

Producción y calidad de semilla de pastos forrajeros como respuesta a la fertilización en Aldama, Chihuahua

Production and seed quality of forage grasses in response to fertilization in Aldama, Chihuahua

EDITH SÁENZ-FLORES¹, RUBÉN ALFONSO SAUCEDO-TERÁN², CARLOS RAÚL MORALES-NIETO^{1,3}, PEDRO JURADO-GUERRA², CARLOS RENÉ LARA-MACÍAS², ALICIA MELGOZA-CASTILLO³, JUAN ÁNGEL ORTEGA-GUTIERREZ³

Recibido: Septiembre 15, 2015

Aceptado: Noviembre 10, 2015

Resumen

Una de las principales limitantes para la resiembra de pastizales en zonas áridas y semiáridas es la baja disponibilidad de semilla de zacates forrajeros. Además, existe poca información sobre la producción de semilla de zacates en México. El objetivo fue evaluar el efecto de la fertilización sobre la producción y calidad de semilla de cinco zacates forrajeros. La investigación se realizó en el Sitio Experimental La Campana del INIFAP, ubicado en el km 33.3 carretera Chihuahua-Ojinaga. Las especies evaluadas fueron: zacate navajita (*Bouteloua gracilis*), banderita (*Bouteloua curtipendula*), gigante (*Leptochloa dubia*), buffel (*Pennisetum ciliare*) y garrapata (*Eragrostis superba*). Los tratamientos incluyeron la fertilización química con 120-60-00, 60-30-00, 60-30-00 + micorriza, fertilizante de liberación lenta, fertilizante orgánico y el testigo. Las unidades experimentales fueron parcelas de campo de 12 m² distribuidas bajo un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Se estimó la producción de semilla, germinación de semilla y producción de forraje. En general, la mayor ($P \leq 0.05$) producción de semilla en las cinco especies se obtuvo con los tratamientos 120-60-00 y 60-30-00 + micorriza, con valores desde 289 kg ha⁻¹ en zacate navajita con la dosis 120-60-00 hasta 1,619 kg ha⁻¹ en zacate garrapata con el tratamiento 60-30-00 + micorriza. El fertilizante de liberación lenta y la dosis 60-30-00 mostraron los porcentajes más altos ($P \leq 0.05$) de germinación de semilla, con 14.5% en zacate navajita hasta 96.5% en gigante, ambos con fertilizante de liberación lenta. Algunos fertilizantes incrementaron el rendimiento y germinación de semilla y la producción de forraje.

Palabras clave: rendimiento de semilla, porcentaje de germinación, fertilizantes químicos, fertilizantes de liberación lenta, fertilizantes orgánicos

Abstract

One of the main limiting factors for grassland seeding programs in arid and semiarid regions is the low seed availability of forage grasses. Furthermore, there exists little information on seed production of grasses species in Mexico. The objective was to evaluate the effect of fertilization on seed production and germination of five forage grass species. Research was conducted at INIFAP-La Campana Experimental station, located in Aldama, Chihuahua, km 33.3 Chihuahua-Ojinaga highway. Species studied were: blue grama (*Bouteloua gracilis*), sideoats grama (*Bouteloua curtipendula*), green sprangletop (*Leptochloa dubia*), buffel grass (*Pennisetum ciliare*), and wilman lovegrass (*Eragrostis superba*). Treatments were chemical fertilization at 120-60-00, 60-30-00, 60-30-00 + mycorrhiza, slow release fertilizer, organic fertilizer, and control. Experimental units were field plots of 12 m² which were distributed according to a randomized block design with three replications. Seed production and germination, and forage production were estimated. In general, highest ($P \leq 0.05$) seed production for all grass species was shown by 120-60-00 and 60-30-00 + mycorrhiza, where values ranged from 289 kg ha⁻¹ in blue grama under 120-60-00 to 1,619 kg ha⁻¹ in wilman lovegrass under 60-30-00 + mycorrhiza. Slow release fertilizer and 60-30-00 fertilizer rate showed higher seed germination percentages ($P \leq 0.05$) at 14.5% in blue grama, and 96.5% in green sprangletop both under slow release fertilizer. Some fertilizers increased seed yield and germination, and forage production.

Keywords: seed yield, seed germination, chemical fertilizers, slow release fertilizers, organic fertilizer.

¹ Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Zootecnia y Ecología. Km. 1 Perif. F.R. Almada. C.P 31031, Apdo. Postal 4-28 Chihuahua, Chih., México. Tel. (614) 132-0298.

² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Sitio experimental La Campana. Km. 33.3 Carretera Chihuahua-Ojinaga. C. P. 32910. Aldama Chihuahua México. Tel. (614) 184-8582.

³ Dirección electrónica del autor de correspondencia: cnieto@uach.mx.

Introducción

Diversas actividades antropogénicas como la agricultura, la ganadería y la construcción de caminos y carreteras, han causado la degradación de vastas áreas de pastizales (SAGARPA, 2008; SEMARNAT, 2008). Se estima que cerca del 85% de la superficie ubicada en las zonas áridas y semiáridas del norte de México, se encuentra en una condición que va de regular a pobre.

