

MODELO DE SUMINISTRO DE NUTRIENTES PARA EL ESTABLECIMIENTO, MANTENIMIENTO Y RECUPERACIÓN DE PASTOS

ENTIDAD EJECUTORA PRINCIPAL: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas

AUTOR PRINCIPAL: Pedro José González Cañizares¹

OTROS AUTORES: Juan Francisco Ramírez Pedroso², Ramón Rivera Espinosa¹, Alberto Hernández Jiménez¹, Rodolfo Plana Llerena¹, Gustavo Crespo Flores¹, María Caridad Nápoles García¹, Ionel Hernández Forte¹.

COLABORADORES: Xiomara Salazar Ruiz (Estación de Pastos y Forrajes de Cascajal, Villa Clara, del Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes), Gloria Marta Martín Alonso (Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas), Reynerio Reyes Roseaux (Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes), Delio Fernández Milanés (Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes), Pedro Rafael González Jenqui (Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas), Luis Roberto Fundora Sánchez (Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas), Herminio Acosta O'Farril (Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas), Hilda Bompío Ruiz (Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas), Herminio Acosta O'Farril (Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas), Belkis Morales (Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas).

OTRA ENTIDAD PARTICIPANTE: Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Cascajal, Villa Clara, del Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes.

AUTOR PARA LA CORRESPONDENCIA:

Pedro José González Cañizares.

Dirección: Gaveta postal N^o 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP. 32700.

Correo electrónico: pgonzalez@inca.edu.cu

RESUMEN

Internacionalmente se reconoce la importancia de la simbiosis microorganismos rizosféricos-planta hospedera para los pastos; sin embargo no existen trabajos que establezcan las bases científico-tecnológicas para su manejo y uso efectivo a escala de producción, e integrado a los esquemas de fertilización de estos cultivos. Se ejecutó un amplio programa de investigación e innovación, que abarcó la realización de 48 experimentos y la introducción de sus resultados para el establecimiento, mantenimiento y rehabilitación de más de 600 ha de pastos, distribuidas en siete unidades ganaderas de Artemisa, La Habana y Villa Clara. Se seleccionaron las cepas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y aislados de rizobios más efectivos para un amplio rango de especies de pastos y tipos de suelos, se estudió la influencia de su inclusión en los sistemas de fertilización mineral u orgánica, la permanencia de su efecto en el sistema suelo-planta, y se establecieron indicadores para su seguimiento y evaluación. La eficiencia de inoculación de las cepas de HMA dependió del tipo de suelo. Los pastos

inoculados requirieron de cantidades complementarias de fertilizantes minerales u orgánicos para alcanzar un óptimo funcionamiento micorrízico, buen estado nutricional y altos rendimientos de biomasa, pero las dosis a aplicar fueron menores que las necesarias para alcanzar resultados similares en ausencia de inoculación. La permanencia del efecto de la inoculación al momento de la siembra se mantuvo durante uno o dos años, en dependencia del tipo de suelo, la especie de pasto y su manejo; no obstante, la aplicación sistemática del inoculante micorrízico mantuvo los beneficios de un funcionamiento micorrízico efectivo en el sistema suelo-pasto. El número de esporas de HMA en la rizosfera fue un indicador que permitió definir con alta precisión el momento de la reinoculación. La coinoculación con rizobios y HMA garantizó un rápido establecimiento de las leguminosas forrajeras, mejoró su rendimiento y valor nutritivo, así como su presencia en el pastizal cuando se cultivó en asociación con gramíneas. La introducción del modelo de suministro de nutrientes en las unidades ganaderas contribuyó al ahorro de hasta un 50% de las dosis de fertilizantes que se recomiendan para las áreas de producción de forraje, y en consecuencia, de hasta 104 mil CUP durante los cuatro años de su aplicación. Estos resultados lo avalan 19 publicaciones científicas, de ellas, 8 en revistas del grupo I y 9 en el grupo II; además, tres tesis de Maestría y una de Doctorado. Recibió tres premios por su Aporte al Conocimiento Científico, otorgados por las delegaciones provinciales del Citma de La Habana y Mayabeque, uno en 2010 y dos en 2015, respectivamente; dos premios Minag, el primero en 2010 y el segundo en 2014, y dos premios provinciales a la Innovación Tecnológica, de las delegaciones provinciales del Citma de La Habana y Villa Clara, en 2011 y 2014. También formó parte del Premio al Mérito Científico Técnico por el Resultado Aplicado de Mayor Contribución a la Protección del Medio Ambiente en Cuba, otorgado por el Ministerio de Educación Superior en el año 2015. De igual modo, lo avalan Instituciones y personalidades relacionadas con el estudio de los biofertilizantes y los pastos, productores y directivos de las unidades ganaderas donde se introdujeron los resultados, así como las organizaciones a las cuales están afiliados.

