρώσεις των ειδών σε P, όταν ο P ήταν περιοριστικός, όχι όμως στις άλλες δύο μεταχειρίσεις. Στο δεύτερο πείραμα, τα πλατύφυλλα συγκέντρωσαν αναλογικά περισσότερο P στο υπέργειο τμήμα τους, όταν ο P ήταν περιοριστικός. Το αντίστροφο συνέβη με τα αγρωστώδη. Η αύξηση της διαθεσιμότητας του K στη συγκαλλιέργεια έτεινε να ευνοήσει τα αγρωστώδη είδη, ενώ η αύξηση της διαθεσιμότητας του P τα πλατύφυλλα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι είδη με τη χαμηλότερη συγκέντρωση στους ιστούς τους στο πλέον περιοριστικό θρεπτικό στοιχείο ήταν τα ανταγωνιστικότερα.

Λέξεις κλειδιά: Άζωτο, ανταγωνισμός, κάλιο, λειμώνια είδη, φωσφόρος.

Εισαγωγή

Ο ανταγωνισμός μεταξύ των φυτικών ειδών είναι ένας από τους σπουδαιότερους παράγοντες που καθορίζουν τη δομή μιας φυτοκοινότητας. Στις ποώδεις φυτοκοινότητες, τα φυτά ανταγωνίζονται κυρίως για θρεπτικά στοιχεία και νερό (Snaydon 1971, Eagles 1972) και για φως στην περίπτωση που η γονιμότητα του εδάφους ευνοεί την ιδιαίτερη ανάπτυξη της υπέργειας βιομάζας (Donald 1958, Grime 1979). Η δυνατότητα συνύπαρξης ευνοείται από μορφολογικές και φυσιολογικές διαφορές μεταξύ των φυτικών ειδών. Τέτοιες διαφορές αναφέρονται στην κατανομή του ριζικού συστήματος (Veresoglou and Fitter 1984, Gibson 1988), στο χρόνο που προσλαμβάνουν τα θρεπτικά στοιχεία (Bradshaw 1969, Roger and Westman 1979), καθώς και στις απαιτήσεις τους σε θρεπτικά στοιχεία (Tilman 1982).

Ένα από τα γνωρίσματα των φυτικών ειδών που επηρεάζει την ανταγωνιστικότητά τους είναι η αποτελεσματικότητα χρησιμοποίησης των θρεπτικών στοιχείων. Σύμφωνα με τους Braakhekke (1980) και Tilman (1982), τα φυτικά είδη που αξιοποιούν αποτελεσματικότερα τον πλέον περιοριστικό πόρο (θρεπτικά στοιχεία ή νερό) έχουν μια υπεροχή και τείνουν να

κυριαρχήσουν. Οι τρόποι με τους οποίους επιτυγχάνεται η αποτελεσματικότερη χρησιμοποίηση των θρεπτικών στοιχείων διαφέρουν μεταξύ καλλιεργούμενων και άγριων φυτικών ειδών (Charin 1980). Τα τελευταία αντιδρούν στη μείωση της διαθεσιμότητας των θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος προσαρμόζοντας ορισμένα γνωρίσματά τους. Η αποτελεσματικότητα χρησιμοποίησής των θρεπτικών στοιχείων επηρεάζεται και από το μέγεθος της ανακατανομής τους στους φυτικούς ιστούς (Andrew and Johansen 1978). Έτσι η δυνατότητα κάποιων φυτικών ειδών να επαναχρησιμοποιούν θρεπτικά στοιχεία από γηρασμένα φυτικά τμήματα (κυρίως φύλλα) προσδίδει σε αυτά ένα πλεονέκτημα.

Σκοπός της εργασίας ήταν να προσδιορισθούν τυχόν διαφορές στις απαιτήσεις μεταξύ αγρωστωδών και πλατύφυλλων λειμώνιων ειδών σε θρεπτικά στοιχεία και να διαπιστωθεί εάν η δυναμική μιας φυτοκοινότητας μπορεί να προβλεφθεί από τις απαιτήσεις των φυτικών ειδών στο πλέον περιοριστικό θρεπτικό στοιχείο.

