TÉCNICAS PARA CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE ZACATE BANDERITA (*Bouteloua curtipendula*) EN INVERNADERO PARA TRASPLANTE

TECHNIQUES FOR GROWING SIDEOATS GRAMA (*Bouteloua curtipendula*) SEEDLINGS IN GREENHOUSE FOR TRANSPLANTATION

Perpetuo Álvarez-Vázquez[1], Adrián R. Quero-Carrillo[2], Leodan T. Rodríguez-Ortega[3], Mauricio Velázquez-Martínez[4], Filogonio J. Hernández-Guzmán[2]* y Efraín J. Hernández-Reséndiz[5]

[1]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Saltillo, Saltillo, Coahuila, México. [2]Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. [3]Universidad Politécnica Francisco I. Madero, Francisco I. Madero, Hidalgo, México. [4]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental San Luis, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, México. [5]Escuela Federal 3 Héroe de Nacozari, Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México.

**Autor de correspondencia* (fjesushg@hotmail.com)

RESUMEN

El mal manejo de los pastizales en las zonas semiáridas ha ocasionado la pérdida de especies vegetales forrajeras que limitan la productividad ganadera. Una estrategia para mejorar la cobertura vegetal con zacates es desarrollar plántulas en invernadero para su posterior trasplante al inicio de la época de lluvias. El objetivo del presente estudio fue evaluar la combinación de sustratos para crecimiento de plántulas de zacate banderita (*Bouteloua curtipendula*) en invernadero y la sobrevivencia de las plántulas al efecto de agroquímicos para control de malezas de hoja ancha. Se usó un diseño completamente al azar con arreglo factorial para evaluar 13 combinaciones de sustratos y sus efectos en altura de planta, área foliar y composición morfológica, así como la sobreviviencia de plántulas posterior a la aplicación de 2,4-D amina, 2,4-D éster y atrazina a 1000, 1500 y 2000 g de ingrediente activo (i.a.) en 200 L agua a 14, 19, 23, 28 y 32 días después de siembra. Se realizó análisis de varianza y comparación de medias con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). La combinación más sencilla y efectiva en el desarrollo de plántulas fue suelo + gravilla 3:1, pero de igual modo se puede incorporar materia orgánica en forma de precomposta de ovino o conejo en 1/3. A menor edad de las plántulas de zacate banderita hay más daño por efecto de los herbicidas para malezas de hoja ancha y la combinación más perjudicial fue 2,4-D amina + atrazina 2000 g de i.a., por lo que hasta 23 días después de la siembra se recomienda aplicar 2,4-D amina o 2,4-D éster 1000 g de i.a.

Palabras clave: Herbicidas, malezas de hoja ancha, reconversión, temporal.

SUMMARY

Mismanagement of pastures in semi-arid areas has resulted in the loss of forage plant species that limit livestock productivity. One strategy to improve vegetation cover with grass is to develop seedlings in greenhouse for subsequent transplantation at the beginning of the rainy season. The objective of this study was to evaluate the combination of substrates on the growth of seedlings of sideoats grama (*Bouteloua curtipendula*) in greenhouse and the survival of seedlings to the effect of agrochemicals for the control of broad-leaved weeds. A completely randomized design was used in factorial arrangement to evaluate 13 substrate combinations and their effects on plant height, leaf area and morphological composition, as well as seedling survival after the application of 2,4-D amine, 2,4-D ester and atrazine at 1000, 1500 and 2000 g of active ingredient (a.i.) in 200 L water at 14, 19, 23, 28 and 32 days after sowing. Analysis of variance and comparison of means with the Tukey test ($P \leq 0.05$) were carried out. The simplest and most effective combination in the development of seedlings was soil + gravel 3:1, but in the same way organic matter can be incorporated as sheep or rabbit precompost at 1/3. At younger age of sideoats grama seedlings there is more damage due to the effect of herbicides for broad-leaved weeds and the most harmful combination was 2000 g i.a. of 2.4-D amine + atrazine, so it is recommended to apply 2.4-D amine or 2.4-D ester at 1000 g a.i. up to 23 days after sowing.

Index words: Herbicides, broad-leaved weeds, rainfed conditions, reclamation lands.

INTRODUCCIÓN

Ante la necesidad de establecer zacates perennes a proximidad de lluvias para zonas áridas y recuperar áreas de pastizal degradadas por sobrepastoreo (Jurado-Guerra *et al*., 2021), hay una oportunidad en la última semana junio (cambio de estación de primavera a verano); no obstante, las plántulas originadas de semillas aún sufren muchas pérdidas en áreas de pastoreo por exploración radical en el suelo durante la sequía intraestival (Quero-Carrillo *et al*., 2016). Ante tal fenómeno, Ramírez-Meléndez *et al*. (2020) evaluaron en invernadero el crecimiento de plántulas de nueve genotipos de pasto banderita sembrados en suelo vertisol de textura arcillosa del Valle del Mezquital, pH 6.9 y 2.4 % de materia orgánica, mezclado con grava yesosa (tepezil) y corteza de árbol molida, en proporción de volumen 2:1:1, encontraron que las plantas de la variedad NdeM-La Resolana, a partir de tamaños de cariópside grande y chico mostraron producción de semilla precoz (80 días), lo que resulta valioso en la auto-recuperación de pastizales.