De esta superficie, 37.5 millones de hectáreas requieren de algún tipo de revegetación (PACP-Ch, 2011). En el estado de Chihuahua, cerca de 1.6 millones de hectáreas de pastizal presentan un deterioro que va de moderado a extremo (Royo *et al.*, 2005). Por lo anterior, es importante establecer planes de manejo para recuperar estas áreas e incrementar la cobertura de pastos y mejorar la condición de los agostaderos (Vallentine, 1989). La resiembra de pastizales representa una opción para recuperar a corto plazo este ecosistema. Esta práctica se recomienda en áreas donde la cobertura de pastos nativos sea menor del 15%, o bien en superficies que fueron abiertas al cultivo y abandonadas. No obstante, la resiembra es considerada como la última opción para la rehabilitación del pastizal, ya que es costosa e implica un alto riesgo de fracaso para su establecimiento (Velásquez, 2014). La disponibilidad, la calidad y el costo de la semilla, son los principales limitantes para realizar una resiembra. En México existe un atraso tecnológico en materia de recursos genéticos forrajeros, ya que cerca del 90% de las semillas forrajeras son importadas a un costo elevado (Ramos y Espinoza, 1999). En nuestro país sólo se producen pequeñas cantidades de semilla, recolectándola en pequeños lotes de producción o en las orillas de las carreteras. La falta de producción de semilla ha sido la principal causa de los costos elevados y de la baja demanda. Sin embargo, existe el potencial y la tecnología para la producción de semilla, siendo una buena opción el establecer lotes de producción con especies evaluadas y mejoradas. Además, el producir semilla de especies forrajeras previamente evaluadas y seleccionadas, garantiza la obtención de semilla de calidad y un mejor establecimiento, persistencia y adaptación a las condiciones de la región (Morales y Melgoza, 2010).

El uso de fertilizantes incrementa la producción y calidad de semilla, sin embargo, es importante aplicar una fertilización adecuada para hacer un uso eficiente de los nutrientes. Por lo anterior, es importante evaluar los requerimientos de fertilización y la fuente de suministro adecuada para cada especie (FAO, 2000). Existen diferentes fuentes de fertilización y la dosis óptima varía de acuerdo al tipo de fertilizante. En la fertilización tradicional (mineral) la dosis óptima para lotes productores de semilla de pastos es 120-60-00 (Franco *et al.*, 2005). El uso de fertilizantes de liberación lenta representa una buena opción de fertilización, ya que el aporte de nutrientes es continuo y su eficiencia de aprovechamiento mayor, debido a que la liberación de nutrientes ocurre entre las semanas 6 y 12, lo cual corresponde al tiempo de mayor demanda de nutrientes en la planta (Lightbourn *et al.*, 2010). La fertilización orgánica representa otra opción, ya que suministra nutrientes y sustancias húmicas al suelo y tiene un efecto directo en su fertilidad. Además, incide en la absorción de nutrientes y en el crecimiento de la planta, se reduce el uso de fertilizantes químicos y la emisión de gases de efecto invernadero (Rojas y Moreno, 2008). El uso de micorrizas en la producción de gramíneas favorece el incremento de la biomasa. Sin embargo, existe poca información sobre el efecto de los fertilizantes en la producción y calidad de la semilla de pastos (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 2000). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes tratamientos y tipos de fertilización sobre el rendimiento de semilla y el porcentaje de germinación de cinco especies forrajeras bajo condiciones de riego.

Materiales y métodos

Área de Estudio

El experimento se realizó en el área agronómica del Sitio Experimental La Campana del INIFAP, ubicado en el km 33.3 de la carretera Chihuahua-Ojinaga. La temperatura media anual es de 19.4 °C. La precipitación media anual es de 336.3 mm, donde el 76% de esta precipitación se presenta en los meses de junio a septiembre (Medina *et al.*, 2006). El suelo presenta un pH de 7.0 y su contenido de materia orgánica es de 0.356%.

Tratamientos

Los tratamientos evaluados fueron diferentes dosis y tipos de fertilizantes, donde el tratamiento 1 fue considerado como testigo (sin fertilizante). En el tratamiento 2 se utilizó una fuente granulada convencional con 120-60-00 (N-P-K), dividida en dos aplicaciones iguales de urea (N) y monofosfato de amonio (P). Para el tratamiento 3 se utilizó una fuente granulada convencional con 60-30-00, dividida en dos aplicaciones iguales de urea y monofosfato de amonio. El tratamiento 4 consistió en la inoculación de la semilla con micorriza y la aplicación de una fuente granulada convencional de fertilizante con base en la dosis 60-30-00, la cual fue dividida en dos aplicaciones iguales de urea y monofosfato de amonio. La micorriza aplicada fue del tipo endomicorriza cuya especie es *Glomus intraradices*. La inoculación consistió en la mezcla del inóculo con la semilla previamente humedecida bajo condiciones de sombra. En el tratamiento 5 se utilizó un fertilizante de liberación lenta con la fórmula 24-06-12 (Novatek, M.R. y Blaukorn, M.R.) en una sola aplicación al momento de la siembra. Con esta dosis se aplica la misma cantidad de nutrientes correspondiente al tratamiento 2, pero se utiliza una menor cantidad porque este tipo de fertilizante tiene una eficiencia del 90%, en tanto que los fertilizantes tradicionales su eficiencia es alrededor del 20%. Para el tratamiento 6 se utilizó una fuente orgánica con la fórmula 24-06-00, con dos aplicaciones de

un fertilizante nitrogenado (Bioteksa-N, M.R.) y otro fosforado (Bioteksa-P, M.R.). El ajuste de la cantidad de fertilizante aplicado se realizó con base en la recomendación del fabricante. En todos los casos en los que la fertilización se dividió en dos aplicaciones, la primera aplicación se llevó a cabo al momento de la siembra. La segunda aplicación se efectuó a los 45 días posteriores a la fecha de siembra. La unidad experimental de los tratamientos de fertilización fueron parcelas de 4 x 3 metros (12 m²), divididas en cuatro surcos espaciados a 80 cm.