Υλικά και μέθοδοι

Έγιναν δύο πειράματα στο αγρόκτημα του Α.Π.Θ. Στο πρώτο πείραμα, έξι λειμώνια είδη (*Dactylis glomerata*, *Phalaris aquatica*, *Plantago major*, *Rumex crispus*, *Lolium perenne* και *Medicago sativa*) αναπτύχθηκαν για δύο έτη (1991 και 1992) σε ξυλοκιβώτια διαστάσεων 0,5x0,4x0,5 m με έδαφος. Χρησιμοποιήθηκαν τρεις μεταχειρίσεις θρεπτικών στοιχείων που προέκυψαν με προσθήκη αζώτου και καλίου (μεταχείριση -P), προσθήκη αζώτου και φωσφόρου (-K) και προσθήκη φωσφόρου και καλίου (-N) σε ένα τελείως τυχαίοποιημένο σχέδιο με 18 επαναλήψεις. Κάθε έτος και για τις αντίστοιχες μεταχειρίσεις προστέθηκαν σε κάθε ξυλοκιβώτιο 4 g N, 3g P₂O₅ και 3 g K₂O. Έγιναν έξι δειγματοληψίες κάθε έτος από τα μέσα Μαρτίου έως τα μέσα Ιουνίου. Σε κάθε δειγματοληψία συγκομιζόταν η υπέργεια φυτομάζα τριών ξυλοκιβωτίων από κάθε μεταχείριση και γινόταν διαχωρισμός των φυτικών ειδών. Τα δείγματα ξηραίνονταν, ζυγίζονταν και κονιοποιούνταν για χημικές αναλύσεις προσδιορισμού N, P και K. Για κάθε είδος και για ολόκληρη τη φυτοκοινότητα προσδιορίστηκαν οι τιμές Διάρκειας Βιομάζας και οι σταθμισμένοι μέσοι όροι συγκεντρώσεων N, P και K.

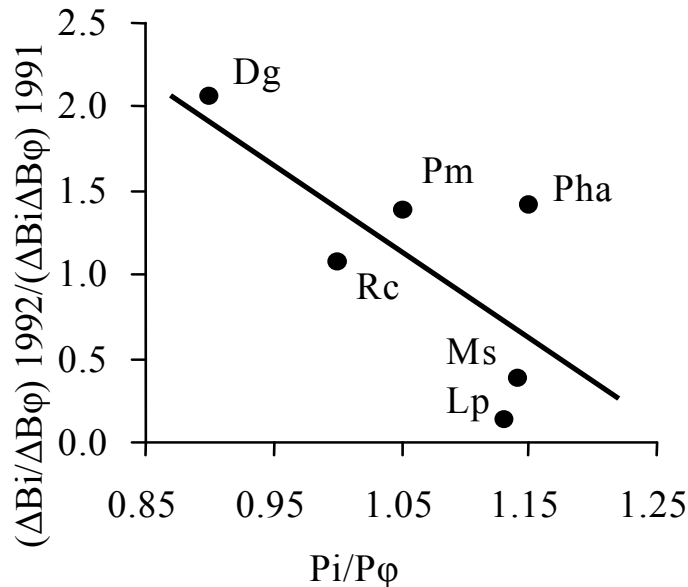
Στο δεύτερο πείραμα αναπτύχθηκαν σε γλάστρες με άμμο πέντε λειμώνια είδη (*Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea*, *Phalaris aquatica*, *Plantago lanceolata* και *Plantago major*) σε αμιγείς καλλιέργειες και σε συγκαλλιέργεια, σε έξι μεταχειρίσεις θρεπτικών διαλυμάτων που προήλθαν από συνδυασμό τριών επιπέδων K (4, 16 και 64 ppm υπό μορφή K₂SO₄) και δύο επιπέδων P (1 και 20 ppm υπό μορφή Na₂HPO₄). Το πειραματικό σχέδιο ήταν τελείως τυχαίοποιημένο με τέσσερις επαναλήψεις. Οι συγκεντρώσεις των υπολοίπων στοιχείων στο θρεπτικό διάλυμα ήταν 1,5 10⁻³ M MgSO₄·7H₂O, 4 10⁻³ M NH₄NO₃, 2 10⁻³ CaCl₂, 1,038 10⁻⁵ M MnCl₂·2H₂O, 4,089 10⁻⁷ M CuSO₄·2H₂O, 7,653 10⁻⁷ M ZnSO₄·7H₂O, 3,675 10⁻⁵ M H₃BO₄. Ο Fe προστέθηκε ως Sequestren 138 Fe σε ποσότητα 0,24 g/L.