En el establecimiento de pastos nativos en temporal intervienen factores como la preparación de terreno, calidad de semilla, profundidad de siembra, control

Recibido: 21 de enero de 2023
Aceptado: 20 de junio de 2023

DOI: https://doi.org/10.35196/rfm.2023.3.283

de malezas de hoja ancha, entre los más importantes (Quero-Carrillo *et al*., 2016; Velázquez *et al*., 2015). En relación con el control de malezas, el método químico ha sido ampliamente utilizado, entre los herbicidas más empleados se incluye la atrazina, que pertenece al grupo de los herbicidas triazínicos organoclorados (Hansen *et al*., 2013), su nombre químico es 6-cloro-N-etil-N′-(1-metiletil)-1,3,5- triazina- 2,4-diamina; entre las propiedades que determinan la movilidad de la atrazina y de sus metabolitos en el ambiente están su baja afinidad los componentes del suelo y su elevada persistencia; por otro lado, Martínez-Méndez *et al*. (2016) confirmaron que, en pasto *Brachiaria brizantha* cv. Insurgente, usar 2,4-D con dosis de 958 g ha^{-1} de ingrediente activo (i.a.) 30 días después de la aplicación, la cobertura del pasto fue de 72 % en comparación con chapeo + rastra (2 %), y chapeo (12 %).

El uso de 2,4-D amina y 2,4-D éster, según Ayala y Avilés (1996; Com. Pers.)[1], es como fitorreguladores y herbicidas; estas sales se absorben por las raíces, mientras que los ésteres se absorben rápidamente por las hojas, ambos se translocan y acumulan en las zonas meristémicas de brotes y raíces principalmente; por tanto, actúan como inhibidores del crecimiento; además, afectan la actividad de enzimas, inhibición de primordios florales, respiración y división celular.

Por otro lado, los estiércoles de las unidades de producción animal en México se usan como fertilizante orgánico para los cultivos, lo cual es una práctica idónea para una agricultura sostenible, ya que se aprovecha su contenido de nutrientes; sin embargo, se requiere de 3 a 6 meses para convertirse en composta, la cual atraviesa por varias fases según Román *et al*. (2013), tales como mesófila (2-5 días), termofílica (1-3 semanas), mesofílica (2-5 semanas) y maduración (3-6 meses). Al respecto, Polo (2021) evaluó la adición de abono orgánico (75 % gallinaza, 20 % cerdaza y 5 % material vegetal) en pasto Guatemala (*Tripsacum laxum*) y reportó rendimiento de materia seca de 4855 kg ha^{-1}, el cual fue 1.5 veces mayor en comparación con el testigo (sin aplicación de abono orgánico); sin embargo, el efecto como sustrato en la siembra sobre el crecimiento de plántulas no ha sido reportado. Las plántulas crecidas en invernadero de 30 a 40 días deben estar listas para ser trasplantadas a campo y continuar su crecimiento en suelo húmedo con lluvia de temporal. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de diversos sustratos en el desarrollo, área foliar y peso de plantas completas de zacate banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] y evaluar la sobrevivencia de plántulas posterior a la aplicación de agroquímicos exclusivos para eliminar malezas de hoja ancha a diversas edades de desarrollo.

[1]**Ayala S. A. and W. I. Aviles (1996)** Weed chemical control for the establishment of two improved grasses on degraded pastures and soil areas without tillage in North Yucatan State, Mexico. *In*: Reunión Nacional de Investigación Pecuaria, 2-4 de diciembre de 1996. Cuernavaca, Morelos, Mexico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental

El estudio se desarrolló en condiciones de invernadero en el Colegio de Postgraduados Campus Montecillo del 15 de octubre al 15 de diciembre de 2018. El suelo utilizado fue propio del lugar, franco arenoso, ligeramente alcalino (pH 7.8), con 2.4 % de materia orgánica y clasificado como *Typic ustipsamments* (Ortiz, 1997). La temperatura del invernadero, determinada con data logger cada media hora, en promedio fue de 22.5 °C, máxima de 41 °C y mínima de 13 °C. La siembra fue el 17 de octubre y el muestreo destructivo fue 30 días después de la siembra.