COMUNICACIÓN CORTA

Introducción

La producción ganadera en Cuba se sustenta en la uso de los pastos y forrajes como fuentes principales de alimentos para los animales, y ello conlleva la obtención de altos volúmenes de biomasa con suficiente calidad para satisfacer sus requerimientos; sin embargo, el deterioro actual de los pastizales, la baja fertilidad de los suelos y la imposibilidad de aplicar las cantidades de fertilizantes que demandan estos cultivos debido a razones económicas y ambientales, comprometen su productividad y valor nutritivo (Lok, 2015).

Esta situación, conjuntamente con la creciente demanda de tecnologías menos agresivas al medio ambiente, conduce a la búsqueda de nuevos modelos agrícolas, basados en el manejo eficiente de los procesos biológicos que tienen lugar en el sistema suelo-pasto-animal, así como en el máximo aprovechamiento de los recursos disponibles, para lograr la sustentabilidad de la producción ganadera.

Teniendo en cuenta estas premisas se ejecutó este programa de investigación, cuyo objetivo fue definir las bases científico-tecnológicas para el diseño y aplicación de un

modelo de suministro de nutrientes para el establecimiento, mantenimiento y recuperación de pastos, a partir del manejo integrado de biofertilizantes, fertilizantes minerales y abonos orgánicos.

Su originalidad e impacto científico se sustenta en que se diseña y aplica por primera vez a escala de producción, un modelo de suministro de nutrientes para el establecimiento, mantenimiento y recuperación de pastos cultivados en diferentes condiciones de suelos y de disponibilidad de insumos, en el que se integran la inoculación y manejo de cepas eficientes de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), la aplicación de dosis de fertilizantes minerales y abonos orgánicos adecuadas a las necesidades de los pastos inoculados, la coinoculación con cepas de HMA y aislados de rizobios, también seleccionados por su alta eficiencia, para el establecimiento de leguminosas forrajeras en monocultivo y en asociación con gramíneas, así como el uso de indicadores de la efectividad de la biofertilización, la fertilidad del suelo y el estado nutricional de las plantas, para su seguimiento y evaluación.

Materiales y métodos

El trabajo se ejecutó en la Empresa Pecuaria Genética (EPG) Niña Bonita, en la provincia de Artemisa, en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes (EEPF) de Cascajal, en Villa Clara, y en la Cooperativa de Créditos y Servicios Fortalecida Orlando López, en La Habana, sobre suelos Ferralítico Rojo Lixiviado, Vertisol Pélico Gleyzoso y Gley Nodular Ferruginoso, Ferralítico Amarillento Lixiviado y Fersialítico Pardo Rojizo (Hernández *et al.*, 2015), e incluyó las especies de pastos de la familia *Poaceae*: *Panicum maximum* cv. Likoni, *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, *Brachiaria brizantha* cv. Marandú y *Brachiaria* híbrido cvs. Mulato y Mulato II, y de la familia *Fabaceae*: *Pueraria phaseoloides* cv. CIAT 9900, *Stylosantes guianensis* cv. CIAT 184, *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro, *Centrosema pubescens* cv. CIAT 417, *Canavalia ensiformis* y *Neonotonia wightii* cv. Tinaroo. Se realizaron un total de 48 experimentos de campo, con los cuales se abordaron los siguientes estudios:

- Selección de cepas de HMA eficientes por tipos de suelos y especies de pastos.
- Necesidades de fertilizantes minerales y orgánicos para los pastos inoculados con cepas de HMA seleccionadas.
- Dosis de inoculante micorrízico para pastos establecidos.
- Efectividad de la coinoculación de aislados de rizobios y cepas de HMA seleccionadas, para leguminosas forrajeras cultivadas en monocultivo o asociadas con gramíneas.
- Efectividad de la aplicación conjunta de la inoculación micorrízica y dosis complementarias de fertilizantes orgánico y nitrogenado para la rehabilitación de pastos degradados.

Además, los resultados fueron introducidos a escala de producción, en 600 ha dedicadas a la producción de forraje, bancos de proteína, y pastizales degradados, distribuidas en las propias unidades ganaderas donde se ejecutaron los experimentos, así como en la Empresa Agropecuaria Santo Domingo, la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) Cascajal, la Cooperativa de Producción Agropecuaria (CPA) Mariana Grajales, la Granja Pecuaria Santo Domingo y la Empresa Agropecuaria Valle del Yabú, en la provincia de Villa Clara.