Material Genético

Las especies seleccionadas por el alto potencial que presentan para su uso en la resiembra de pastizales fueron: zacate navajita variedad alma [*Bouteloua gracilis* (Willd.) ex Kunth] Lag. ex Steud.], banderita variedad niner [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.], gigante variedad van horn [*Leptochloa dubia* (Kunth) Nees.], buffel variedad común (*Pennisetum ciliare* L.) y garrapata [*Eragrostis superba* (Peyr.)]. La semilla utilizada fue de tipo comercial certificada, producida en E.U.A.

Manejo Agronómico

La preparación de la cama de siembra consistió en barbecho, rastreo y nivelación del terreno. La siembra se efectuó de forma manual, depositando la semilla en la parte media entre la cresta y el fondo del surco. Las densidades de siembra fueron de 1.7, 5, 3, 5 y 2 kg ha⁻¹ de semilla pura viable de las especies navajita, banderita, gigante, buffel y garrapata, respectivamente. La fecha de siembra fue el 16 de mayo de 2013. Los riegos se efectuaron mediante aspersion cada tercer día durante el primer mes y cada cinco días en los meses posteriores, hasta completar el ciclo de crecimiento, el cual concluyó en el mes de octubre con un total de 410 mm de lámina de riego. Además, se aplicaron herbicidas y control manual de las malezas de hoja ancha. El herbicida aplicado fue la mezcla de 2,4-D con aminopyralid diluida al 1%, y se aplicó en tres ocasiones con intervalos de una semana, iniciando a los 15 días posteriores a la siembra.

Variables de respuesta

Las variables evaluadas fueron: producción de semilla, germinación de semilla y producción de forraje. Para determinar producción de semilla se cosecharon las inflorescencias de un metro lineal en los dos surcos centrales de cada parcela. Las muestras se depositaron en bolsas de papel y fueron secadas al sol, después se extrajo la semilla de cada inflorescencia de forma manual. Para determinar el porcentaje de germinación, se llevaron a cabo ensayos de germinación en cámaras de crecimiento. Estos ensayos se realizaron en septiembre del 2014, una vez que la semilla en teoría superó su etapa de latencia. Para cada tratamiento de fertilización se utilizaron cuatro cajas Petri provistas de papel filtro y algodón con 50 semillas para cada una de las cinco especies. Los conteos de la semilla germinada se realizaron a diario después de la siembra hasta los 28 días. Para evaluar producción de forraje se obtuvieron tres muestras de forraje en 0.5 metros lineales por parcela en los dos surcos centrales para evitar el efecto de orilla. El forraje se secó y se pesó, con dichos valores se estimó la producción de forraje.

Análisis de datos

Los datos obtenidos de cada especie se sometieron a un análisis de varianza bajo un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones, y la prueba de Tukey para la comparación de medias. Los datos de germinación fueron sometidos a una transformación angular de *arco-seno* (seno^{-1}), por no cumplir con el supuesto de normalidad. Los análisis estadísticos se efectuaron usando el procedimiento MIXED del SAS 9.1.3 (2006), en el cual los tratamientos de fertilizantes constituyeron el efecto fijo y los bloques el efecto aleatorio.

Resultados y discusión

Producción de semilla

La producción de semilla de las diferentes especies forrajeras se muestra en el Cuadro 1. En zacate navajita se encontró que las mayores producciones de semilla se obtuvieron en los tratamientos 2, 3 y 4, los cuales resultaron

estadísticamente iguales ($P>0.05$) entre sí, pero diferentes al resto de los tratamientos ($P<0.05$). Dichos tratamientos tuvieron un rango de producción de 243 a 289 kg ha^{-1} sobresaliendo el tratamiento 120-60-00. Para esta especie las mayores producciones corresponden a fertilizantes químicos, mientras que el fertilizante orgánico y el de liberación lenta mostraron un comportamiento similar al testigo. Beltrán *et al* (2010) estimaron la producción de forraje y semilla en zacate navajita «Cecilia», bajo condiciones de riego en el Campo Experimental San Luis, INIFAP, donde obtuvieron una producción de semilla de 390 kg ha^{-1} . Esa producción es superior a la obtenida en este estudio, lo cual tal vez se deba a que los datos obtenidos en el presente estudio corresponden al primer año de producción.