Preparación del material de siembra

Los materiales tubetes y charolas de plástico usados para crecer las plántulas fueron desinfectados con hipoclorito de sodio comercial 0.6 % mediante inmersión durante 3 min y no fueron enjuagados. Para disminuir la incidencia de ahorcamiento del tallo (complejo fúngico *damping off*) en las plántulas de zacate, se aplicó metalaxil 48.1 % en dosis de 1 L en 200 L de agua mediante aspersión a las 08:00 horas cada 7 días, ya que según Quero-Carrillo *et al*. (2020), los propágulos de pasto banderita presentan hongos del género *Alternaria*, *Bipolaris* y *Fusarium*, y pueden afectar el desarrollo de zacates en invernadero, lo que resulta en ahorcamiento del tallo en las plántulas (*damping off*); así mismo, se aplicó nitrógeno y micronutrientes orgánicos cada 5 días con el producto Bayfolan Forte^{MR} en dosis de 1 L en 100 L de agua. Las semillas de zacate banderita fueron colectadas en octubre de 2017 en Texcatepec, Chilcuautla, Hidalgo, en las coordenadas 20° 17´ 00´´ N y 99° 15´ 57.63´´ O y permanecieron en bolsas de papel a la sombra en condiciones de laboratorio hasta su uso. Para obtener el porcentaje de llenado se siguió la metodología propuesta por Ramírez-Meléndez *et al*. (2020), con uso de tapete y almohadilla de caucho corrugado y mediante fricción se obtuvieron los cariópsides y con ayuda de tamiz de 0.59 mm fueron separados para homogenizar tamaño según Hernández-Guzmán *et al*. (2015); la viabilidad fue evaluada con tetrazolio al 0.1% (Hernández-Guzmán *et al*., 2021).

Experimento 1

Para el desarrollo de plántulas en invernadero se usaron diversos sustratos en 13 combinaciones. Los materiales fueron tepecil (gravilla yesosa), gravilla (tezontle), corteza

y aserrín de pino obtenidos de un aserradero ubicado en San Alejo, Tulancingo, Hidalgo. Los estiércoles de borrego, conejo y gallinaza fueron precomposteados durante 30 días previo al inicio del experimento. El tepetate fue comprado en una mina en Tequexquinahuac, Texcoco, Estado de México. Para hacer las combinaciones se usó una carretilla de capacidad 0.1415 m^3. Los tubetes y charolas de plástico fueron adquiridos en la empresa Innovaciones Forestales e Industriales S. A. de C. V. en la Ciudad de México.

Las combinaciones de los sustratos en proporciones de volumen representaron los 13 tratamientos:

1. 3 suelo + 1 gravilla
2. 2 suelo + 1 aserrín + 1 gravilla
3. 3 suelo + 1.5 gravilla + 0.5 aserrín
4. 2 suelo + 1 corteza + 1 gravilla
5. 1.5 aserrín+ 1.5 corteza + 0.5 tepecil + 0.5 estiércol de borrego precomposteado
6. 0.75 suelo + 2 aserrín + 1.5 corteza,
7. 2 corteza + 2 aserrín y 1 tepecil
8. 2 aserrín + 1.25 corteza + 0.75 estiércol de conejo precomposteado
9. 2 suelo + 1 aserrín + 0.6 tepecil + 0.4 estiércol de borrego precomposteado
10. 2 suelo + 1 gravilla + 1 estiércol de conejo precomposteado
11. 2 suelo + 2 tepecil
12. 2 suelo + 1 gravilla + 1 corteza
13. 2 corteza + 1.5 gravilla + 0.25 tepetate + 0.25 gallinaza

Una vez mezclados los sustratos se sometieron a esterilización en autoclave de acero de fabricación propia con tapa hermética con capacidad de 1 m^3 durante 4 h a 121 °C. Se usaron tres charolas para colocar 108 tubetes individuales de 70 cm^3; es decir, 324 tubetes en total para cada tratamiento o combinación de sustratos. Antes de sembrar se agregó sustrato en tubetes hasta 1.0 cm abajo del llenado total; después, se colocaron 9 ± 1 cariópsides viables; finalmente, se agregó una última capa de sustrato de 0.5 cm y se regó con sistema de aspersión durante 30 min cada 48 h por la mañana (05:00 horas). Una vez emergidas las plántulas, 10 días después de siembra, se aclareó a tres por tubete para homogenizar el desarrollo. La cantidad de tubetes o plántulas usados como unidad experimental se menciona en cada variable y fue tomada de diferentes tubetes. Las variables fueron:

Altura de planta. En 10 tubetes con plántulas homogéneas se marcó a una de tres plantas con anillo de color para realizar las medidas correspondientes por fecha, a los 7, 14, 21, 28, 36 y 42 dds. La altura se tomó desde la base del tallo hasta el ápice de la hoja más larga de la plántula marcada.

