

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DE LOS SUELOS DE PASTOS DOMINADOS POR LASTÓN VS PASTOS MULTIESPECÍFICOS EN EL PIRINEO NAVARRO

MICROBIOLOGICAL TRAITS OF GRASSLAND SOILS DOMINATED BY *Brachypodium pinnatum* VS POLIPHYTE GRASSLANDS IN THE PYRENEES

L. SAN EMETERIO, M. DURÁN, L. MÚGICA Y R. M. CANALS

Dpto. Producción Agraria. Universidad Pública de Navarra. Campus Arrosadía s/n 31006 Pamplona (España).

leticia.sanemeterio@unavarra.es, rmcanals@unavarra.es

RESUMEN

El lastón, *Brachypodium pinnatum* (L.) P. Beauv., es una gramínea nativa de Eurasia, habitual en pastos multiespecíficos montañosos y altimontanos de la zona templada. En las últimas décadas se ha detectado una preocupante expansión de esta especie en muchos puntos de Europa, que se asocia al cambio global. El Pirineo Occidental no es ajeno a esta problemática y existen extensos lastonares que presentan una elevada biomasa pero muy baja riqueza florística. El objetivo del estudio es evaluar los efectos de la expansión del lastón en las poblaciones microbianas del suelo, comparando su perfil fisiológico y su actividad en suelos de pastos dominados por lastón y de pastos multiespecíficos en los que el lastón está presente sin llegar a ser dominante. Se realizó un muestreo jerarquizado por tipo de pasto (lastonar y polífita), diferenciando 4 zonas y 5 puntos de muestreo por cada una de ellas, y se midieron características microbiológicas del suelo. Los suelos de los lastonares presentaron una menor biomasa microbiana, una menor actividad y diversidad metabólica de las poblaciones microbianas y una mayor actividad de la ureasa. Los resultados parecen indicar que una menor riqueza florística de la cubierta vegetal se traduce en una menor diversidad y actividad de las poblaciones microbianas del suelo.

Palabras clave: *Brachypodium pinnatum*, lastonar, actividad funcional microbiana, diversidad microbiana.

SUMMARY

Brachypodium pinnatum (L.) P. Beauv. is a native grass from Eurasia, common in temperate poliphyte grasslands. In the last decades, a troubling expansion of the distribution of this species in many parts of Europe has been detected, which has been related to global change. In western Pyrenees, this species occupies large extensions creating almost monophyte grasslands with a high biomass production but a low floristic diversity. The aim of this study was to compare the biological characteristics of soil between grasslands dominated by *B. pinnatum* and grasslands where *B. pinnatum* was present but was not dominant. We performed a hierarchical sampling with 4 sites for each type of grassland (monophyte and poliphyte) and 5 point samples per site, and we measured different soil microbiological traits (microbial biomass, physiological profile at community level and soil enzyme activities). Soils under monophyte grasslands showed a lower microbial biomass, a lower metabolic activity and diversity, and a higher urease activity than poliphyte ones. Results suggest that a low floristic richness aboveground is coupled with a low diversity and activity of microbial populations belowground.

Key words: *Brachypodium pinnatum*, Tor-grass pastures, microbial function, microbial diversity.

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente y por definición, una especie debe de ser exótica para considerarse invasora. Sin embargo, en los últimos años se ha abierto un debate para redefinir los procesos invasivos e incluir especies nativas de un ecosistema que, ante determinados cambios, se comportan como invasivas, dominando el hábitat original y modificando sus funciones y su diversidad original (Valery et al., 2013). *Brachypodium pinnatum* (L.) P. Beauv. es una gramínea nativa, ampliamente distribuida en pastos templados europeos, formando parte de comunidades muy diversas. En los últimos treinta años, sin embargo, se han documentado procesos de expansión y dominancia de esta especie en diferentes lugares de Europa. A nivel nacional, el proceso se ha observado en diversos lugares de Picos de Europa (Alonso-González et al., 2013) y de los Pirineos (Canals et al., 2014).

Diversos factores ambientales se han relacionado con la expansión de *B. pinnatum* en la segunda mitad del siglo XX, como el abandono de prácticas tradicionales agrícolas y pastorales (Catorci et al., 2011), el aumento de la deposición de N atmosférico (Bobbink et al., 1998), y las quemas regulares (Kohler et al., 2005). Además, numerosas características biológicas de esta especie pueden explicar su alta competitividad, como una gran plasticidad para adaptarse a diferen-

tes ambientes (Mojzes et al., 2003), un desarrollo temprano y una alta producción de biomasa, un sistema rizomatoso muy potente, una gran capacidad de reproducción asexual y una baja palatabilidad, que ocasiona el rechazo del ganado y permite una elevada acumulación de necromasa que ahoga el establecimiento de nuevas especies pero protege los nuevos brotes de *B. pinnatum*.