En zacate banderita la mayor producción de semilla se obtuvo en los tratamientos 2 y 5, los cuales resultaron estadísticamente iguales ($P>0.05$) entre sí. Como era de esperarse, los mayores rendimientos se obtuvieron con los tratamientos con las dosis más altas de nutrientes. La media de producción de esos tratamientos es similar a la obtenida por Beltrán *et al.* (2013), quienes obtuvieron 743 kg ha^{-1} . Corleto *et al.* (2009) estimaron la producción de forraje y semilla del zacate banderita, bajo condiciones de fertilización y temporal en el sur de Italia, obteniendo una producción de semilla de 280 kg ha^{-1} al tercer año, siendo inferior a la obtenida en este estudio.

En zacate gigante la mayor producción de semilla se obtuvo con la combinación de fertilizante químico con micorriza, mientras que el fertilizante orgánico mostró baja producción con un comportamiento similar al testigo. Estadísticamente, las mayores producciones de semilla en esta especie se obtuvieron con los tratamientos 2, 3, 4 y 5, los cuales resultaron estadísticamente iguales ($P>0.05$). No se encontraron estudios sobre producción de semilla de esta especie.

De manera similar al zacate gigante, en el zacate buffel las mayores producciones de

semilla correspondieron a los tratamientos 2, 3, 4 y 5, las cuales fueron estadísticamente iguales ($P>0.05$) entre sí. Sin embargo, en esta especie el tratamiento con mayor producción de semilla corresponde al tratamiento 2. Además, el fertilizante orgánico mostró una baja respuesta en la producción de semilla. Valores similares fueron observados por Vásquez (2000), quien concluye que al aplicar de 80 a 120 kg N ha⁻¹, se incrementa la producción de semilla en un 50% respecto al testigo en zacate buffel, bajo condiciones de riego en Zaragoza, Coahuila.

En zacate garrapata, la producción reportada corresponde a dos cortes efectuados en el primer año de establecimiento. La mayor producción de semilla se obtuvo con los tratamientos 2, 4 y 5, los cuales fueron estadísticamente iguales ($P>0.05$) entre ellos. En esta especie, el tratamiento de fertilización química combinado con micorriza obtuvo la mayor producción de semilla, con un incremento del 38% respecto al testigo. Nuevamente el fertilizante orgánico presentó una producción de semilla baja. Estas producciones son superiores a las obtenidas por Beltrán *et al.* (2009), quienes evaluaron la producción de semilla en zacate garrapata bajo riego y fertilización (120-60-00), obteniendo una producción de semilla (con cubiertas) de 1,468 kg ha⁻¹ durante el primer año.

Cuadro 1. Producción de semilla (kg ha⁻¹) de cinco especies de zacates, bajo diferentes fuentes de fertilización en Aldama, Chihuahua.

Tratamiento	Navajita*	Banderita*	Gigante*	Buffel*	Garrapata*
	(kg ha ⁻¹)				
1. Testigo	181 ^b	451 ^b	416 ^c	223 ^b	1174 ^c
2. 120-60-00	289 ^a	707 ^a	568 ^{ab}	324 ^a	1606 ^a
3. 60-30-00	243 ^a	506 ^b	578 ^{ab}	272 ^{ab}	1128 ^c
4. 60-30-00+micorriza	264 ^a	483 ^b	670 ^a	245 ^{ab}	1619 ^a
5. Compo 24-6-12	207 ^b	549 ^{ab}	565 ^{ab}	295 ^{ab}	1425 ^{ab}
6. Bioteksa 24-06-00	231 ^b	475 ^b	435 ^c	215 ^b	1254 ^{bc}
EE	26	85	65	48	104

^{abc} Literales diferentes en la misma columna indican diferencias ($P<0.05$) entre tratamientos. *Cariópside más fascículos. EE = Error estándar.

Germinación de semilla

Los resultados de porcentajes de germinación de semilla de las diferentes especies se muestran en el Cuadro 2. En zacate navajita, no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos. Independientemente de los tratamientos, los porcentajes de germinación fueron muy bajos, con un máximo de 14.5% en el tratamiento 5. Beltrán *et al.* (2010) reportaron porcentajes de germinación de hasta el 82.6% en lotes de semilla de zacate navajita. Aunque las condiciones de fertilización fueron similares en ambos estudios, las diferencias en los porcentajes de germinación podrían atribuirse a que la semilla evaluada en el presente estudio corresponde a semilla del primer año, ya que las plantas podrían no haber alcanzado su madurez fisiológica.

En zacate banderita el tratamiento 3 mostró el porcentaje más alto de germinación (81.5%), seguido por el fertilizante orgánico (76.5%) y el tratamiento 60-30-00+micorriza (75.5%). El porcentaje de germinación más alto obtenido en este trabajo es un poco más bajo al obtenido por Beltrán *et al.* (2013), quien reportó un porcentaje de germinación de 88.8%. Al comparar los anteriores porcentajes de germinación con los resultados del trabajo realizado por Corleto *et al.* (2009) bajo condiciones de temporal, en el que obtuvieron porcentajes de germinación del 19.5%, se da por manifiesto la importancia de una adecuada distribución de la disponibilidad de agua que se logra a través del riego.