Área foliar (cm^2) y composición morfológica. Para determinar el área foliar, 30 días después de la siembra, se tomaron por cada tratamiento 10 tubetes al azar con tres plantas homogéneas y fueron extraídas las plántulas; posteriormente, se lavó con agua corriente para quitar el sustrato adherido a raíces y tallos; después, se separó a las plántulas en sus componentes morfológicos láminas foliares, tallos y raíces. Las láminas foliares fueron pasadas por un integrador de área foliar (Li-COR, Lincoln, Nebraska, EUA) y una vez terminado el procedimiento, cada componente fue colocado en bolsas de papel para su secado en estufa de aire forzado de 36 L de capacidad (Ciderta®, Huelva, España) a 55 º C durante 48 h hasta obtener peso constante y se pesó en una balanza analítica con precisión de 0.001 g (Sartorius, modelo 1984, Bohemia, Nueva York, EUA).

Área foliar específica ($cm^2\ g^{-1}$). Se determinó al dividir el área foliar (cm^2) entre el peso de las láminas foliares (mg) (Ramírez-Meléndez *et al*., 2020).

Experimento 2

Para evaluar el efecto de agroquímicos para malezas de hoja ancha en el crecimiento de plántulas de zacate banderita en invernadero, se usó 50 % suelo del lugar + 50 % gravilla, y una vez mezclados los sustratos fueron sometidos a esterilización en autoclave de fabricación propia con capacidad de 1 m^3 durante 4 h a 121 °C. Los tratamientos consistieron en la aplicación de 2,4-D amina; 2,4-D éster; atrazina y 2,4-D amina + atrazina a 1000, 1500 y 2000 g de ingrediente activo disueltos en 200 L de agua y se aplicaron con rociador manual previamente calibrado. Cada tratamiento tuvo tres charolas de 20 × 20 × 7 cm con drenaje y se sembraron cariópsides de modo de obtener al menos 10 plántulas por charola. Se sembró en seco y se colocó una capa del mismo sustrato de 0.5 cm sobre las semillas y se regó mediante aspersión (30 min cada 48 h). En cada charola, a los 14 dds, se marcó con un anillo de color a cuatro plantas (unidad experimental) y se evaluó el porcentaje de individuos que sobrevivieron, considerando como marcador morfológico el cambio de coloración de la planta, de verde a beige. La aplicación de agroquímicos fue a los 14, 19, 24, 29 y 34 dds y se le dio seguimiento a la sobrevivencia de plántulas cada cuatro días.

Diseños y análisis de datos

En ambos experimentos se utilizó un diseño completamente al azar. Se realizó análisis de varianza usando GLM de SAS (SAS Institute, 2009). En el Experimento 2 se utilizó un arreglo factorial y los datos se transformaron con la función √ + 1.5 para encontrar

normalidad. La comparación de medias se hizo mediante la prueba de Tukey (P ≤ 0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento 1

Se observó diferencia en altura de plantas de zacate banderita crecidas en 13 sustratos (P ≤ 0.05; Cuadro 1). Los tratamientos 1, 8, 10 y 11 mostraron las mayores alturas en el intervalo de 12.0 a 14.4 cm. La adición de aserrín (tratamientos 7 y 8 con 50 % del sustrato en volumen) no provocó amarillamiento de plántulas, mientras que en los tratamientos donde se incluyó estiércol de ovino precomposteado (tratamientos 5 y 9) las plántulas fueron de menor altura con 5.3 y 8.6 cm, respectivamente, en comparación con los tratamientos con estiércol de conejo precomposteado (tratamientos 8 y 10) con altura de 12.5 y 14.3 cm, respectivamente, ya que en materiales orgánicos de este tipo que no llegan a una relación de carbono-nitrógeno equilibrada, los microorganismos en el sustrato consumen el N para degradar el C presente en el material a compostear (Román *et al*., 2013); por tanto, se debe planear el composteado los estiércoles y aserrín durante seis meses para llegar a la fase de estabilización de N y C, principalmente.

Se observó diferencia en el área foliar y peso de láminas foliares a los 30 dds en muestreos destructivos de zacate banderita crecidos en invernadero (P ≤ 0.05; Cuadro 2). Los tratamientos 8, 1, 9, 3, 4, 11, 13 fueron las combinaciones con mayor área foliar en un intervalo de 76.2 a 50.4 cm^2 (P > 0.05) y los sustratos con menores valores fueron el 2, 5, 6, 7 y 12 en un intervalo de 17.4 a 44 cm^2; sin embargo, el estiércol de borrego precomposteado y aserrín mostraron valores menores. El peso de láminas foliares fue mayor (P ≤ 0.001) en el tratamiento 1 (3 suelo + 1 tepecil), lo cual representa la combinación más sencilla en cualquier unidad de producción. En el área foliar específica (AFE) no se presentaron diferencias (P > 0.05), los resultados mayores indicaron mayor capacidad de captación de luz y captura de carbono (Ramírez-Meléndez *et al*. (2020). En adición a valores mayores de AFE, Cruz *et al*. (2017) indicaron que plantas eficientes invierten mayor parte de su crecimiento en expandir el área foliar y mejorar la captación de radiación solar, lo que resulta en incremento de tamaño y peso, y como resultado, el sistema es más productivo, lo cual es importante en zonas de escasa

Cuadro 1. Altura de plántulas (cm) de zacate banderita (*Bouteloua curtipendula*) registrada cada 7 días a lo largo de seis semanas en invernadero.

