

Evaluación de la distancia entre plantas sobre el rendimiento y calidad de semilla de *Brachiaria brizantha*

Effects of plant spacing on seed yield and quality of *Brachiaria brizantha*

Santiago Joaquín Cancino^a, Bertín Maurilio Joaquín Torres^b, Eusebio Ortega Jiménez^c, Alfonso Hernández Garay^a, Jorge Pérez Pérez^a, Javier Francisco Enríquez Quiroz^d, Adrián R. Quero Carrillo^e

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el efecto de la distancia entre plantas en el rendimiento y calidad de semilla de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. El experimento se realizó en temporal durante 2007, en la Universidad del Papaloapan, Loma Bonita, Oaxaca. Se evaluaron seis distancias entre plantas (voleo, 25 x 25, 50 x 50, 75 x 75, 100 x 100 y 125 x 125 cm entre líneas y plantas, respectivamente), con un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. Se midió el rendimiento de semilla pura (RSP), rendimiento de semilla pura germinable (RSPG), número de panículas m⁻², longitud de panícula, número de semillas cosechadas por panícula, peso de 1,000 semillas, porcentaje de dehiscencia, semilla pura y germinación. El RSP y RSPG varió entre tratamientos ($P < 0.01$), donde los mayores valores (47.8 y 11.0 kg ha⁻¹, respectivamente) ocurrieron con la distancia 25 x 25 cm. La longitud de panícula, número de semillas cosechadas por panícula, peso de 1,000 semillas, porcentaje de semilla pura y dehiscencia de la semilla presentaron diferencias entre tratamientos ($P < 0.05$). El porcentaje de semilla pura fue el componente con mayor grado de asociación con el RSP y RSPG, con valores de 0.81 y 0.55, respectivamente. El porcentaje de germinación no fue afectado por la distancia entre plantas ($P > 0.05$). Se concluye que el mayor rendimiento de semilla de *B. brizantha* cv. Marandu, se logró con la distancia 25 x 25 cm entre líneas y plantas, respectivamente. La germinación de la semilla no fue mejorada por ninguno de los tratamientos evaluados.

PALABRAS CLAVE: *Brachiaria brizantha*, Pasto insurgente, Distancia entre plantas, Producción de semilla, Germinación.

ABSTRACT

The objective was evaluating the effect of plant spacing on seed yield and quality in *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. The experiment was carried out in rain fed conditions in 2007 at the Universidad de Papaloapan, Loma Bonita, Oaxaca, Mexico. Six plant distances (broadcast, 25*25 cm, 50*50 cm, 75*75 cm, 100*100 cm and 125*125 cm between rows and plants, respectively) were assessed. To that end, a completely randomized block design with four replicates was set. The following variables were analyzed: pure seed yield (PSY), pure germinable seed yield (GPSY), number of panicles per m⁻², panicle length, seed harvested per panicle, 1,000 seed weight, spikelet abscission rate, seed purity and germination. PSY and GPSY showed differences among treatments ($P < 0.01$) and the highest values (47,8 and 11.0 kg ha⁻¹, respectively) were obtained at the 25*25 cm spacing. Panicle length, number of seed harvested in each panicle, 1,000 seed weight, seed purity and spikelet abscission rate also showed differences among treatments ($P < 0.05$). Seed purity was the variable more closely linked to PSY and PGSY, showing r values of 0.81 and 0.55, respectively. Plant spacing did not influence germination rate ($P > 0.05$). As a conclusion, it can be stated that the largest seed yield was obtained at the 25*25 cm spacing between rows and plants, respectively. Seed germination did not improve in any of the treatments being assessed.

KEY WORDS: *Brachiaria brizantha*, Insurgente grass, Plant spacing, Seed production, Germination.

Recibido el 6 de abril de 2009. Aceptado para su publicación el 22 de marzo de 2010.

^a Programa de Ganadería. IREGEP. Colegio de Postgraduados, 56230, Montecillo, Estado de México. santiagojc@colpos.mx. Correspondencia al primer autor.