Το φυτικό υλικό συγκομίσθηκε τρεις μήνες μετά την εγκατάσταση του πειράματος. Στην αμιγή καλλιέργεια συγκομίσθηκαν αμφοτέρω υπέργειο τμήμα και ριζικό σύστημα των φυτών και στη συγκαλλιέργεια μόνο το υπέργειο τμήμα το οποίο και διαχωρίσθηκε στα επιμέρους είδη. Τα δείγματα ξηράνθηκαν, ζυγίσθηκαν και κονιοποιήθηκαν προκειμένου να προσδιορισθεί η περιεκτικότητά τους σε P και K.

Αποτελέσματα και συζήτηση

Στο πρώτο πείραμα, οι τιμές Διάρκειας Βιομάζας για κάθε είδος ξεχωριστά και για ολόκληρη τη φυτοκοινότητα διέφεραν στις δύο περιόδους αυξησεως. Για να είναι

συγκρίσιμες οι μεταβολές στην αφθονία των ειδών μεταξύ των ετών χρησιμοποιήθηκε ο λόγος των ποσοστών της Διάρκειας Βιομάζας κάθε είδους στο σύνολο της φυτοκοινότητας, στα έτη 1992 και 1991. Στην περίπτωση που ο P ήταν περιοριστικός (μεταχείριση -P), η μεταβολή της σχετικής αφθονίας των χρησιμοποιηθέντων φυτικών ειδών σχετιζόταν αρνητικά με τη συγκέντρωση P (Εικόνα 1). Αντίθετα, στις μεταχειρίσεις -N και -K δεν βρέθηκε αρνητική συσχέτιση μεταξύ αφθονίας των ειδών και συγκεντρώσεων N ή K, αντίστοιχα, γεγονός που πιθανόν οφείλεται στο ότι το N ή το K δεν κατέστησαν περιοριστικά.



Εικόνα 1. Σχέση μεταξύ μεταβολής της σχετικής αφθονίας των φυτικών ειδών στα έτη 1991 και 1992 και της συγκεντρώσεως P στη μεταχείριση -P στο πείραμα με τα ζυλοκιβώτια. Dg: *Dactylis glomerata*, Pha: *Phalaris aquatica*, Pm: *Plantago major*, Rc: *Rumex crispus*, Lp: *Lolium perenne*, Ms: *Medicago sativa*.

Η επίδραση της διαθεσιμότητας των θρεπτικών στοιχείων στη σχετική αφθονία των συνυπαρχόντων φυτικών ειδών φαίνεται χαρακτηριστικά στο πείραμα με τα θρεπτικά διαλύματα (Πίνακας 1). Η αύξηση της διαθεσιμότητας του K αύξησε τη σχετική αφθονία του είδους *D. glomerata* και μείωσε τη σχετική αφθονία του είδους *P. major*. Η αύξηση της διαθεσιμότητας του P μείωσε τη σχετική αφθονία του είδους *F. arudinacea* και αύξησε τη σχετική αφθονία αμφοτέρων των πλατύφυλλων.