En zacate gigante, todos los tratamientos de fertilización superaron al tratamiento testigo pero no mostraron diferencias estadísticas ($P>0.05$) entre sí. La germinación de dichos tratamientos fluctuó entre 86.5 y 96%, la cual puede ser calificada como muy alta. Desafortunadamente no se encontraron resultados de otros trabajos de investigación que permitan efectuar comparaciones con los resultados obtenidos en este estudio.

En zacate buffel los tratamientos con los que se obtuvieron los mayores porcentajes de

germinación fueron 2, 3 y 6, los cuales resultaron estadísticamente iguales ($P > 0.05$), con una germinación máxima de 17% (tratamiento 3). Estos resultados son inferiores a los obtenidos por Vásquez (2000) quien obtuvo porcentajes de germinación con un rango de 27 a 32%, sin encontrar diferencias significativas ($P > 0.05$) entre tratamientos de fertilización. En otro estudio se evaluó la germinación de la semilla de tres variedades de zacate buffel recolectada en el agostadero, y se obtuvo una germinación promedio de 15.9% (Gómez y González, 2002).

En zacate garrapata, los porcentajes de germinación de todos los tratamientos de fertilización superaron al tratamiento testigo, aunque no presentaron diferencias estadísticas entre sí ($P > 0.05$). Estos porcentajes son similares a los reportados por Beltrán *et al.* (2009), quienes obtuvieron un 76.6% de germinación en zacate garrapata durante el primer año de establecimiento del lote.

Cuadro 2. Germinación de semilla (%) de cinco especies de zacates, bajo diferentes fuentes de fertilización en Aldama, Chihuahua.

Tratamiento	Navajita	Banderita	Gigante	Buffel	Garrapata
	% de germinación				
1. Testigo	9.0 ^a	70.5 ^{bc}	76.5 ^b	8.0 ^c	67.0 ^b
2. 120-60-00	9.0 ^a	63.5 ^c	86.5 ^{ab}	14.5 ^{ab}	85.3 ^a
3. 60-30-00	10.5 ^a	81.5 ^a	93.0 ^{ab}	17.0 ^a	82.0 ^a
4. 60-30-00+micoriza	8.0 ^a	75.5 ^{ab}	95.5 ^a	11.5 ^b	76.0 ^{ab}
5. Compo 24-6-12	14.5 ^a	69.5 ^{bc}	96.5 ^a	6.5 ^c	77.0 ^{ab}
6. Bioteksa 24-06-00	13.0 ^a	76.5 ^{ab}	96.0 ^a	12.5 ^{ab}	83.5 ^a
EE	2.0	3.4	3.5	2.3	3.8

^{abc} Literales diferentes en la misma columna indican diferencias ($P < 0.05$) entre tratamientos. EE = Error estándar.

Producción de forraje

Los resultados de producción de forraje para las distintas especies se muestran en el Cuadro 3. En zacate navajita, las producciones de forraje más altas se obtuvieron con los tratamientos 2, 3 y 4, que resultaron estadísticamente iguales entre sí ($P > 0.05$). Las producciones de dichos tratamientos fluctuaron de 2,693 a 3,192 kg MS ha⁻¹ y resultaron

inferiores a las obtenidas por Beltrán *et al.* (2010), quienes reportaron producciones de forraje desde 5,270 hasta 6,210 kg MS ha⁻¹ en lotes que tenían varios años de establecidos.

En zacate banderita, las mayores producciones de forraje tuvieron un rango de 2,286 a 3,192 kg MS ha⁻¹ y correspondieron a los tratamientos 2, 3 y 5, los cuales fueron estadísticamente iguales entre sí ($P > 0.05$). Esas producciones de forraje fueron similares a las reportadas por Corleto *et al.* (2009) quienes obtuvieron producciones de 2,600 kg MS ha⁻¹ durante el primer año, aunque se sitúan muy por debajo de los resultados obtenidos por Beltrán *et al.* (2013), quienes reportaron producciones de forraje desde 6,120 hasta 9,850 kg MS ha⁻¹.

La mayor producción de forraje en el zacate gigante correspondió a los tratamientos 3, 4 y 5, los cuales fueron estadísticamente iguales entre sí ($P > 0.05$). Desafortunadamente no se encontraron reportes sobre producción de forraje de zacate gigante, de tal modo que no es posible establecer comparaciones ni calificar las producciones obtenidas en este trabajo. Lo más relevante de estos resultados es la alta producción de forraje obtenida en el tratamiento 3, cuya media fue de 7,975 kg MS ha⁻¹. En esos términos, la producción de forraje representa un importante ingreso adicional para el potencial productor de semilla de zacate gigante.

En zacate buffel los tratamientos con mayor producción de forraje fueron 2, 4 y 5, los cuales resultaron estadísticamente iguales ($P > 0.05$). Vásquez (2000) encontró que con aplicaciones de 80 a 120 Kg N ha⁻¹ se incrementan los rendimientos de forraje en zacate buffel en un 44%, respecto al testigo. En este estudio, la mayor producción de forraje obtenida en el tratamiento 2 (120-60-00), significó un incremento de 46% con respecto al testigo, lo cual coincide con lo reportado por Vásquez (2000). Márquez *et al.* (2007) evaluaron el efecto de diferentes tipos de fertilización en tres genotipos de *Pennisetum purpureum*, concluyendo que la fertilización con nitrógeno influyó positivamente en la producción de forraje,

lo cual concuerda con este estudio, donde los tratamientos con mayor cantidad de nitrógeno fueron los de mayor producción de forraje. Por otro lado, al igual que en el caso del zacate gigante, las altas producciones de forraje del zacate buffel (de hasta 14,556 kg MS ha⁻¹) representan un ingreso adicional con respecto a la actividad de producción de semilla.