^b Área de Zootecnia, Universidad del Papaloapan, Campus Loma Bonita.

^c Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz.

^d Campo Experimental Cotaxtla. CIR-Golfo Centro, INIFAP.

^e Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí.

El pasto Insurgente (*Brachiaria brizantha*) cv. Marandu, es una gramínea perenne tropical, utilizada ampliamente por los ganaderos debido a su alto rendimiento de forraje^(1,2,3) y una excelente aceptación por el ganado; además de presentar tolerancia a la sequía, quema, plagas y enfermedades, y adaptarse a suelos ácidos de baja fertilidad^(2,3). Sin embargo, el principal problema de su uso y propagación, al igual que la mayoría de las gramíneas forrajeras tropicales, es la falta de semilla en cantidad y calidad.

Producir semilla de pasto Insurgente resulta difícil, ya que por ser una gramínea forrajera tropical, su floración es muy heterogénea, las semillas maduran irregularmente y se desprenden con facilidad, por tanto, sólo se puede cosechar en pequeñas cantidades; asimismo, la semilla cosechada es de baja pureza física y germinación. Además de lo anterior, el bajo rendimiento de semilla se atribuye al bajo número de inflorescencias por planta, peso reducido de las espiguillas por inflorescencia y bajo porcentaje de llenado de las espiguillas producidas^(4,5). El bajo rendimiento de semilla en gramíneas forrajeras tropicales, se puede incrementar reduciendo las pérdidas durante la cosecha al seleccionar la fecha óptima de cosecha, o bien, incrementando el número de inflorescencias por planta y el número de espiguillas llenas por inflorescencia⁽⁴⁾. Al respecto, varios estudios han demostrado que con cierto manejo agronómico, como es la fertilización nitrogenada y la manipulación de la densidad de plantas, se puede incrementar el rendimiento y calidad de la semilla de pastos tropicales⁽⁵⁾. En este sentido, varios estudios indicaron que una densidad óptima de plantas por unidad de área produce altos rendimientos, mientras que las densidades bajas o altas lo reducen^(5,6,7,8).

Otros estudios mostraron la ventaja de la siembra en líneas, en comparación con la siembra al voleo para producir semilla de pastos tropicales^(5,9), ya que la siembra en líneas permite un mejor manejo del cultivo y facilita la cosecha de la semilla. Por tanto, para obtener altos rendimientos de semilla y mejor calidad de la misma, se deben buscar métodos de siembra adecuados y espacios óptimos entre

Insurgente grass (*Brachiaria brizantha*) cv. Marandú is a perennial tropical grass widely used by livestock producers due to its high forage yield^(1,2,3) and excellent acceptance by cattle, besides showing tolerance to drought, fire, pests and diseases, and adaptation to grow in low fertility acid soils^(2,3). However, the main constraint for its use and propagation, as happens in most tropical forage grasses, is low seed availability and quality.

Insurgente grass seed production is very difficult because of its heterogeneous flowering; therefore seeds mature unevenly and fall easily, so they can only be harvested in small quantities. On top of this, harvested seed presents both low purity and germination. Low seed yield can also be attributed to a low number of inflorescences per plant, to low spikelet weight and to a low spikelet filling percentage^(4,5). The low seed yield in tropical forage grasses can be improved either by choosing the best harvest date for reducing losses or by increasing the number of inflorescences per plant and also by increasing the number of filled spikelets per inflorescence⁽⁴⁾. On this matter several studies report that following certain crop management practices, such as nitrogen fertilization and managing plant density, seed yield and quality can be improved⁽⁵⁾. In addition, several studies point out that an optimal plant density can greatly improve seed yield, while both low and high densities depress it^(5,6,7,8).