Οι μεταβολές της σχετικής αφθονίας των ειδών, οι οποίες προέκυψαν από την επίδραση της διαθεσιμότητας των θρεπτικών στοιχείων, μπορούν να εξηγηθούν από τις τιμές αποτελεσματικότητας χρησιμοποίησης K και P που παρατηρήθηκαν για κάθε φυτικό είδος (Πίνακας 2). Όταν το K ήταν το μόνο περιοριστικό θρεπτικό στοιχείο (μεταχείριση P₂K₁) τα αγρωστώδη *D. glomerata* και *P. aquatica* είχαν χαμηλότερες τιμές αποτελεσματικότητας χρησιμοποίησης K και συνεπώς μειονεκτούσαν σε σχέση με τα πλατύφυλλα γιατί παρήγαγαν λιγότερη ξηρά ουσία ανά μονάδα K. Το αντίστροφο παρατηρήθηκε όταν μόνο ο P ήταν περιοριστικός (μεταχείριση P₁K₃). Στην περίπτωση αυτή τα αγρωστώδη έτειναν να έχουν υψηλότερη αποτελεσματικότητα χρησιμοποίησης P, ειδικά το είδος *D. glomerata*, και συνεπώς πλεονεκτούσαν σε σχέση με τα πλατύφυλλα.

Πίνακας 1. Μέσες τιμές σχετικής αφθονίας πέντε φυτικών ειδών στη συγκαλλιέργεια όπως επηρεάστηκαν από τη διαθεσιμότητα P και K στο θρεπτικό διάλυμα.

Μεταχειρίσεις	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Festuca arudinacea</i>	<i>Phalaris aquatica</i>	<i>Plantago lanceolata</i>	<i>Plantago major</i>
P ₁ K ₁	0,252	0,171	0,251	0,040	0,284
P ₁ K ₂	0,269	0,291	0,232	0,036	0,167
P ₁ K ₃	0,331	0,218	0,173	0,034	0,216
P ₂ K ₁	0,241	0,160	0,189	0,083	0,324
P ₂ K ₂	0,207	0,129	0,220	0,127	0,315
P ₂ K ₃	0,292	0,199	0,181	0,057	0,269
Ε.Σ.Δ. 0,05	0,094	0,094	0,094	0,066	0,047
P ₁	0,284	0,227	0,219	0,036	0,222
P ₂	0,247	0,163	0,197	0,089	0,303
Ε.Σ.Δ. 0,05	0,054	0,054	0,054	0,038	0,027
K ₁	0,246	0,166	0,220	0,061	0,304
K ₂	0,238	0,210	0,226	0,082	0,241
K ₃	0,313	0,209	0,177	0,045	0,243
Ε.Σ.Δ. 0,05	0,066	0,066	0,066	0,047	0,033

Σύμφωνα με τους Braakhekke (1980) και Tilman (1982) για ένα συγκεκριμένο περιοριστικό στοιχείο, το φυτικό είδος που έχει τη δυνατότητα να αυξάνει στη μικρότερη διαθεσιμότητα αυτού του θρεπτικού στοιχείου, θα είναι το ανταγωνιστικότερο.

Σε όλα τα φυτικά είδη και σε όλες τις μεταχειρίσεις οι συγκεντρώσεις K και P στους βλαστούς ήταν υψηλότερη από ό,τι στις ρίζες (Πίνακας 2). Για όλα τα είδη η συγκέντρωση K αυξανόταν με αύξηση της διαθεσιμότητάς του στο θρεπτικό διάλυμα, με κάποιες εξαιρέσεις μεταξύ K₁ και K₂ στη χαμηλή συγκέντρωση P. Τα πλατύφυλλα έτειναν να συγκεντρώνουν λιγότερο K στους βλαστούς τους σε σύγκριση με τα αγρωστώδη. Αυτή η τάση ήταν χαρακτηριστική στην περίπτωση που μόνο το K ήταν περιοριστικό (μεταχείριση P₂K₁). Το γεγονός αυτό προσδίδει πιθανόν στα πλατύφυλλα ένα πλεονέκτημα στη χαμηλή διαθεσιμότητα K, γιατί επιτρέπει να συγκρατούν το K στις ρίζες τους και το χρησιμοποιούν όταν οι περιβαλλοντικές συνθήκες ευνοούν την αύξηση των βλαστών. Η αύξηση της συγκεντρώσεως P στο θρεπτικό διάλυμα αύξησε, όπως αναμενόταν, τη συγκέντρωσή του στους βλαστούς σε όλα τα φυτικά είδη, με διαφορετικό βαθμό αύξησης για κάθε είδος. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις P τόσο στους βλαστούς όσο και στις ρίζες παρατηρήθηκαν στο είδος *P. lanceolata*. Όταν ο P ήταν περιοριστικός (P₁), τα πλατύφυλλα συγκέντρωσαν αναλογικά περισσότερο P στο υπέργειο τμήμα τους σε σχέση με τα αγρωστώδη. Η υψηλότερη μεταφορά P στους βλαστούς από τα πλατύφυλλα μπορεί να θεωρηθεί ως μια αντίδραση των φυτών στην έλλειψη P.