Tratamiento	Tiempo de muestreo					
	7 días	14 días	21 días	28 días	35 días	42 días
1	3.7 ab	6.1 a	8.6 a	10.5 a	11.9 a	14.4 a
2	2.3 c	3.1 cd	3.4 def	4.2 de	4.8 ef	4.8 de
3	2.4 bc	3.0 cd	4.9 cdef	6.6 bcd	7.3 cde	9.4 bc
4	3.8 a	5.5 ab	6.7 abc	8.2 ab	9.6 abc	9.6 bc
5	2.9 abc	3.5 bcd	4.2 cdef	4.6 cde	5.0 def	5.3 de
6	2.4 bc	2.8 cd	2.8 ef	3.3 de	3.7 f	3.5 e
7	3.5 abc	5.4 ab	6.6 abc	8.4 ab	9.1 abc	10.2 bc
8	3.0 abc	5.6 ab	8.6 a	9.1 ab	11.6 ab	12.5 ab
9	3.0 abc	4.6 abc	5.5 bcde	6.4 bcd	7.5 cde	8.6 cd
10	3.3 abc	5.1 abc	8.3 ab	10.3 a	11.2 ab	14.3 a
11	3.1 abc	5.7 ab	8.7 a	9.7 ab	10.2 abc	12.0 abc
12	2.3 c	2.3 d	2.4 f	2.6 e	3.1 f	4.2 e
13	3.0 abc	4.7 abc	6.3 abcd	7.8 abc	8.2 bcd	9.8 bc
Promedio	3.0	4.4	5.9	7.0	7.9	9.1
Significancia	0.01	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

Letras minúsculas iguales por columna, son estadísticamente iguales (Tukey, P ≤ 0.05).

Cuadro 2. Efecto de diferentes mezclas de sustratos sobre el área foliar, peso de hojas y área foliar específica en plántulas de zacate banderita (*Bouteloua curtipendula*) 30 días después de siembra en invernadero.

Tratamiento	Proporción de sustratos	Área foliar (cm^2)	Peso láminas foliares (mg)	AFE ($cm^2\ g^{-1}$)
1	1) 3 suelo + 1 gravilla	65.4 ab	70.3 a	0.9
2	2) 2 suelo + 1 aserrín + 1 gravilla	33.0 cdef	12.8 cd	2.6
3	3) 3 suelo + 1.5 gravilla + 0.5 aserrín	56.4 abc	23.9 bcd	2.6
4	4) 2 suelo + 1 corteza + 1 gravilla	52.6 abc	29.2 bc	2.1
5	5) 1.5 aserrín + 1.5 corteza + 0.5 tepecil + 0.5 estiércol de borrego precomposteado	17.4 f	12.2 cd	1.6
6	6) 0.75 suelo + 2 aserrín + 1.5 corteza,	20.4 ef	7.8 d	2.4
7	7) 2 corteza + 2 aserrín y 1 tepecil	44.0 bcdef	22.7 bcd	2.0
8	8) 2 aserrín + 1.25 corteza + 0.75 estiércol de conejo precomposteado	76.2 a	32.6 b	2.6
9	9) 2 suelo + 1 aserrín + 0.6 tepecil + 0.4 estiércol de borrego precomposteado	61.8 ab	23.7 bcd	2.7
10	10) 2 suelo + 1 gravilla + 1 estiércol de conejo precomposteado	48.0 bcde	20.7 bcd	2.8
11	11) 2 suelo + 2 tepecil	60.2 abc	33.0 b	2.2
12	12) 2 suelo + 1 gravilla + 1 corteza	24.2 def	11.9 cd	2.5
13	13) 2 corteza + 1.5 gravilla + 0.25 tepetate + 0.25 gallinaza	50.4 abcd	19.6 bcd	2.7
Promedio		46.9	24.7	2.3
Significancia		0.001	0.001	NS

Letras minúsculas iguales por columna son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). AFE: área foliar específica.

precipitación donde son pocas las oportunidades de lluvias (Quero-Carrillo *et al*., 2014). Cabe mencionar que en las unidades de producción es común encontrar estiércol de diversas especies animales, el cual puede ser empleado como sustrato en la producción de plántulas o aplicar directamente en el suelo donde se desea establecer la semilla de interés; sin embargo, se recomienda someter al proceso de composta al menos seis meses.