Other studies show the advantage of row planting, when compared to broadcast, for seed production in tropical grasses^(5,9), because row planting allows better crop management practices and eases seed harvest. Therefore, for obtaining both high seed yield and better seed quality, adequate planting methods and the most favorable plant spacing should be found. For example in *Paspalum atratum*, no influences in either seed yield or quality were found⁽⁷⁾ when evaluating different row and plant distances, while in *Cenchrus ciliaris*, using 75 cm row spacing increased both seed yield and germination⁽⁸⁾ and in *Brachiaria decumbens*, when evaluating different row and plant distances, using 100 cm distance between rows produced the highest yield, but no improvement was found in seed quality for any treatment⁽¹⁰⁾. It has been stated that seed

líneas y plantas. Por ejemplo, en *Paspalum atratum*, al evaluar diferentes distancias entre líneas y plantas, se encontró que ningún tratamiento tuvo efecto en el rendimiento y calidad de la semilla⁽⁷⁾; sin embargo, en *Cenchrus ciliaris*, se encontró que la distancia de 75 cm entre líneas incrementó el rendimiento y germinación de la semilla⁽⁸⁾; mientras que en *Brachiaria decumbens*, al evaluar diferentes distancias entre líneas, se encontró que la distancia de 100 cm fue la que presentó el mejor rendimiento, aunque la calidad no fue mejorada por ninguno de los tratamientos evaluados⁽¹⁰⁾. Se ha indicado que el rendimiento de semilla y calidad de la misma en pastos tropicales es específico para cada región geográfica, y es determinado por la especie de planta, tipo de suelo, fecha de siembra del cultivo, así como de las condiciones climáticas en que ellos se desarrollan^(5,11,12).

En México, particularmente, en pasto Insurgente, el efecto de la distancia entre plantas sobre el rendimiento y calidad de la semilla cosechada, no ha sido estudiado. Por ello, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la distancia entre plantas en el rendimiento de semilla pura, semilla pura germinable, calidad física y fisiológica de la semilla del pasto Insurgente cv. Marandú.

El estudio se realizó en condiciones de temporal, durante el año 2007 en el Campo Experimental de la Universidad del Papaloapan, *Campus* Loma Bonita, Oaxaca, ubicado a 18° 01' 19" N, 95° 51' 33" W y 26 msnm⁽¹³⁾. El clima es cálido húmedo con lluvias abundantes en verano. La temperatura anual promedio y precipitación total, durante 2007, fueron 26 °C y 1,574 mm, respectivamente. El suelo es de textura franco arenoso, con pH 4.9, 1.8 % de MO, 14.8, 23.5, 37.0, 241.0 y 42.3 mg kg⁻¹ de N, P, K, Ca y Fe, respectivamente.

Se evaluaron seis distancias entre plantas (voleo, 25x25, 50x50, 75x75, 100x100 y 125x125 cm entre líneas y plantas, respectivamente). Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. El tamaño de las unidades experimentales fue de 4.0 x 3.75 m. Debido a las diferentes distancias entre plantas, el tamaño de parcela útil fue variable: 1.0 m² para

yield and quality of tropical grasses is specific to each geographical area and is determined by plant species, soil type, planting date and weather^(5,11,12).

Effects of plants spacing on seed yield and quality have not been studied previously in Mexico. Owing to this, the objective of the present study was evaluating how plant spacing influences pure seed yield, germinable pure seed, seed physical and physiological qualities of Insurgente grass cv. Marandú seeds.

The present study was carried out at the Experiment Station of the Universidad de Papaloapan, *Campus* Loma Bonita, Oaxaca (18° 01' 19" N, 95° 51' 33" W, 26 m asl)⁽¹³⁾. Climate can be classified as hot humid with summer rainfall. Average mean temperature and total rainfall for 2007 were 26 °C and 1,574 mm, respectively. Soils are sandy loams, pH 4.9, 1.8 % OM, with 14.8, 23.5, 37.0, 241.0 and 42.3 mg kg⁻¹ N, P, K, Ca and Fe, respectively.