Τα αποτελέσματα των δύο πειραμάτων δείχνουν ότι η διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων επηρεάζει τη σχετική αφθονία των ειδών. Παρέχουν επίσης ενδείξεις ότι είδη με τη χαμηλότερη συγκέντρωση στους ιστούς τους στο πλέον περιοριστικό θρεπτικό στοιχείο, είναι τα ανταγωνιστικότερα. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με αντίστοιχες έρευνες σε φυσικές φυτοκοινότητες (Wilson 1978, Tilman 1982, Mamolos et al. 1995).

Πίνακας 2. Μέσες τιμές της συγκέντρωσης P και K σε βλαστούς (B) και ρίζες (P) και της αποτελεσματικότητας χρησιμοποίησης P και K πέντε φυτικών ειδών όπως επηρεάστηκαν από τη διαθεσιμότητα P και K στο θρεπτικό διάλυμα.

Μεταχειρίσεις	Είδη φυτών	Συγκέντρωση		Συγκέντρωση		Αποτελεσματικότητα	
		K (mg/g)		P (mg/g)		χρησιμοποίησης	
		B	P	B	P	K	P
P ₁ K ₁	<i>D. glomerata</i>	8,70	2,95	1,09	0,635	145	1054
	<i>F. arudinacea</i>	10,20	2,65	1,21	0,746	136	974
	<i>P. aquatica</i>	9,60	3,70	1,25	0,639	139	1003
	<i>P. lanceolata</i>	10,70	3,25	1,41	0,594	124	907
	<i>P. major</i>	7,20	4,05	1,23	0,589	164	993
P ₁ K ₂	<i>D. glomerata</i>	8,90	3,00	1,07	0,770	141	1019
	<i>F. arudinacea</i>	9,70	3,00	1,25	0,780	138	932
	<i>P. aquatica</i>	10,20	3,80	1,28	0,731	134	959
	<i>P. lanceolata</i>	9,70	3,55	1,61	0,871	132	738
	<i>P. major</i>	8,10	4,25	1,26	0,538	144	964
P ₁ K ₃	<i>D. glomerata</i>	16,40	3,05	1,09	0,624	84	1069
	<i>F. arudinacea</i>	15,16	3,35	1,27	0,636	94	974
	<i>P. aquatica</i>	15,90	4,90	1,23	0,608	85	1008
	<i>P. lanceolata</i>	13,60	4,55	1,36	0,659	98	911
	<i>P. major</i>	12,60	5,40	1,21	0,604	95	958
P ₂ K ₁	<i>D. glomerata</i>	9,30	2,65	1,99	0,922	137	599
	<i>F. arudinacea</i>	8,60	2,51	1,88	1,002	168	667
	<i>P. aquatica</i>	10,50	3,10	2,62	1,174	135	497
	<i>P. lanceolata</i>	7,70	3,20	2,18	1,286	155	518
	<i>P. major</i>	6,60	3,90	1,89	1,299	178	594
P ₂ K ₂	<i>D. glomerata</i>	12,40	3,10	2,45	1,199	104	484
	<i>F. arudinacea</i>	11,50	2,45	1,91	0,999	129	655
	<i>P. aquatica</i>	11,60	3,70	2,36	1,183	124	543
	<i>P. lanceolata</i>	10,50	4,55	2,71	1,692	107	398
	<i>P. major</i>	8,30	4,55	1,98	1,208	136	559
P ₂ K ₃	<i>D. glomerata</i>	18,90	3,05	2,41	1,197	70	496
	<i>F. arudinacea</i>	17,10	2,30	2,18	0,950	92	605
	<i>P. aquatica</i>	19,10	5,70	2,37	1,148	70	525
	<i>P. lanceolata</i>	14,40	5,00	2,28	1,277	84	483
	<i>P. major</i>	14,50	5,60	2,04	1,162	81	549
E.Σ.Δ. 0,05		1,77	0,72	0,25	0,213	15,5	97,4