La composición morfológica de plántulas de zacate banderita 30 días después de siembra en condiciones de invernadero fue diferente ($P \leq 0.05$) en peso de láminas foliares, tallos y plantas completas (Cuadro 3). El peso mayor de láminas foliares y peso total de plantas se observó en el tratamiento 1 (3 suelo + 1 gravilla). Según Araya y Boschini (2005), a mayor cantidad de hoja, mayor es la captación de radiación solar y mayor volumen de tejido parenquimatoso localizado en el mesófilo, mientras los tallos contienen mayor tejido vascular y carbohidratos estructurales para sostén, y según Beltrán *et al*. (2005), una vez que las plantas alcanzan la madurez, dependen mucho del peso de hojas y tallos en el comportamiento morfofisiológico y productivo de las forrajeras. En el presente estudio no se observó acame de plántulas o debilitamiento que impidiera el desarrollo satisfactorio. Los sustratos en los cuales crecieron plántulas con peso mayor en la suma de sus componentes morfológicos a los 30 dds ($P \leq 0.05$) fueron el 1, 11, 4, 8, 3, 9, 7 y 13, mientras el menor ($P \leq 0.05$) fue el 6 (0.75 suelo + 2 aserrín + 1.5 corteza); por lo tanto, se debe evitar el aserrín por ser un material orgánico no composteado, el cual tiene efectos negativos en el peso de plántulas completas.

El nitrógeno aplicado, tanto en aspersión como propio de cada sustrato, ayudó a las plántulas a crecer de manera más eficiente al formar parte estructural de la molécula de clorofila, la cual es el componente principal de proteínas esenciales para la formación de protoplasma; una mayor altura de planta conlleva a un incremento en el número de hojas y, por lo tanto, a un aumento en la fotosíntesis (Espinosa-Palomeque *et al*., 2019).

Cuadro 3. Materia seca de la composición morfológica (mg en tres plantulas) de zacate banderita (*Bouteloua curtipendula*) en 13 sustratos en condiciones de invernadero.

Tratamiento	Láminas foliares	Tallos	Raíces	Plantas completas
1	70.3 a	5.7 d	11.4	87.04 a
2	12.8 cd	8.9 bcd	15.8	37.5 bc
3	23.9 bcd	18.3 abc	26.2	68.4 ab
4	29.2 bc	23.4 a	21.8	74.4 ab
5	12.2 cd	10.1 bcd	15.2	37.6 bc
6	7.8 d	6.8 cd	12.6	27.3 c
7	22.7 bcd	19.0 ab	12.3	54.0 abc
8	32.6 b	20.5 ab	20.0	73.1 ab
9	23.7 bcd	22.3 a	19.5	65.6 abc
10	20.7 bcd	16.5 abcd	21.0	58.2 abc
11	33.0 b	26.9 a	21.4	81.3 a
12	11.9 cd	9.5 bcd	16.6	38.1 bc
13	19.6 bcd	17.7 abc	13.1	50.4 abc
Significancia	0.001	0.001	NS	0.001

Letras minúsculas iguales por columna son estadísticamente iguales (Tukey, P ≤ 0.05). NS: no significativo (P ≥ 0.05).

Experimento 2

En la aplicación de agroquímicos a diferentes edades de siembra de plántulas de zacate banderita se observaron diferencias (P ≤ 0.05) en sobrevivencia cuando se aplicaron herbicidas a 14, 19 y 23 dds (Cuadro 4); sin embargo, cuando se aplicaron a mayor edad (28 y 34 días) todas las plántulas sobrevivieron, como fue consignado por Martínez-Méndez *et al*. (2016) al aplicar 2,4-D amina en pasto *Brachiaria brizanta* cv. Insurgente al incrementar la cobertura en comparación con el testigo. Se observó significancia en la interacción Agroquímico × Concentración (P ≤ 0.05), lo cual indica que hay efecto de cualquier agroquímico en la superviviencia de las plántulas y que su efecto es notorio en la muerte de plántulas cuatro días después de la aplicación. La aplicación de 1000, 1500 o 2000 g de i.a. de atrazina en combinación con 2,4-D amina con 2,000 g de i.a. ocasionó menor sobrevivencia a 14 y 19 dds, por lo que a mayor edad de las plántulas el efecto negativo de los agroquímicos fue menor. Por lo anterior, Ayala y Avilés (1996; Com. Pers.)[1] observaron que plantas adultas de *Brachiaria* fueron resistentes a la aplicación de 480 g de i.a. de 2,4-D amina, y mostraron menor cobertura de malezas con 25 %, en comparación con el testigo (96.4 % de maleza); así mismo, Rosales-Robles *et al*. (2011) usaron 2,4-D amina en sorgo 30 dds y no hubo efectos en sobrevivencia. En siembras de temporal para recuperar áreas de pastizal donde exista un banco de semillas de malezas de hoja ancha toma relevancia la información, ya que la competencia de plántulas de zacate con malezas de hoja ancha por luz y humedad es tal, que se puede perder todo un ciclo agrícola; por tanto, se recomienda estar preparados con el mejor producto, dosis recomendada y equipo de aspersión; sin embargo, si el banco de semillas incluye zacates anuales y perennes, no se debe realizar la recuperación de esas áreas de pastizal ni con plántulas o unidades de dispersión (diásporas o cariópsides) hasta eliminar la mayoría de malezas gramíneas perennes invasivas como pasto rosado (*Melinis repens*), pasto buffel (*Pennisetum ciliare*) o pasto amargo (*Eragrostis echinochloideae*), ya que sería costoso por la mano de obra y agroquímicos.