Six plant spacing, each one of them considered a treatment, were evaluated: broadcast, 25*25 cm, 50*50 cm, 75*75 cm, 100*100 cm, and 125*125 cm between rows and plants, respectively, which were distributed in a completely randomized block design with four replicates. The experimental unit was 4.0*3.75 m, and owing to the different plant spacing, the useful plot changed for each treatment, 1.0 m² for broadcast and 25*25 cm, 3.5*1.0 m for the 50*50 cm, 3.0*1.5 m for the 75*75 cm, 3.0*2.0 m for the 100*100 cm and 2.5*2.5 m for the 125*125 cm distances between rows and plants, respectively.

Plots were planted on November 2006, using vegetative material (stalks having 3 to 5 axial meristems) for all treatments except broadcast which was planted using botanical seed at a 2 kg ha⁻¹ pure germinable seed rate. Soil was prepared by weeding with machete and applying glyphosate (Faena) to eliminate existing vegetation which was mostly *Paspalum notatum*. Later, 10 cm deep holes were dug at the pre-set distances in each plot, except in the broadcast plots which were plowed at a 10 cm depth and clods were broken to ensure a supple seed bed, over which seed was scattered.

los tratamientos al voleo y 25x25 cm; 3.5 x 1.0 m, 3.0 x 1.5 m, 3.0 x 2.0 m y 2.5 x 2.5 m, para las distancias 50x50, 75x75, 100x100 y 125x125 cm, respectivamente.

La pradera se sembró en noviembre de 2006, empleando material vegetativo (cepas conteniendo de 3 a 5 tallos), excepto para la siembra al voleo, donde se utilizó semilla botánica y una densidad de 2 kg de semilla pura germinable por hectárea. Previo a la siembra, el terreno se preparó mediante un chapeo con machete y una aplicación del herbicida Faena (Glifosato) para eliminar la vegetación original presente, la cual consistía de *Paspalum notatum*. Posteriormente, en cada una de las parcelas, se trazaron líneas sobre las cuales se hicieron hoyos, a las distancias previamente señaladas, y a una profundidad aproximada de 10 cm, mientras que en las parcelas donde se sembró al voleo, se roturó el suelo a una profundidad de 10 cm y se desmoronaron los terrones quedando una capa mullida sobre la cual se esparció la semilla. Cuando las plantas estuvieron establecidas, se realizó un corte de forraje en junio de 2007 para uniformizar su crecimiento. El corte de uniformidad para producción de semilla, se realizó en forma manual el 17 de agosto de 2007, a una altura aproximada de 10 cm. Inmediatamente después del corte, se fertilizó con 100, 50 y 50 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, en una sola aplicación. Como fuentes de fertilizante se utilizó urea (46 % N), superfosfato de calcio triple (46 % P₂O₅) y cloruro de potasio (60 % K₂O). Las malezas se controlaron con una aplicación del herbicida 2,4-D amina al mes del rebrote y posteriormente mediante chapeos manuales con machete.

La cosecha de la semilla se realizó en forma manual a los 21 días después de la antesis, del 6 al 14 de diciembre del 2007. Se consideró como momento de antesis, cuando 50 % de las panículas presentes tenían, al menos, una espiguilla en floración; para ello, se seleccionó al azar 1 m² en los tratamientos al voleo y 25x25 cm y, tres plantas dentro de cada parcela útil en los demás tratamientos, las cuales se observaron cada tercer día. El momento de antesis fue diferente para cada tratamiento y se determinó que éste ocurrió el 15, 20, 23, 22, 21 y 23 de

When plants were firmly established in all plots a cut for uniform growth was performed in June 2007. For uniform seed production, another cut was performed on August 17, 2007 at 10 cm height. Immediately after this cut, plots were fertilized once with 100, 50 and 50 kg ha⁻¹ of N, P₂O₅ and K₂O, respectively. Urea (46 % N), triple calcium superphosphate (TSP) (46 % P₂O₅) and potassium chloride (60 % K₂O) were used as N, P and K sources, respectively. Weeds were controlled with one 2,4-D amine application one month after regrowth and later manually with machete.