En zacate garrapata, las mayores producciones de forraje se obtuvieron en los tratamientos 2 y 4, los cuales fueron estadísticamente iguales ($P > 0.05$). Beltrán *et al.* (2009) reportaron producciones de forraje en zacate garrapata de 9,400 kg MS ha⁻¹, las cuales son similares a algunas producciones obtenidas en este estudio, que representan ingresos adicionales con respecto a la semilla producida.

Cuadro 3. Producción de forraje (kg MS ha⁻¹) de cinco especies de zacates, bajo diferentes fuentes de fertilización en Aldama, Chihuahua.

Tratamiento	Navajita	Banderita	Gigante	Buffel	Garrapata
	(kg MS ha ⁻¹)				
1. Testigo	2052 ^c	2111 ^b	5872 ^b	9917 ^b	7289 ^b
2. 120-60-00	3192 ^a	2813 ^a	5422 ^b	14556 ^a	9192 ^a
3. 60-30-00	2693 ^{ab}	2286 ^{ab}	7975 ^a	10125 ^b	7130 ^b
4. 60-30-00+micorriza	2938 ^a	1911 ^b	6753 ^{ab}	11597 ^{ab}	8411 ^{ab}
5. Compo 24-6-12	2214 ^b	2425 ^{ab}	7020 ^{ab}	12306 ^{ab}	7545 ^b
6. Bioteksa 24-06-00	2014 ^c	2013 ^b	5363 ^b	9344 ^b	7347 ^b
EE	287	311	653	1243	846

^{abc} Literales diferentes en la misma columna indican diferencias ($P < 0.05$) entre tratamientos. EE = Error estándar.

Conclusiones y recomendaciones

La aplicación de fertilizantes permite incrementar la producción de semilla, su porcentaje de germinación y la producción de forraje de pastos nativos e introducidos bajo condiciones de riego.

En cada una de las especies se obtuvieron resultados diferentes en las tres variables de evaluación, de tal modo que la selección del mejor tratamiento depende de conjuntar las respuestas productivas con los costos de cada una de las opciones de fertilización evaluadas en este estudio.

Se plantea la necesidad de dar continuidad a este trabajo, ya que la información generada corresponde al primer año de producción. De igual manera, es importante que además de los indicadores de productividad, también se lleve a cabo un análisis económico que permita conocer la relación costo/beneficio de los diferentes tratamientos de fertilización así como la rentabilidad de la producción de semilla como actividad productiva.

Agradecimientos

Al Sitio Experimental La Campana del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) por su apoyo en la realización de la presente investigación. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo al becario de posgrado.

Literatura citada

- ALARCÓN, A., y R. Ferrera-Cerrato. 2000. Manejo de la micorriza arbuscular en sistemas de propagación de plantas frutícolas. *Terra* 17(3):179-191.
- BELTRÁN, S. L., C. A. García, J. A. Hernández, C. Loreto, C. Loreto, J. Urrutia, L. A. González, y H. G. Gámez. 2013. «Banderilla Diana» *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., nueva variedad de pasto para zonas áridas y semiáridas. *Rev Mex Cien Pecu.* 4(2):217-221.
- BELTRÁN, S. L., C. A. García, J. A. Hernández, C. Loreto, J. Urrutia, L. A. González, y H. G. Gámez. 2010. «Navajita Cecilia» *Bouteloua gracilis* H.B.K (Lag.). Nueva variedad de pasto para zonas áridas y semiáridas. *Rev Mex Cien Pecu.* 1(2):127-130.
- BELTRÁN, S. L., C. O. Loredo, C. A. García, J. A. Hernández, J. Urrutia, H. G. Gámez, L. A. González, y T. Núñez. 2009. Llorón imperial y garrapata héroes nuevas variedades de pastos para el altiplano de San Luis Potosí. INIFAP-SAGARPA: Folleto Técnico 36. 39 p.
- CORLETO, A., E. Cazzato, P. Ventriceelli, S. L. Cosentino, F. Gresta, G. Testa, M. Maiorana, F. Fornaro, and D. De-Grigorio. 2009. Performance of perennial tropical grasses in different mediterranean environments in southern Italy. *Trop grasslands* 43(1):129-138.
- FAO. 2000. Estrategias en materia de fertilizantes. Disponible en <http://ftp.fao.org/agl/agll/docs/fertstrs.pdf>. Consultado junio 15, 2015.
- FRANCO, L., H. Calero, y C. V. Duran. 2005. Evaluación de la tecnología por métodos participativos para la implementación de sistemas ganaderos sostenibles en el norte del departamento de Valle de Cuaca. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en <http://www.bdigital.unal.edu.co/5052/1/9789584411754.pdf> Consultado en febrero 2, 2015.
- GÓMEZ, M. S., y J. R. González. 2002. Latencia de la semilla en nuevas variedades de zacate buffel *Cenchrus ciliaris*. Departamento fitomejoramiento. Disponible en http://www.uaaan.mx/DirInv/Avances_2002/Zaridas/GomezBuffel.pdf. Consultado en marzo 20, 2015.