RESULTADOS

- **Impacto científico**

Selección de cepas de HMA eficientes por tipos de suelos y especies de pastos: Tanto para las especies de la familia *Poaceae* como *Fabaceae*, se observó una respuesta positiva a la inoculación con HMA en todos los agroecosistemas evaluados. No obstante, para cada tipo de suelo se encontró una cepa que produjo los mayores efectos para cualquiera de las especies vegetales incluidas en el estudio. La cepa con mejor comportamiento para ambas familias de plantas cultivadas en el suelo Vertisol Pélico fue *Rhizophagus intraradices*, mientras que para las especies cultivadas en los suelos Ferralítico Rojo Lixiviado y Gley Nodular Ferruginoso lo fueron *Glomus cubense* y *Funneliformis mosseae*, respectivamente, quedando demostrada la existencia de una alta compatibilidad entre la eficiencia de la cepa y el tipo de suelo, y una baja compatibilidad entre la eficiencia de la cepa y las especies de pastos, en la respuesta de estos cultivos a la inoculación con HMA. Se constató la factibilidad del uso de la inoculación micorrízica como una práctica agronómica para mejorar la productividad de los pastos, y se seleccionaron las cepas de HMA a utilizar en cada tipo de suelo, para su inclusión en el modelo de suministro de nutrientes [Resultados publicados en: *Cultivos Tropicales*, 28 (3): 33-37, 2007; *Cuban J. Agr. Sci.*, 42 (1): 101-106, 2008; *Cuban J. Agr. Sci.*, 44 (3): 301-308, 2010; *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 4 (2): 82-90, 2016; *Cultivos Tropicales*, 38 (1): 2017. Premio en el VIII Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia del suelo, 2015].

Necesidades de fertilizantes minerales y orgánicos para los pastos inoculados con cepas de HMA seleccionadas: Se demostró que los pastos inoculados necesitaron de un suministro de nutrientes, ya sea de fuentes minerales u orgánicas, para alcanzar un funcionamiento micorrízico efectivo y altos rendimientos de biomasa. Sin embargo, en presencia de la inoculación micorrízica se constató un mayor aprovechamiento de los nutrientes del suelo y de los fertilizantes y consecuentemente, las dosis a aplicar fueron menores que las que necesitaron los pastos no inoculados para obtener rendimientos similares. La permanencia del efecto de la inoculación en el momento de la siembra se mantuvo durante uno o dos años, en dependencia del tipo de suelo y su contenido de esporas de HMA residentes, la especie de pasto y su capacidad para reproducir propágulos micorrízicos (fundamentalmente esporas) de la cepa introducida, así como de su manejo [Resultados publicados en: *Cultivos Tropicales* 32 (4): 5-12, 2011; *Cuban J. Agr. Sci.*, 49 (4): 535-540, 2015; *Cultivos Tropicales* 36 (1): 135-142, 2015; y reconocidos por su Aporte al Conocimiento Científico con dos Premio CITMA (La Habana, 2010 y Mayabeque, 2015)].

Dosis de inoculante micorrízico para pastos establecidos: Se encontró una respuesta significativa de los pastos establecidos a la aplicación del inoculante micorrízico formulado con la cepa de HMA seleccionada. Su aplicación a razón de 4×10^5 esporas ha^{-1} , acompañadas de las dosis de fertilizantes minerales u orgánicos que resultaron más adecuadas para los pastos inoculados, produjo rendimientos similares a los que se alcanzaron con las dosis de estos fertilizantes con las cuales se obtuvieron los mayores rendimientos en ausencia de la biofertilización. Se pudo constatar que la inoculación o

reinoculación de los pastos ya establecidos, es una vía con la cual se pueden alcanzar o retomar nuevamente los beneficios de una micorrización efectiva en el rendimiento y valor nutritivo de la biomasa y en la reducción de las dosis de fertilizantes, ante la disminución del efecto del inoculante aplicado. El momento de la reinoculación estuvo altamente relacionado con el número de esporas en la rizosfera de los pastos, de modo que valores ≤ 580 esporas 50 g^{-1} de suelo rizosférico indicaron una disminución de la efectividad de la cepa de HMA introducida y la necesidad de reinocular.

Efectividad de la coinoculación de aislados de rizobios y cepas de HMA seleccionadas en leguminosas forrajeras: La coinoculación de rizobios y HMA, seleccionados previamente por su alta eficiencia, mejoró la efectividad de la nodulación e incrementó las estructuras micorrízicas, el valor nutritivo y el rendimiento de las leguminosas forrajeras. Cuando se inoculan con ambos microorganismos y se cultivan en asociación con gramíneas forrajeras, se incrementa su presencia en el asocio y de hecho, el rendimiento y valor nutritivo del pastizal. Se determinó que las leguminosas forrajeras inoculadas con HMA hacen un mayor aprovechamiento del P y en consecuencia, se modifican los niveles críticos de este elemento en el suelo, a partir de los cuales se puede esperar una alta o baja respuesta de las plantas a la fertilización fosfórica [Resultados publicados en: Cuban J. Agr. Sci., 46 (3): 331-334, 2012; Cultivos Tropicales, 33 (3): 27-33; Cultivos Tropicales, 33 (4): 21-28, 2012; Cultivos Tropicales, 33 (4): 21-28, 2012; Cuban J. Agr. Sci., 47 (3): 311-318, 2013; Cuban J. Agr. Sci., 48 (3): 297-300, 2014; Cuban J. Agr. Sci., 50 (2): 315-300, 2016, y reconocido por su Aporte al Conocimiento Científico con un premio CITMA (Mayabeque, 2015)].