Seed harvest was performed manually 21 d post anthesis, on December 6-14, 2007. Anthesis was set at the moment that 50 % of panicles showed at least one spikelet in flower. To this end, 1 m² was selected at random in the broadcast and 25*25 cm plots and three plants inside the useful plots of the other treatments, and observations were performed every other day. Anthesis, as defined in the previous sentence, was different for each treatment and was set on November 15, 20, 23, 22, 21 and 23 for the broadcast, 25*25 cm, 50*50 cm, 75*75 cm, 100*100 cm and 125*125 cm treatments, respectively. Seed harvest was carried out by means of the traditional method for tropical grasses⁽¹⁴⁾, cutting all inflorescences and letting them dry naturally. All panicles inside the useful plots were harvested, resulting in a total of 53, 16, 14, 8, 6 and 4 for the broadcast, 25*25 cm, 50*50 cm, 75*75 cm, 100*100 cm and 125*125 cm treatments, respectively. For simulating the drying process, harvested panicles were placed in a light cloth bag which were themselves placed in the experimental plot and covered with the remaining vegetative material for four days. Afterwards, panicles were threshed, and seed was cleaned and dried naturally. The obtained seed was weighted, placed in paper bags and stored in laboratory conditions for seven months. A standard germination test was performed after storage at the Colegio de Postgraduados, Montecillo *Campus*.

The following parameters were evaluated: pure seed yield (PSY, kg ha⁻¹), germinable pure seed yield (GPSY, kg ha⁻¹), and different components of seed yield as number of panicles m⁻², panicle length (cm), number of seeds harvested in each panicle and

noviembre para las distancias al voleo, 25x25, 50x50, 75x75, 100x100 y 125x125 cm, respectivamente. La cosecha de semilla se realizó utilizando la técnica tradicional para la cosecha de semilla de gramíneas tropicales⁽¹⁴⁾, que consiste en cortar todas las inflorescencias presentes y posteriormente someterlas a un proceso de sudado natural. Se cosecharon todas las panículas de las plantas dentro de cada parcela útil: 53, 16, 14, 8, 6 y 4 plantas para los seis tratamientos, respectivamente. Para simular el proceso de sudado, las panículas cosechadas se colocaron en bolsas de manta, las cuales se agruparon sobre el mismo terreno y se cubrieron con material vegetal que quedó después de haber cortado las panículas. El periodo de sudado fue de cuatro días. Posteriormente, se realizó la trilla, limpieza y secado de la semilla en forma natural. La semilla obtenida se pesó, se colocó en bolsas de papel y se almacenó en condiciones ambientales de laboratorio, durante siete meses. Posterior al periodo de almacenamiento de la semilla, se efectuó una prueba de germinación estándar en el laboratorio de semillas del Colegio de Postgraduados, *Campus* Montecillo.

Se evaluó el rendimiento de semilla pura (RSP, kg ha⁻¹), rendimiento de semilla pura germinable (RSPG, kg ha⁻¹), los componentes del rendimiento de semilla: número de panículas m⁻², longitud de panículas (cm), número de semillas cosechadas por panícula y dehiscencia de espiguillas (%); la calidad física (porcentaje de semilla pura y peso en gramos de 1,000 semillas) y la calidad fisiológica (porcentaje de germinación) de la semilla cosechada.

El RSP se estimó con base en los kilogramos de semilla total cosechados en la parcela útil y el porcentaje de semilla pura; mientras que el RSPG, se calculó con base en el rendimiento de semilla total (RST) y el porcentaje de semilla pura germinable (% SPG), mediante la fórmula siguiente⁽¹⁵⁾: $RSPG = (RST \times \% SPG) / 100$, donde el $\% SPG = (\% \text{ de semilla pura} \times \% \text{ de germinación}) / 100$. Para el número de panículas, en los tratamientos al voleo y 25 x 25 cm, se contaron todas las inflorescencias presentes en 1 m², previamente seleccionado al azar, en cada una de las parcelas; mientras que para los demás

spikelet abscission (%), physical quality (pure seed percentage and 1,000 seed weight), and physiological quality (germination %) of harvested seed.