CONCLUSIONES

Para desarrollar plántulas de zacate banderita la combinación 3 suelo + 1 gravilla ofrece sencillez en la práctica y proporciona el mejor peso de plántulas completas. Se pueden adicionar estiércoles precomposteados de conejo y ovino en 1/3. Se recomienda el uso de agroquímicos para controlar malezas de hoja ancha en plántulas de zacate banderita 23 días después de la siembra con 2,4-D amina o 2,4-D éster con 1000 g de ingrediente activo.

Cuadro 4. Porcentaje de sobreviviencia en plántulas de zacate banderita (*Bouteloua curtipendula*) posterior a la aplicación de tres agroquímicos a 14, 19, 23, 28 y 33 días después de la siembra en invernadero.

Agroquímico	g de i.a. en 200 L de agua	Aplicación a 14 dds					Aplicación a 19 dds				Aplicación a 23 dds			Aplicación a 28 dds		Aplicación a 34 dds
		15	20	24	29	34 y 41	20	24	29	34 y 41	24	29	34 y 41	29	34 y 41	34 y 41
2,4-D amina	1000	100	100 a	89 bc	87 bc	83 b	100	100 a	100 a	100 a	100	100 a	100 a	100	100	100
	1500	100	100 a	84 cd	85 bc	77 bc	100	100 a	100 a	100 a	100	90 b	82 c	100	100	100
	2000	100	100 a	41 i	40 h	24 h	100	74 d	73 d	41 f	100	100 a	90 b	100	100	100
2,4-D éster	1000	100	100 a	59 g	58 f	41 g	100	76 cd	74 d	66 c	100	82 c	66 d	100	100	100
	1500	100	52 f	44 i	42 hg	41 g	100	57 e	56 e	50 de	100	100 a	100 a	100	100	100
	2000	100	100 a	100 a	100 a	91 a	100	50 e	47 f	46 ef	100	100 a	100 a	100	100	100
Atrazina	1000	100	94 b	91 b	90 b	82 b	100	82 b	82 c	74 b	100	100 a	100 a	100	100	100
	1500	100	82 c	82 d	81 cd	74 c	100	100 a	100 a	100 a	100	100 a	100 a	100	100	100
	2000	100	76 c	75 e	74 d	66 d	100	91 b	91 b	53 d	100	100 a	100 a	100	100	100
2,4-D amina + atrazina	1000+1000	100	69 d	68 f	66 e	57 e	100	37 f	34 g	32 g	100	100 a	100 a	100	100	100
	1500+1500	100	59 e	58 g	57 f	51 ef	100	100 a	100 a	100 a	100	100 a	100 a	100	100	100
	2000+2000	100	52 f	51 h	48 g	49 f	100	18 g	19 h	0 h	100	94 b	90 b	100	100	100
Agroquímico×Concentración		-	0.001	0.001	0.001	0.001	-	0.001	0.001	0.001	-	0.001	0.001	-	-	-
Promedio		100	82	70	69	61	100	74	73	63	100	97	94	100	100	100
Significancia		NS	0.001	0.001	0.001	0.001	NS	0.001	0.001	0.001	NS	0.001	0.001	NS	NS	NS

Letras minúsculas iguales por columna son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). i.a: ingrediente activo, dds: días después de siembra.

BIBLIOGRAFÍA

Araya M. M. y C. Boschini F. (2005) Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la meseta central de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 16:37-43, https://doi.org/10.15517/am.v16i1.5180

Beltrán-López S., A. Hernández-Garay, E. García-Moya, J. Pérez-Pérez, J. Kohashi-Shibata, J. G. Herrera-Haro, … y S. S. González-Muñoz (2005) Efecto de la altura y frecuencia de corte en el crecimiento y rendimiento de pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris*) en un invernadero. *Agrociencia* 39:137-147.

Cruz T. J. M., J. V. Ray R., J. L. Ledea R. y R. C. Arias P. (2017) Establecimiento de nuevas variedades de *Cenchrus purpureus* en un ecosistema frágil del Valle del Cauto, Granma. *Revista de Producción Animal* 29:29-35.

