

Nota de Investigación

RESPUESTA DE PLANTAS DE COBERTURA A APLICACIONES DE ESTIÉRCOL DE VAQUERÍA^{1,2}

Diana Buitrago-Escobar³, Elide Valencia-Chin^{4} y Rebecca Tirado-Corbalá⁵*

J. Agric. Univ. P.R. 102(1-2):95-99 (2018)

El uso excesivo de estiércol de vaquería sobre campos agrícolas puede ocasionar contaminación de cuerpos de agua superficiales y subterráneos, ya que los cultivos no alcanzan a absorber todos los nutrientes, especialmente, el fósforo (P) y el nitrógeno (N). Al perderse estos nutrientes por escorrentía y lixiviación pueden causar eutroficación (Mullins, 2009). Las pérdidas de nutrientes van a depender del sistema de labranza utilizado, el grado de la pendiente, la cantidad de estiércol aplicado, nivel de P en el suelo y el tipo de cultivo (Mullins, 2009). Los cultivos de cobertura ayudan a reducir la pérdida de nutrientes al absorber los nutrientes y reducir la erosión y las pérdidas a través del perfil del suelo (Carpenter et al., 1998).

El rábano forrajero (*Raphanus sativus* L.) como cultivo de cobertura permite una buena captación de nutrientes como el N, debido a un rápido crecimiento (Magdoff y Van, 2009). La alta concentración de P en sus tejidos también sugiere un alto potencial para usarse en suelos con altos contenidos de P (White y Wheel, 2011). El triticale *x Triticosecale* Wittmack (TR) es un cereal híbrido que procede del cruzamiento entre trigo y centeno (Varughese et al., 1987). El tricale requiere suelos de alta fertilidad y alto contenido de P y potasio (K), por lo cual es ideal para extraer estos nutrientes en sitios de ganadería intensiva (Chapman et al., 2005). Este estudio determinó la concentración de P y N en los tejidos del rábano forrajero y tricale bajo cuatro niveles de adición de estiércol.

En el 2016, se llevaron a cabo dos estudios en un umbráculo ubicado en las instalaciones del Departamento de Ciencias Agroambientales del Recinto Universitario de Mayagüez. En el primer estudio, se utilizó como sustrato base un suelo Oxisol serie Coto (Muy fino, caolínico, isohipertérmico Típico Hapludox) (Muñoz et al., 2018), proveniente de la Estación Experimental Agrícola (EEA) de Isabela y estiércol bovino (compostado) proveniente de la Vaquería López ubicada en el municipio de Arecibo.

El primer estudio evaluó el efecto de estiércol bovino a 0 y 60 Mg/ha y una tasa de siembra de 13 y 125 kg/ha para RF (Björkman y Shail, 2010) y TR (Mendoza et al., 2011), respectivamente. Estas tasas fueron extrapoladas según el área del tiesto (0.152 m²),

¹Manuscrito sometido a la Junta Editorial el 1 de marzo de 2018.

²Este trabajo fue financiado por el Instituto Nacional de Alimentos y Agricultura (NIFA, por sus siglas en inglés) del Departamento de Agricultura Federal, Proyecto Hatch-434.

³Exestudiante graduada, Departamento de Ciencias Agroambientales, Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez.

⁴Catedrático, Departamento de Ciencias Agroambientales, Box 9000, Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez, Mayagüez, PR 00681. *Autor para correspondencia. Tel.: 787-951-6444. Correo electrónico: elide.valencia@upr.edu

⁵Catedrática Asociada, Departamento de Ciencias Agroambientales, Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez.

usando 0.2 g y 1.9 g de semilla de rábano forrajero y tricale, respectivamente. Se utilizó un diseño en bloques completos aleatorizados (DBCA) con arreglo factorial 2 x 2, con cuatro repeticiones. El segundo estudio evaluó la aplicación de estiércol bovino a 0, 5, 15 y 40 Mg/ha. Las tasas de siembra y diseño experimental fueron similares a las descritas para el primer experimento.

En ambos estudios, se cosecharon hojas y tallos de las plantas de cobertura dos meses después de la siembra y los tejidos se secaron en un horno a 60° C por 72 horas. Luego se determinó el peso seco y las muestras se molieron utilizando un molino tipo Wiley (pasando por un cedazo de 1 mm). El porcentaje de P se extrajo siguiendo la metodología de incineración en seco y se cuantificó con una Espectroscopía de Plasma Acoplado Inductivamente. El N se determinó utilizando el método de Kjeldahl (Foss-Tecator, 2002). Ambos análisis se realizaron en la Estación de Investigación de Agricultura Tropical del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, TARS) en Mayagüez, Puerto Rico.

Los efectos de tratamientos se determinaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) utilizando (PROC GLIMMIX) con el paquete estadístico "Statistical Analysis System" (SAS versión 9.4; SAS, 2009). Los tratamientos con efectos significativos ($P < 0.05$) se compararon utilizando la prueba de diferencia mínima significativa (Fisher LSD). Se realizaron análisis de regresión en el segundo estudio utilizando los niveles de estiércol como variable independiente y la concentración de P y N en el tejido como variable dependiente para ver los efectos de las dosis de aplicación de estiércol.