PSY was estimated based on the total amount of seed harvested (TSY) in the useful plot and on pure seed percentage, while GPSY was calculated based on PSY and germinable pure seed percentage (% GPS) using the following formula⁽¹⁵⁾: $GPSY = (TSY * \% GPS) / 100$, where $\% GPS = (\% PSY * \text{germination } \%)$. Panicle number was determined in the broadcast and 25*25 cm plots by counting all the inflorescences present in the previously selected at random in the 1 m² useful plots, and in all other treatments by counting all the inflorescences present in three previously selected at random plants in each useful plot. Panicle length was measured from the insertion point of the first branch to the top end of the panicle. Number of seeds harvested in each panicle was estimated as the number of seeds present at harvest time. Spikelet abscission was estimated by multiplying the number of fallen seeds by 100 divided by the number of seeds per panicle (harvested spikelets + fallen spikelets). The number of fallen seeds was estimated by counting abscission calluses found in each panicle⁽¹⁶⁾. The number of seeds harvested in each panicle was computed taking into account both empty and filled spikelets. Pure seed percentage was estimated using the international method using a 10 g sample for each plot, setting apart seeds and inert materials. 1,000 seed weight was estimated as the average of eight 100 pure seed replicates multiplied by 10⁽¹⁷⁾. Germination tests were performed after seven months post harvest storage at room temperature, because this time period is reported as necessary for breaking dormancy and obtaining maximum germination⁽¹⁸⁾. Before applying the germination test, seeds were scarified with 95 % H₂SO₄ for 10 min and rinsed with running water. Seeds were set in absorbent paper in plastic boxes and these placed in a germination chamber at 30 ± 1°C⁽¹⁷⁾. Four replicates of 100 seeds each were used in each treatment for obtaining the germination percentage.

Data obtained for all variables were analyzed through a variance test for determining differences among

tratamientos se contaron todas las inflorescencias presentes en tres plantas dentro de cada parcela útil, y la estimación se realizó con base en la densidad de plantas m^{-2} . Para determinar la longitud de panícula, número de semillas cosechadas por panícula y porcentaje de dehiscencia, se cosecharon 10 panículas por parcela útil, tomadas al azar en 1 m^2 y en las tres plantas previamente seleccionadas. La longitud de panícula se midió a partir del punto de inserción de la primera ramificación, hasta el extremo superior de la panícula. El número de semillas cosechadas por panícula, se estimó como el número de semillas presentes por panícula al momento de ser cosechadas. El porcentaje de dehiscencia, se calculó multiplicando el número de semillas desprendidas por 100 dividido entre el número de semillas totales por panícula (espiguillas cosechadas + espiguillas desprendidas). El número de semillas desprendidas se estimó al contar los callos de abscisión que dejaron éstas en cada una de las panículas⁽¹⁶⁾. En la cuantificación del número de semillas cosechadas por panícula se consideraron tanto espiguillas con cariósipos como vacías. El porcentaje de semilla pura se calculó por el método internacional, utilizando una muestra de 10 g de semilla por parcela, separando ésta en sus componentes: semilla pura y material inerte. El peso de 1,000 semillas se estimó como el promedio de ocho repeticiones de 100 semillas puras multiplicado por 10⁽¹⁷⁾. La germinación de la semilla cosechada se realizó a los siete meses después de almacenadas al ambiente, ya que se ha reportado que después de este tiempo de almacenamiento, es cuando las semillas de esta especie rompen la dormancia, presentando la máxima germinación⁽¹⁸⁾. Previo a la prueba de germinación, las semillas se escarificaron con ácido sulfúrico al 95 %, durante 10 min y lavadas con agua corriente. Para la obtención del porcentaje de germinación se utilizaron, por tratamiento, cuatro repeticiones de 100 semillas cada una. Las semillas se colocaron sobre papel absorbente, en cajas de plástico tipo "sandwichera" y colocadas dentro de una cámara germinadora a 30 ± 1 °C⁽¹⁷⁾.