- LIGHTBOURN, L. A., V. Garza, G. González, y A. González. 2010. Bioteksa y el nuevo paradigma de la nutrición vegetal. Disponible en <http://www.institutolightbourn.edu.mx/laposibilidaddeloimposible.pdf>. Consultado en julio 15, 2014.
- MÁRQUEZ, F., J. Sánchez, D. Urbano, y C. Dávila. 2007. Evaluación de la frecuencia de corte y tipos de fertilización sobre tres genotipos de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*). *Zootecnia Tropical*. 25(4):253-259.
- MEDINA, G., G. Díaz, M. Berzoza, M. Silva, A. Chávez y A. Báez. 2006. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Chihuahua (periodo 1961-2003). 1a ed. SAGARPA-INIFAP-Centro de investigación regional norte centro. Dirección de coordinación y vinculación del estado de Chihuahua. Chihuahua, México.
- MORALES, N. C. y A. Melgoza. 2010. Características productivas de zacates forrajeros importantes en el norte de México. INIFAP-SAGARPA. Folleto Técnico 28. 51 p.
- PACP-CH, 2011. Plan de acción para la conservación y uso sustentable de los pastizales del desierto Chihuahuense en el estado de Chihuahua 2011-2016. Disponible en http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/pdf/PACP_chihuahua.pdf. Consultado en febrero 17, 2014.
- RAMOS, J. L., y J. M. Espinoza. 1999. Proyecto nacional de producción de semillas forrajeras. S. E. Pabellón. INIFAP-IRNOC. Desplegable Informativo. 7.
- ROJAS, J. y N. Moreno. 2008. Producción y formulación de prototipos de un biofertilizante a partir de bacterias nativas asociadas al cultivo de arroz (*Oryza sativa*). *Rev. Col. de Biotec.* 10(2):50-62.
- ROYO, M., A. Melgoza, J. S. Sierra, R. Carrillo, P. Jurado, R. Gutiérrez, y F. Echavarría. 2005. La salud de los pastizales medianos en los estados de Chihuahua y Zacatecas. En: Conferencia Magistral, II Simposio Internacional de Manejo de Pastizales (UAZ, INIFAP). 20-21 de septiembre de 2005. Zacatecas, México.
- SAGARPA. 2008. Producción de carne en México. Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/estudio/carne.pdf>. Consultado en noviembre 15, 2014.
- SAS, Institute Inc. 2006. SAS 9.1.3 User's guide. Cary, NC, USA.
- SEMARNAT. 2008. Programa hacia la igualdad de género y la sustentabilidad ambiental 2007-2012. Secretaría de medio ambiente y recursos naturales. Disponible en <http://www.semarnat.gob.mx/participacionsocial/igualdaddegenero/Documents/Proigesam%20dummie.pdf>. Consultado en enero 16, 2015.
- VALLENTINE, J. F. 1989. Range developments and improvements. Academic Press Inc. San Diego, Cal. USA. 524 p.
- VAZQUEZ, M. C. 2000. Efecto del nitrógeno y fósforo sobre el rendimiento de semilla y sus componentes en zacate buffel (*Pennisetum ciliare* L.). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria «Antonio Narro». Facultad de División de Ciencia Animal. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- VELÁSQUEZ, M., I. Sánchez, R. Gutiérrez, J. A. Muñoz, y H. Macías. 2014. Impacto hidrológico del cambio de uso del suelo de un pastizal nativo a praderas de zacate buffel (*Pennisetum ciliare* L.). *Revista Chapingo* 13(2):47-58. 

Este artículo es citado así:

Sáenz-Flores, E., R. A. Saucedo-Terán, C. R. Morales-Nieto, P. Jurado-Guerra, C. R. Lara-Macías, A. Melgoza-Castillo y J. A. Ortega-Gutierrez. 2015. Producción y calidad de semilla de pastos forrajeros como respuesta a la fertilización en Aldama, Chihuahua. *TECNOCENCIA Chihuahua* 9(2): 111-119.

Resumen curricular del autor y coautores

EDITH SÁENZ FLORES. Terminó su licenciatura en el año 2010, donde se le otorgó el título de Ingeniero Zootecnista en Sistemas de Producción por la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en el área de Recursos Naturales en 2015 por la Universidad Autónoma de Chihuahua. Su área de especialización es Manejo de Pastizales. Ha dirigido 1 tesis de licenciatura, 1 de maestría. Es autora de 2 artículos in extenso y 1 ponencia en congreso.

RUBÉN ALFONSO SAUCEDO TERÁN. Terminó su licenciatura en 1980, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Zootecnista por la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Realizó su posgrado en la misma Facultad, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en el área de Producción Animal en 1991 y el grado de Doctor en Ciencias Ambientales en 2002 por el Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV). Desde agosto de 1981 labora en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) donde posee la categoría de Investigador titular C. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 1992 (candidato 1992-1995; Nivel 1 2004-2014). Su área de especialización es el uso y manejo sustentable de los recursos naturales. Ha dirigido 6 tesis de licenciatura y 2 de maestría. Es autor de 28 artículos científicos, 2 libros y 5 capítulos de libros científicos.