Los posibles efectos que esta disminución de la diversidad vegetal puedan tener en el suelo tienen una gran relevancia. En los ecosistemas terrestres, las comunidades biológicas aéreas y subterráneas están íntimamente relacionadas y se influyen mutuamente, dándose procesos de retroalimentación tanto positivos como negativos (Wardle et al., 2004). Aunque los mecanismos que controlan estas relaciones están ampliamente estudiados (De Deyn y Van der Putten, 2005), los conocimientos sobre las relaciones entre la diversidad aérea y subterránea son más dispersos y controvertidos (Eisenhauer, 2012). Por ejemplo, pocos estudios han observado una relación positiva entre la biodiversidad vegetal y la biodiversidad de distintos componentes del suelo como los herbívoros invertebrados (nematodos) (Viketoft et al., 2009) y los descomponedores (colémbolos) (Sabais et al., 2011).

El objetivo de este estudio es evaluar los efectos de la expansión del lastón en las

poblaciones microbianas del suelo mediante la comparación de perfiles fisiológicos de las comunidades bacterianas y de las actividades enzimáticas de suelos de pastos dominados por lastón y de suelos de pastos multiespecíficos en los que el lastón forma parte de su composición sin llegar a dominar.

MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio se localiza en el comunal del Valle de Aezkoa, en el Pirineo Navarro (43°0'N-1°10'W). El clima se caracteriza por inviernos largos y fríos con frecuentes nevadas y veranos templados con frecuentes nieblas. La precipitación media anual es de 1856 mm y la temperatura media de 9,3 °C, con un periodo libre de heladas que transcurre entre los meses de junio y septiembre. Se escogieron 8 zonas de muestreo, 4 de ellas con una elevada expansión de *B. pinnatum*, superando el 80% de recubrimiento del suelo (lastonares) y otras 4 zonas con un recubrimiento de *B. pinnatum* entre un 30-50% (pastos multiespecíficos, con presencia de *Agrostis capillaris*, *Festuca gr rubra* y *Trifolium repens* entre otras especies). En cada una de las zonas, se eligieron cinco puntos de muestreo con una distancia aproximada entre ellos de 100 a 150 m. En julio de 2013 se recogieron 2 muestras de los 10 primeros cm del suelo por cada uno de los 5 puntos de muestreo en cada una de las 8 zonas. Las dos muestras de suelo se mezclaron y homo-

geneizaron dando un total de 40 muestras de suelo. Las muestras de suelo se conservaron en todo momento en frío hasta su traslado al laboratorio y posterior análisis. La biomasa microbiana se determinó mediante el método de fumigación con cloroformo y extracción directa. El N de los extractos fumigados y no fumigados se determinó mediante una oxidación con persulfato y el C mediante digestión con ácido crómico a 150° C. En muestras de suelo tamizadas a 2 mm, se cuantificaron las actividades enzimáticas de la ureasa (Kandeler y Gerber, 1988), la glucosidasa y la fosfatasa ácida (Taylor et al., 2002) y se realizó un perfil fisiológico de las comunidades bacterianas (CLPP) mediante Biolog-EcoPlate™ (Garland, 1997). Las placas contenían, por triplicado, 31 sustratos con diferentes fuentes de carbono. Con los datos de las absorbancias de cada celda (abs_i) se calcularon el potencial catabólico global (Average Well Color Development, $AWCD = \sum abs_i / 31$), la riqueza (como número de sustratos metabolizados, S), el índice de diversidad de Shannon-Wiener ($H = -\sum p_i (\ln p_i)$, donde $p_i = abs_i / \sum abs_i$) y el índice de equitatividad de Pielou ($E = H / \log S$). El análisis estadístico se realizó con el programa R (R Core Team, 2012) mediante un modelo lineal mixto con el tipo de cobertura (lastonar y polífito) como factor fijo y la localidad (8 zonas de muestreo) como factor aleatorio. Los datos se transformaron mediante raíz cuadrática o

logaritmo cuando fue necesario normalizar los datos y mejorar la homogeneidad de las varianzas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los suelos de los lastonares mostraron una mayor actividad de la ureasa pero una tendencia a presentar una menor diversidad (H) y actividad metabólica (AWCD) de las poblaciones microbianas (Tabla 1). Las diferencias observadas tanto en la biomasa microbiana como en su diversidad y actividad no parecen deberse a diferencias en la disponibilidad hídrica del suelo ya que no se observaron diferencias significativas en el porcentaje de humedad del suelo (Tabla 1).