Los datos obtenidos en todas las variables se sometieron a un análisis de varianza para probar diferencias entre tratamientos, con base en el diseño

tratamientos, based on the completely randomized block design. Averages were compared through Tukey's test. Germination percentages were transformed to arcsine $\sqrt{\%}$. The SAS statistical software⁽¹⁹⁾ was used for estimating these values.

Both PSY and GPSY showed differences for plant spacing ($P < 0.01$). The greatest values for these parameters (47.8 and 11.0 $kg\ ha^{-1}$) were obtained at 25*25 cm distance (Table 1). Even though no significant effect due to plant spacing ($P > 0.05$) was found for number of panicles m^{-2} , a certain positive trend was perceived ($P = 0.24$) as spacing increased.

At 25*25 cm distance 20 % more panicles m^{-2} were found in comparison to broadcast (Table 2). Plant spacing influenced panicle length significantly ($P < 0.05$) and the following values, 16.2, 15.1, 15.2, 15.6 cm for the broadcast, 25*25 cm, 50*50 cm and 75*75 cm treatments, respectively, which are similar among them, but higher ($P < 0.05$) than those found, 14.6 and 13.9 cm, for the 100*100 cm and 125*125 cm treatments, respectively. Regarding the number of seeds harvested per panicle, significant differences ($P < 0.05$) were found, and the greatest value (78 seeds per panicle) was found in the broadcast treatment, similar to those obtained ($P > 0.05$) in the 25*25 cm, 100*100 cm and

Cuadro 1. Rendimiento de semilla pura y semilla pura germinable de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, con diferentes distancias entre plantas

Table 1. Pure seed yield and pure germinable seed in *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, at different plant spacing

Distance between plants (cm x cm)	Pure seed yield ($kg\ ha^{-1}$)	Pure germinable seed yield ($kg\ ha^{-1}$)
Broadcast	29.9 b	4.6 b
25 x 25	47.8 a	11.0 a
50 x 50	22.9 bc	5.3 b
75 x 75	18.5 c	3.9 b
100 x 100	17.0 c	4.8 b
125 x 125	16.1 c	4.4 b

abc Different letters in each column indicate significant differences ($P < 0.05$).

estadístico de bloques completos al azar. La comparación de medias de los tratamientos se efectuó mediante la prueba de Tukey. El análisis se realizó con la ayuda del paquete estadístico SAS⁽¹⁹⁾. Los porcentajes de germinación fueron transformados a arco seno $\sqrt{\%}$.

El RSP y RSPG variaron ($P < 0.01$) entre las distancias entre plantas, donde los valores más altos (47.8 y 11.0 kg ha⁻¹, respectivamente) se obtuvieron con la distancia 25x25 cm (Cuadro 1). Aunque no hubo efecto significativo de la distancia entre plantas ($P > 0.05$) en el número de panículas m⁻², se observó cierta tendencia ($P = 0.24$) de un aumento de los valores conforme se incrementó la distancia entre plantas.