En rábano forrajero no se encontró diferencia significativa ($P > 0.05$) en concentración de N entre aplicaciones de estiércol pero sí hubo diferencia en triticales (1.25%) (Cuadro 1). Con la aplicación de 60 Mg/ha de estiércol, el porcentaje de P fue significativamente diferente entre ambas especies con y sin aplicación de estiércol. El rábano forrajero y triticales presentaron mayor contenido de P en sus tejidos cuando se aplicó estiércol. Sin la aplicación de estiércol, RF presentó mayor cantidad de P (0.26%) que TR (0.17%), pero con la aplicación de estiércol, triticales fue la especie con mayor contenido de P (0.67%) ($P < 0.05$) (Cuadro 1).

En el segundo experimento, no se encontró una interacción ($P > 0.05$) entre dosis por especie para la concentración de N, pero sí una diferencia ($P < 0.05$) entre especies. El contenido de N en rábano forrajero (3.70%) presentó una unidad porcentual mayor al encontrado en triticales (2.75%). Las dosis de estiércol bovino no tuvieron un efecto en la concentración de N y P en ninguna de las dos especies (Cuadro 2). En promedio el rábano

CUADRO 1.—Efecto de la aplicación de estiércol bovino (60 Mg/ha) en el contenido de nitrógeno y fósforo en rábano (*Raphanus sativus L.*) y triticales (x *Triticosecale Wittmack*)

Variables	Rábano		Triticales		Valor de P		
	Estiércol ²	No estiércol ³	Estiércol ²	No estiércol ³	Efecto Especie	Efecto Dosis	E x D ⁵
% N ¹	4.02 a ⁴	3.59 a	3.71 a	2.43 b	0.003	0.001	0.029
% P	0.49 b	0.26 c	0.67 a	0.17 d	NS ⁶	<0.001	0.002

¹N-nitrógeno, P-fósforo

²Aplicación de 60 Mg/ha de estiércol

³No aplicación de estiércol

⁴Letras diferentes en una misma fila indican diferencia significativa en la prueba LSD de Fisher.

⁵E x D refiere al efecto de interacción de especie x dosis

⁶NS: no significativo (P-valor >0.05)

CUADRO 2.—Efecto de aplicación de cuatro niveles de estiércol bovino en el porcentaje de nitrógeno y fósforo en rábano forrajero (*Raphanus sativus L.*) y triticale (xTriticosecale Wittmack).

Dosis Mg/ha	N ¹		P	
	Rábano	Triticale	Rábano	Triticale
0	3.73	2.50	0.61	0.26c ²
5	3.52	2.66	0.65	0.33cb
15	3.85	2.79	0.68	0.44ba
40	3.69	3.03	0.53	0.49a
Promedio x Especie	3.70a ³	2.75b	0.62a	0.38b
P-valor				
Efecto Especie	<0.0001		<0.0001	
Efecto Dosis	NS ⁴		NS	
Interacción	NS		0.079	

¹N-nitrógeno, P-fósforo.

²Letras diferentes en una misma columna indican diferencia significativa en la prueba Fisher LSD.

³Letras diferentes en una misma fila indican diferencia significativa en la prueba Fisher LSD.

⁴NS: no significativo (P-valor >0.05).

forrajero tiene un contenido de P de 0.62%, significativamente mayor al encontrado en triticale (0.38%). En triticale se encontró una relación cuadrática entre dosis de aplicación de estiércol y concentración de P en el tejido (Figura 1), indicando que a aplicaciones entre 15 y 40 Mg/ ha no hay un aumento en P.

En ambos experimentos, el rábano forrajero muestra una mayor concentración de N, independientemente de cómo se aplica el estiércol bovino. Esta concentración se encuentra dentro de los valores considerados normales, de 3 a 5% (Mills y Benton, 1996; Weil y Kremen, 2007).

Aplicaciones de estiércol bovino a 60 Mg/ha muestran también un aumento en la concentración de P que está dentro del rango de 0.25 a 0.50% (Mills y Benton, 1996). Sin embargo, con aplicaciones entre 0 y 40 Mg/ha no se encontró un aumento en la concentración de P en el tejido de rábano forrajero.

Aunque el rábano forrajero no mostró un aumento en su concentración de N en sus tejidos al aplicar estiércol entre 0 a 40 kg/ha, siempre presenta mayor concentración de N que triticale. El N entonces estaría disponible para el cultivo principal después de su rápida descomposición mejorando así la fertilidad del suelo (Weil et al., 2009).