Resumen curricular del autor y coautores

CARLOS RAÚL MORALES NIETO. Terminó su licenciatura en 1982, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Zootecnista por la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Realizó su posgrado en Saltillo, Coah., donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en el área de Tecnología de Semillas en 1992 por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y el grado de Doctor en Filosofía en el área de Genética en 2006 por el Colegio de Postgraduados. De 1982 a 2012 laboró en el INIFAP con la categoría de Investigador titular C. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel I desde 2008 a la fecha. Su área de especialización es el Manejo y Mejoramiento de Pastizales y Genética de Pastizales. Ha dirigido 8 tesis de licenciatura, 9 de maestría y 3 de doctorado. Es autor de 17 artículos científicos, más de 140 ponencias en congresos, 4 libros técnicos, 9 capítulos de libros científicos, 40 revistas divulgativas; además ha impartido más de 30 conferencias por invitación y ha dirigido 17 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es evaluador de proyectos de investigación del CONACYT (Fondos institucionales, mixtos y sectoriales) y Fundación Produce Chihuahua y es árbitro de 4 revistas científicas de circulación internacional.

PEDRO JURADO GUERRA. Terminó su licenciatura en 1985, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Zootecnista por la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Realizó su posgrado en Estados Unidos, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en el área de Ciencias de Pastizales en 1996 por la Universidad de Texas Tech y el grado de Doctor en Filosofía también en el área de Ciencias de Pastizales en 2000 por la Universidad de Texas Tech. Desde 1985 labora en el INIFAP y posee la categoría de Investigador titular C. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 2001 (candidato 2001-2004; Nivel 1 2008-2018). Su área de especialización es el manejo y rehabilitación de pastizales y relaciones suelo-planta en pastizales. Ha dirigido 8 tesis de licenciatura, 9 de maestría y 2 de doctorado. Es autor de 12 artículos científicos, más de 30 ponencias en congresos, y 2 capítulos de libros científicos; además ha impartido 5 conferencias por invitación y ha dirigido 15 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es evaluador de proyectos de investigación del CONACYT (Fondos institucionales, mixtos y sectoriales) y Fundación Produce Chihuahua, y es árbitro de tres revistas científicas de circulación nacional y tres revistas de circulación internacional.

CARLOS RENÉ LARA MACÍAS. Terminó su licenciatura en 1976, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista por la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Realizó su posgrado en México, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en el área de Manejo y Conservación de Recursos Naturales en 2003 por la Universidad Autónoma de Chihuahua. Desde 1981 labora en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias y posee la categoría de Investigador Titular C. Su área de especialización es el Manejo y la Conservación de Recursos Naturales. Ha dirigido 2 tesis y es autor de 20 ponencias en congresos y 4 capítulos de libros científicos. También, ha dirigido 10 proyectos de investigación financiados por fuentes externas.

ALICIA MELGOZA CASTILLO. Terminó su licenciatura en 1977, año en que le fue otorgado el título de Biólogo por la Facultad de Biología de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Realizó su posgrado en Estados Unidos, donde obtuvo el grado de Maestra en Ciencias en el área de Manejo de Pastizales en 1985 por la Universidad de Arizona y el grado de Doctor en Filosofía en el área de Ecología de Pastizales en 1995 por la Universidad Estatal de Nuevo México. De 1977 hasta 2007 laboró en el INIFAP con categoría de Investigador titular C. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 1994, actualmente es Nivel 1. Su área de especialización es Taxonomía y Ecofisiología de plantas de Pastizal. Ha dirigido 15 tesis de licenciatura, 7 de maestría y 5 de doctorado. Es autor de 25 artículos científicos, más de 40 ponencias en congresos, 5 capítulos de libros científicos y 2 libros técnicos. Es evaluador de proyectos de investigación del CONACYT (Fondos institucionales, mixtos y sectoriales) y Fundación Produce Chihuahua, y es revisor de la editorial Elsevier y árbitro de 3 revistas científicas de circulación nacional.

JUAN ÁNGEL ORTEGA GUTIÉRREZ. Terminó su licenciatura en 1986, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Zootecnista por la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Realizó su maestría en la misma facultad, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en el área de Reproducción y Genética en 1990 y el grado de Doctor en Filosofía en el área de Mejora Genética en 2002 por la Universidad Politécnica de Valencia, España. Desde 1988 labora en la Facultad de Zootecnia de la UACH y posee la categoría de Académico titular C. Fue miembro del Sistema Nacional de Investigadores como candidato de 1992-1995. Su área de especialización es la aplicación de los métodos estadísticos a la investigación científica y desde 2003 ha sido el coordinador de la Maestría Profesional en Estadística Aplicada que la Facultad de Zootecnia y Ecología ofrece. Ha dirigido 5 tesis de Maestría en Ciencias en Producción Animal, 12 tesis en la Maestría Profesional en Estadística Aplicada y 1 Disertación Doctoral en Producción Animal. Es autor de 10 artículos científicos, en más de 40 artículos científicos como coautor y ha participado como asesor estadístico en más de 100 tesis desde nivel licenciatura hasta nivel de doctorado.