Estos resultados son comparables a los observados por He *et al.* (2008), los cuales encontraron una relación positiva entre la diversidad vegetal y la diversidad metabólica bacteriana utilizando también placas Biolog EcoPlate™. Una mayor diversidad de microhábitats en el suelo y una mayor cantidad, calidad y diversidad de residuos vegetales (aéreos y subterráneos) de los ecosistemas con mayor diversidad vegetal, podrían explicar una mayor diversidad metabólica en el suelo (Eisenhauer, 2012). En este caso, aunque la cantidad de necromasa que produce *B. pinnatum* puede ser mayor, la diversidad y la calidad del material vegetal disminuye ya que los tejidos de *B. pinnatum* tiene una mayor

relación C/N que los tejidos de otras especies presentes en el pasto como *Festuca rubra* (Canals *et al.*, 2014).

En procesos invasivos por especies exóticas también se ha observado que los suelos bajo especies invasoras tienen una composición bacteriana diferente (Kourtev *et al.*, 2002) y que las funciones del suelo se ven alteradas. En bosques caducifolios europeos tras ser invadidos por dos especies exóticas (*Berberis thunbergii* y *Microstegium vimineum*) se ha observado un aumento del pH, de las tasas de nitrificación y mineralización del N (Ehrenfeld *et al.*, 2001) y de las actividades enzimáticas relacionadas con el ciclo del N (Kourtev *et al.*, 2002), mientras que las actividades enzimáticas relacionadas con el ciclo del C y P disminuyen (Kourtev *et al.*, 2002). En bosques caducifolios templados de Norte América se ha observado un descenso de la biomasa microbiana tras la invasión de *Microstegium vimineum* (Kramer *et al.*, 2012). En nuestra investigación, aunque el proceso invasivo lo realiza una especie nativa, hemos encontrado resultados similares: un aumento de la actividad de la ureasa, (Tabla 1) y un aumento del pH en el suelo ($F=4,349$; $p=0.082$),

El proceso de expansión de *B. pinnatum* no sólo disminuye la riqueza florística de los pastos, sino que también podría traducirse en una menor diversidad metabólica de las

poblaciones microbianas y un cambio en la funcionalidad del suelo. La funcionalidad del suelo puede verse alterada de manera que se crean mecanismos de retroalimentación que favorecen a *B. pinnatum* frente a otras especies del pasto. El aumento del pH, que podría favorecer la nitrificación en estos suelos ácidos, y el aumento de la actividad de la ureasa pueden provocar un aumento en la disponibilidad de N inorgánico en los suelos dominados por *B. pinnatum*. De hecho, Hurst y John (1999) observaron una mayor concentración de nitrato en los suelos debajo de *B. pinnatum* que en suelos cercanos donde *B. pinnatum* no estaba presente, aunque en nuestro caso no encontramos diferencias

significativas en el contenido de nitrato ($F=3,274$; $p=0,120$).

CONCLUSIONES

Los suelos de los lastonares mostraron una mayor actividad de la ureasa y una tendencia a presentar menor diversidad y actividad metabólica global que los suelos de pastos multiespecíficos.

B. pinnatum podría tener capacidad para cambiar determinadas funciones del suelo como la actividad de la ureasa, aunque consideramos conveniente realizar más estudios que tengan en cuenta la heterogeneidad espacial para evaluar el efecto de *B. pinnatum* sobre procesos y variables clave del suelo

Tabla 1. Medias y errores estándares (EE) de las variables edáficas estudiadas y resultados del modelo lineal mixto

Variable	Media		EE diferencia	Efecto fijo Cobertura	
	Lastonar	Polifito		F	P
Humedad (%)	27,3	27,1	4,94	0,002	0,969
<i>Biomasa microbiana</i>					
C (mg C/kg)	1291,90	1431,90	95,28	1,634	0,192
N (mg N/kg)	349,64	406,32	61,18	0,858	0,390
<i>CLPP^a</i>					
AWCD ^b	0,64	0,92	0,13	4,576	0,076
Riqueza	21,48	25,00	1,96	3,220	0,123
Diversidad	2,51	2,93	0,20	4,485	0,078
Equitatividad	1,90	2,10	0,10	3,439	0,113
<i>Actividades enzimáticas</i>					
Fosfatasa (nmol PN ^c /g h)	160,74	164,45	26,66	0,002	0,965
Glucosidasa (nmol PN/g h)	66,39	60,41	4,93	1,469	0,271
Ureasa (mg N/ kg h)	87,76	69,60	7,23	6,313	0,046

^a Perfil fisiológico a nivel de comunidad; ^b Actividad catabólica global (average well color development); ^c p-nitrofenol.

como el pH ($p=0.082$), el contenido de nitrato ($p = 0.120$) y las tasas de nitrificación y mineralización.