En conclusión, triticale presenta en ambos experimentos respuesta a aplicación de estiércol al aumentar la concentración de P en sus tejidos, pero, cuando el estiércol es incorporado en dosis de entre 0 y 40 Mg/ha, no hay una repuesta a N. La concentración de P es más baja que en rábano forrajero, presentando una mejor respuesta por parte de esta especie cuando el estiércol es aplicado en dosis más altas (60 Mg/ha). En condiciones de invernadero, las dos especies responden a la aplicación de estiércol, aumentando la concentración de nutrientes en sus tejidos cuando se aplican concentraciones altas (60 Mg/ha). Triticale tiene mayor contenido de P en sus tejidos que el rábano forrajero con dosis de 60 Mg/ha. El RF presenta mayor concentración de N y P cuando se usan dosis más bajas de estiércol, pero no hay una repuesta a las dosis aplicadas de estiércol.

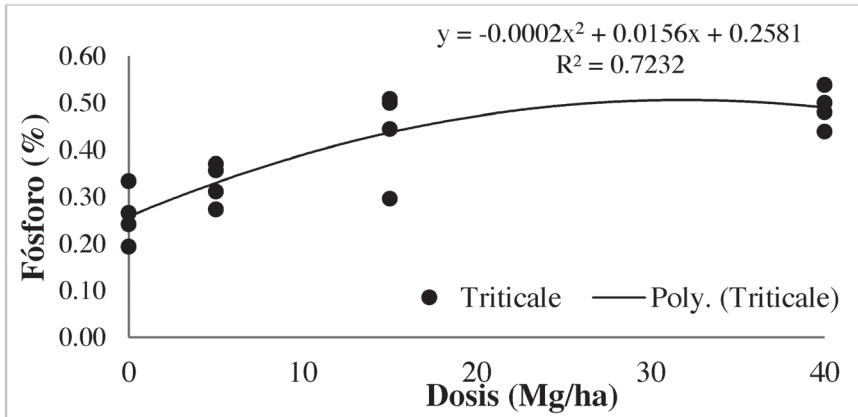


FIGURA 1. Relación tipo cuadrática entre la concentración de fósforo en los tejidos de triticale y cuatro dosis de aplicación de estiércol.

LITERATURA CITADA

- Björkman, T. and J. W. Shail, 2010. Cornell cover crop guide for forage radish. Cornell University. EE. UU.
- Carpenter, S., N. F. Caraco, D. V. Correll, R. W. Howarth, A. N. Sharpley y V. H. Smith, 1998. Contaminación no puntual de aguas superficiales con fósforo y nitrógeno. *Tópicos en Ecología* 3: 1-13.
- Chapman, B., D. Salmon, C. Dyson, and K. Blackley, 2005. Triticale production and utilization manual. Spring and Winter Triticale for Grain, Forage and Value-added. Alberta Agriculture, Food and Rural Development (AAFRD), Alberta, Canada.
- Foss-Tecator, 2002. The determination of nitrogen according to Kjeldahl using block digestion and steam distillation, Application Note, Höganäs, Sweden.
- Magdoff, F. y E. H. Van, 2009. Building soils for better crops, sustainable soilmanagement. Sustainable Agriculture Publications: Waldorf, MD.
- Mendoza, M., E. Cortez, J. Rivera, J. Rangel, E. Andrio y F. Cervantes, 2011. Época y densidad de siembra en la producción y calidad de semilla de triticale (x tritico-secale wittmack). *Agronomía Mesoamericana* 22 (2): 309-316.
- Mills, H. A. y J. Benton, 1996. Plant Analysis Handbook II: A practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide. MicroMacro Publishing, Inc. Athens, Georgia, United States of America.
- Mullins, G., 2009. Phosphorus, agriculture and the environment. Virginia Cooperative Extension. Virginia Polytechnic Institute and State University. United States of America. https://www.pubs.ext.vt.edu/content/dam/pubs_ext_vt_edu/424/424-029/424-029_pdf.pdf.
- Muñoz, M. A., W. I. Lugo, C. Santiago, M. Matos, S. Ríos y J. Lugo, 2018. Taxonomic Classification of the Soils of Puerto Rico, 2017. University of Puerto Rico, Mayagüez Campus. College of Agricultural Sciences, Agricultural Experiment Station. San Juan, Puerto Rico. Bulletin 313. 73 p.
- SAS, 2009. SAS User Guide. Statistical Analysis Institute Inc. Cary N.C
- Varughese, G., T. Barker y E. Saari, 1987. Triticale. CIMMYT Institutional Multimedia Publications Repository. <http://repository.cimmyt.org/>.

- Weil, R. y A. Kremen, 2007. Perspective thinking across and beyond disciplines to make cover crops pay. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87: 551-557.
- Weil, R., C. White y Y. Lawley, 2009. Forage Radish: New Multi-Purpose Cover Crop for the Mid-Atlantic. Department of Environmental Science and Technology College of Agriculture and Natural Resources University of Maryland, College Park.
- White, C. H. y R. R. Wheel, 2011. Forage Radish Cover Crops Increase Soil Test Phosphorus Surrounding Radish Taproot Holes. *Soil Science Society of America Journal* 75: 121-130. doi:10.2136/sssaj2010.0095.