Efectividad de la aplicación del modelo de suministro de para el mantenimiento y rehabilitación de pastos: Bajo un régimen de corte intensivo, la reinoculación anual de la cepa de HMA eficiente logra mantener los mismos niveles de reducción de las dosis de fertilizantes minerales en los pastos, sin disminuir los rendimientos ni el valor nutritivo de la biomasa, al menos durante los seis primeros años. El modelo, también se aplicó como parte de las labores para la rehabilitación de pastizales degradados, obteniéndose incrementos en la superficie cubierta por el pasto mejorado, así como niveles de rendimiento y valor nutritivo, similares a los que se alcanzan con la aplicación de las dosis mayores de ambos fertilizantes en ausencia de inoculación micorrízica.

Impacto económico y social del resultado: La aplicación del modelo de suministro de nutrientes basado en el uso del inoculante micorrízico y la aplicación de dosis complementarias de fertilizantes minerales en 300 ha cultivadas de *B. híbrido* cv. Mulato para la producción de forraje y 100 ha de pastizales degradados de la EPG Niña Bonita, así como en 300 ha cultivadas para forraje y bancos de proteína, o de pastizales degradados en unidades ganaderas de la provincia de Villa Clara, produjo importantes beneficios económicos. En la EPG Niña Bonita se obtuvo un ahorro de 206.4 t de fertilizante balanceado y 83.2 t de urea, y ello significó para la empresa un ahorro de 103.9 M CUP. En las unidades ganaderas de Villa Clara, el incremento del rendimiento y la disminución de los costos de la fertilización debido a la reducción la dosis de abono orgánico a aplicar a bancos de proteína o como parte de las labores para la rehabilitación de los pastos, implicó un ahorro en un 50% de estiércol vacuno o humus de lombriz, y

consecuentemente, de 75 CUP ha⁻¹ año⁻¹, así como una disminución del costo de la fertilización de 26.40 a 9.16 CUP t⁻¹ de forraje producido.

Además de su contribución a la sustitución de importaciones por la reducción del uso de fertilizantes minerales, la aplicación del modelo redujo los riesgos de contaminación asociados las dosis de fertilizantes que se aplican en las unidades ganaderas, que a falta de un servicio agroquímico para su recomendación, no se sustentan en los contenidos de nutrientes en el suelo ni en las necesidades reales de los pastos, por lo que en la mayoría de los casos excede los requerimientos de estos cultivos. Desde el punto de vista social, en cada unidad de ejecutó un plan de capacitación que garantizó el acceso de los productores a nuevos conocimientos sobre el manejo de los biofertilizantes en los pastos [Resultados avalados por: premio CITMA provincial a la Innovación Tecnológica (La Habana, 2011); premio CITMA provincial a la Innovación Tecnológica (Villa Clara, 2014); dos Premios Minag (2010 y 2014), Premio MES al resultado aplicado de mayor contribución a la protección del medio ambiente, 2015].

Conclusiones: Se logró diseñar un modelo de suministro de nutrientes para el establecimiento, mantenimiento y rehabilitación de pastos cultivados en diferentes condiciones edafoclimáticas y de disponibilidad de insumos, en el que se integran el uso de biofertilizantes, fertilizantes minerales y abonos orgánicos, y de indicadores del funcionamiento de la biofertilización para su seguimiento y evaluación. Su introducción en la práctica productiva constituyó una opción económica, ecológica y tecnológicamente viable para mejorar el rendimiento y valor nutritivo de estos cultivos y a la vez, reducir el uso de fertilizantes.

REFERENCIAS

- Hernández, A.; Pérez, J. M.; Bosch, D.; Castro, N. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba 2015. 1ra Ed. Ed. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Mayabeque, Cuba. 91 p. ISBN: 978-959-7023-77-7.
- Lok, S. 2015. Los suelos dedicados en la ganadería en Cuba: Características, manejo, oportunidades y retos. Memorias V Congreso Producción Animal Tropical 2015. Palacio de Convenciones de La Habana, 16-20 de noviembre de 2015. ISBN: 978-959-7171-70-6.