Βιβλιογραφία

- Andrew, C.S. and C. Johansen. 1978. Differences between pastures in their requirements for nitrogen and phosphorus. In: Plant relation in pastures. (J.R. Wilson ed.) pp. 111-127, C.S.I.R.O., East Melbourne, Australia.
- Bradshaw, A.D. 1969. An ecologist's viewpoint. In: Ecological Aspects of the Mineral Nutrition of Plants. (I. Rorison ed.) pp. 415-427, Blackwell, Oxford.
- Braakhekke, W.G. 1980. On co-existence: a causal approach to diversity in grassland vegetation. Agric. Res. Rep., No 902, Centre for Agricultural Publishing and documentation, Wageningen, The Netherlands, pp. 164.
- Chapin, F.S. 1980. The mineral nutrition of wild plants. Ann. Rev. Ecol. Syst., 11: 233-260.

- Donald, C.M. 1958. The interaction of competition for light and for nutrients. *Aust. J. Agr. Res.*, 9: 421-432.
- Eagles, C.F. 1972. Competition for light and nutrients between natural populations of *Dactylis glomerata*. *J. Appl. Ecol.*, 9: 141-151.
- Gibson, D.J. 1988. The maintenance of plant and soil heterogeneity in dune grassland. *J. Ecol.*, 76: 497-508.
- Grime, J.P. 1979. *Plant Strategies and Vegetation Processes*. John Wiley & Sons, Chichester, England, pp. 222.
- 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. *J. Ecol.*, 83: 485-495.
- Roger, R.W. and W.E. Westman. 1979. Niche differentiation and maintenance of genetic identity in cohabiting *Eucalyptus* species. *Aust. J. Ecol.*, 4: 422-439.
- Snaydon, R.W. 1971. An analysis of competition between plants of *Trifolium repens* population collected from contrasting soils. *J. Appl. Ecol.*, 8: 687-697.
- Tilman, D. 1982. *Resource Competition and Community Structure*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA, pp. 296.
- Veresoglou, D.S. and A.H. Fitter. 1984. Spatial and temporal patterns of growth and nutrient uptake of five co-existing grasses. *J. Ecol.*, 72: 259-272.
- Wilson J.R. 1978. *Plant Relations in Pastures*. C.S.I.R.O., East Melbourne, Australia, pp. 425.

Effect of nutrient availability on competition among pasture species

S. D. Koutroubas¹ and D. S. Veresoglou²

¹ Lab. of Agronomy, School of Agricultural Development,
Democritus University of Thrace, 682 00 Orestiada, Greece

² Lab. of Ecology and Environmental Protection, School of Agriculture,
Aristotle University of Thessaloniki, 541 24 Thessaloniki, Greece

Summary

The effect of N, P and K availability on the growth and competition among pasture plant species was examined in two experiments. In the first experiment, plant communities consisted of six pasture species were developed in wooden boxes for three years using three nutrient treatments, i.e. addition of K and P (treatment -N), N and K (-P) and N and P (-K). Eighteen replicates were used. In the second experiment, five pasture species, in monocultures and mixtures, were grown in pots with sand using a complete randomized design with four replicates. Plants treated with nutrient solution consisted of the combination of two P levels (1 and 20 ppm) and three K levels (4, 16 and 64 ppm). In the first experiment, the changes of species Biomass Duration were negatively correlated with species' P tissue concentration when P was limited. In the second experiment, dicot species had higher P concentrations in their shoots than the grasses when P was limited. The reverse was found for the grasses. The increase of K availability tended to favour the grasses in the mixtures, while the increase in P availability tended to favour the dicot species. The results indicated that species with minimal tissue concentrations for a nutrient were the most competitive when this nutrient was limited.

Key words: Competition, nitrogen, pasture species, phosphorus, potassium.