AGRADECIMIENTOS

El estudio ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (proyectos CGL2010-21963 y CGL2011-29746). Agradecemos la colaboración de Vicente Ferrer y Javier Pedro en las tareas de campo y tratamiento de muestras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONSO-GONZÁLEZ E., GONZÁLEZ-ROBINSON S. Y OLIVEIRA-PRENDES J. A. (2013) Evolución de los pastos arbustivos y herbáceos en tres zonas del parque nacional de los Picos de Europa. En: Olea L., et al. (Eds) *Los pastos: nuevos retos, nuevas oportunidades*, pp. 57-64. Badajoz, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

BOBBINK R., HORNING M. Y ROELOFS J.G.M. (1998) The effects of airborne nitrogen pollutants on species diversity in natural and semi-natural European vegetation. *Journal of Ecology*, 86 (5), 717-738.

CANALS R.M., PEDRO J., RUPEREZ E. Y SAN EMETERIO L. (2014) Nutrient pulses after prescribed winter fires and preferential patterns of N uptake may contribute to the expansion of *Brachypodium pinnatum*

(L.) Beauv in highland grasslands. *Applied Vegetation Science*, En prensa.

CATORCI A., CESARETTI S., GATTI R. Y OTTAVIANI G. (2011) Abiotic and biotic changes due to spread of *Brachypodium genuense* (DC.) Roem. & Schult. in sub-Mediterranean meadows. *Community Ecology*, 12 117-125.

DE DEYN G.B. Y VAN DER PUTTEN W.H. (2005) Linking aboveground and belowground diversity. *Trends in Ecology & Evolution*, 20 (11), 625-633.

EHRENFELD J.G., KOURTEV P. Y HUANG W.Z. (2001) Changes in soil functions following invasions of exotic understory plants in deciduous forests. *Ecological Applications*, 11 (5), 1287-1300.

EISENHAUER N. (2012) Aboveground-belowground interactions as a source of complementarity effects in biodiversity experiments. *Plant and Soil*, 351 (1-2), 1-22.

GARLAND J.L. (1997) Analysis and interpretation of community-level physiological profiles in microbial ecology. *FEMS Microbiology Ecology*, 24 (4), 289-300.

HE X.Y., WANG K. L., ZHANG W., CHEN Z.H., ZHU Y.G. Y CHEN H.S. (2008) Positive correlation between soil bacterial metabolic and plant species diversity and bacterial and fungal diversity in a vegetation succes-

sion on Karst. *Plant and Soil*, 307 (1-2), 123-134.

HURST A. Y JOHN E. (1999) The biotic and abiotic changes associated with *Brachypodium pinnatum* dominance in chalk grassland in south-east England. *Biological Conservation*, 88 (1), 75-84.

KANDELER E. Y GERBER H. (1988) Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium. *Biology and Fertility of Soils*, 6 (1), 68-72.

KOHLER B., GIGON A., EDWARDS P. J., KRUSI B., LANGENAUER R.A.L. Y RYSER P. (2005) Changes in species composition and conservation value of limestone grasslands in Northern Switzerland after 22 years of contrasting managements. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 7 51-67.

KOURTEV P.S., EHRENFELD J.G. Y HAGGBLOM M. (2002) Exotic plant species alter the microbial community structure and function in the soil. *Ecology*, 83 (11), 3152-3166.

KRAMER T.D., WARREN R.J. II, TANG Y. Y BRADFORD M.A. (2012) Grass invasions across a regional gradient are associated with declines in belowground carbon pools. *Ecosystems*, 15 (8), 1271-1282.

MOJZES A., KALAIPOS T. Y VIRAGH K.

(2003) Plasticity of leaf and shoot morphology and leaf photochemistry for *Brachypodium pinnatum* (L.) Beauv. growing in contrasting microenvironments in a semiarid loess forest-steppe vegetation mosaic. *Flora*, 198 (4), 304-320.

R CORE TEAM (2012) R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. ISBN 3-900051-07-0. <http://www.R-project.org/>.

SABAIS A.C.W., SCHEU S. Y EISENHAUER N. (2011) Plant species richness drives the density and diversity of Collembola in temperate grassland. *Acta Oecologica*, 37 (3), 195-202.

TAYLOR J.P., WILSON B., MILLS M.S. Y BURNS R.G. (2002) Comparison of microbial numbers and enzymatic activities in surface soils and subsoils using various techniques. *Soil Biology & Biochemistry*, 34 (3), 387-401.

VALERY L., FRITZ H. Y LEFEUVRE J.C. (2013) Another call for the end of invasion biology. *Oikos*, 122 (8), 1143-1146.

VIKETOFT M., BENGTSSON J., SOHLENIUS B., BERG M.P., PETCHEY O., PALMBORG C. Y HUSS-DANELL K. (2009) Long-term effects of plant diversity and composi-

tion on soil nematode communities in model grasslands. *Ecology*, 90 (1), 90-99.

WARDLE D.A., BARDGETT R.D., KLIRONOMOS J.N., SETALA H., VAN DER PUTTEN W.H. Y WALL D.H. (2004) Ecological linkages between aboveground and belowground biota. *Science*, 304 (5677), 1629-1633.