Espinosa-Palomeque B., P. Cano-Ríos, L. Salas-Pérez, J. L. García-Hernández, P. Preciado-Rangel, J. Sáenz-Mata y J. L. Reyes-Carrillo (2019) Bioinoculantes y concentración de la solución nutritiva sobre la producción y calidad de tomate. *Biotecnia* 21:100-107, https://doi.org/10.18633/biotecnia.v21i3.1038

Hansen A. M., L. G. Treviño-Quintanilla, H. Márquez-Pacheco, M. Villada-Canela, L. C. González-Márquez, R. A. Guillén-Garcés y A. Hernández-Antonio (2013) Atrazina, un herbicida polémico. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 29:65-84.

Hernández-Guzmán F. J., A. R. Quero-Carrillo, P. Pérez-Rodríguez, M. Velázquez-Martínez y G. García-de los Santos (2015) Germinación y emergencia de propágulos de pasto, en respuesta a pruebas de vigor. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6:1519-1532, https://doi.org/10.29312/remexca.v6i7.546

Hernández-Guzmán F. J., L. T. Rodríguez-Ortega, M. Velázquez-Martínez, P. Landa-Salgado, A. Rodríguez-Ortega y J. L. Castrellón-Montelongo (2021) Influencia del tamaño de cariópside y embrión en el desarrollo de plántulas de pastos. *Interciencia* 46:309-316,

Jurado-Guerra P., M. Velázquez-Martínez, R. A. Sánchez-Gutiérrez, A. Álvarez-Holguín, P. A. Domínguez-Martínez, R. Gutiérrez-Luna, … y M. G. Chávez-Ruiz (2021) Los pastizales y matorrales de zonas áridas y semiáridas de México: estatus actual, retos y perspectivas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 12:261-285, https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5875

Martínez-Méndez D., J. F. Enríquez-Quiroz, E. Ortega-Jiménez, V. A. Esqueda-Esquivel, A. Hernández-Garay y J. A. S. Escalante-Estrada (2016) Rehabilitación de una pradera de pasto Insurgente con diferentes métodos de manejo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7:1787-1800, https://doi.org/10.29312/remexca.v7i8.92

Ortiz S. C. (1997) Colección de monolitos. Edafología, Sección de Génesis de Suelos, IRENAT. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. México. 17 p.

Polo L. E. A. (2021) Efecto de la aplicación de abono orgánico en la producción de biomasa y calidad nutritiva de pasto Guatemala (*Tripsacum laxum*), bajo dos frecuencias de corte. *Revista Saberes APUDEP* 4:18-27.

Quero-Carrillo A. R., L. Miranda-Jiménez, F. J. Hernández-Guzmán y F. A. Rubio-Aguirre (2014) Mejora del establecimiento de praderas. Folleto Técnico. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. 31 p. https://doi.org/10.13140/2.1.5101.2161

Quero-Carrillo A. R., F. J. Hernández-Guzmán, M. Velázquez-Martínez, H. G. Gámez-Vázquez, P. Landa-Salgado y P. Aguilar-López (2016) Métodos de establecimiento de pasturas en zonas áridas de México utilizando semillas crudas o cariópsides. *Tropical Grasslands – Forrajes Tropicales* 4:29-37, https://doi.org/10.17138/tgft(4)29-37

Quero-Carrillo A. R., A. Zárate-Ramos, L. Robles-Yerena, C. Nava-Díaz, L. Miranda-Jiménez and S. González-Muñoz (2020) Pathogenic fungi associated to commercial seed of Mexican varieties of *Bouteloua curtipendula*. *Mexican Journal of Phytopathology* 38:198-214, https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2002-4

Ramírez-Meléndez J. E., F. J. Hernández-Guzmán, C. López-Castañeda, L. Miranda-Jiménez, M. J. Carrillo-Llanos y A. R. Quero-Carrillo (2020) Crecimiento de plántulas de nueve genotipos de *Bouteloua curtipendula* con dos tamaños de cariópside. *Revista Fitotecnia Mexicana* 43:171-180, https://doi.org/10.35196/rfm.2020.2.171

Roman P., M. M. Martínez y A. Pantoja (Editores). (2013) Manual de Compostaje del Agricultor. Food and agricultura Organization, Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. 107 p.

Rosales-Robles E., R. Sánchez-de la Cruz y P. A. Cerda-García (2011) Control químico de maleza de hoja ancha en sorgo para grano. *Revista Fitotecnia Mexicana* 34:269-275, https://doi.org/10.35196/rfm.2011.4.269

SAS Institute (2009) SAS/STAT. User's Guide Version 9.1.3. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA. 1167 p.

Velázquez M. M., F. J. Hernández G., J. F. Cervantes B. y H. G. Gámez V. (2015) Establecimiento de pastos nativos e introducidos en zonas semiáridas de México. Folleto para Productores No. MX-0-310307-52-03-17-10-66. Campo Experimental San Luis, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. San Luis Potosí, México. 36 p.