Se encontró que en la distancia 25x25 cm hubo 20 % más panículas m⁻², en comparación con la siembra al voleo (Cuadro 2). La distancia entre plantas tuvo efecto significativo ($P < 0.05$) en longitud de panícula, donde se observó que los valores 16.2, 15.1, 15.2 y 15.6 cm obtenidos con los tratamientos al voleo, 25x25, 100x100 y 125x125 cm, respectivamente, fueron similares entre sí pero superiores ($P < 0.05$) a los obtenidos con 50x50 y 75x75 (14.6 y 13.9 cm, respectivamente). En cuanto al número de semillas cosechadas por panícula, se presentaron diferencias significativas

125*125 cm treatments (72, 67 and 59 seeds per panicle, respectively) but statistically different and higher than for the 50*50 cm and 75*75 cm distances (51 and 57 seeds per panicle, respectively). Plant spacing had significant effect on abscission rate ($P < 0.05$), and the higher values (30.5, 29.6, 25.1 and 29.8 %) were found for the 50*50 cm, 75*75 cm 100*100 cm and 125*125 cm distances, respectively, while lower values were obtained at the broadcast and 25*25 cm treatments (9.5 and 14.5 %, respectively) .

Seed physical quality, in terms of 1,000 seed weight, showed significant differences ($P < 0.01$) between treatments. However, the greatest value (7.65 g) found at the 50*50 cm distance was similar ($P > 0.05$) to those obtained in the broadcast, 25*25 cm, 75*75 cm treatments (7.06, 7.61 and 7.36 g, respectively), but significantly different and greater than those obtained at the 100*100 cm and 125*125 cm distances (6.63 and 6.63 g, respectively). In addition, plant spacing affected pure seed percentage ($P < 0.01$) and the higher value (29.8 %) was found at the 25*25 cm distance, similar to the one found ($P > 0.05$) in the broadcast treatment, but significantly different and higher ($P < 0.05$) to those obtained at the other distances (Table 2). No significant differences for plant spacing influence on seed germination percentage were found.

Cuadro 2. Componentes del rendimiento, calidad física y fisiológica de la semilla de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, con diferentes distancias entre plantas

Table 2. Yield, physical and physiological quality component in *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, at different plant spacing

Distance between plants (cm x cm)	NP (No. m ⁻²)	PL (cm)	SCP (No.)	AR (%)	PP (%)	SW (g)	GR (%)
Broadcast	118 a	16.2 a	78 a	9.5 ^c	27.8 a	7.06 ab	17.3 a
25 x 25	142 a	15.1 abc	72 ab	14.5 ^{bc}	29.8 a	7.61 a	23.8 a
50 x 50	148 a	14.6 bc	51 c	30.5 ^a	14.7 b	7.65 a	23.3 a
75 x 75	143 a	13.9 c	57 bc	29.6 ^a	16.1 b	7.36 ab	21.0 a
100 x 100	141 a	15.2 abc	67 abc	25.1 ^{ab}	13.4 b	6.63 b	22.3 a
125 x 125	150 a	15.6 ab	59 abc	29.8 ^a	15.9 c	6.63 b	19.7 a

NP=number of panicles; PL=panicle length; SCP= seeds harvested in each panicle; AR=abscission rate; PP=purity percentage; SW=1,000 seed weight; GR=germination rate

^{abc} Different letters in each column indicate significant differences ($P < 0.05$).

entre tratamientos ($P < 0.05$), donde el mayor valor (78 semillas por panícula) se obtuvo con la siembra al voleo, valor que fue similar ($P > 0.05$) a los obtenidos con las distancias 25x25, 100x100 y 125x125 (72, 67 y 59 semillas, respectivamente), pero diferente y superior a los valores observados con las distancias 50x50 y 75x75 (51 y 57 semillas, respectivamente). La distancia entre plantas tuvo efecto en el porcentaje de dehiscencia ($P < 0.05$), donde los valores mayores (30.5, 29.6, 25.1 y 29.8 %) se presentaron con las distancias 50x50, 75x75, 100x100 y 125x125, respectivamente; mientras que los valores menores se obtuvieron con la siembra al voleo y la distancia 25x25 cm (9.5 y 14.5 %, respectivamente).

La calidad física de la semilla, en términos del peso de 1,000 semillas, presentó diferencias significativas ($P < 0.01$) entre tratamientos; sin embargo, el mayor valor (7.65 g) obtenido con la distancia 50x50 fue similar ($P > 0.05$) a los observados con los tratamientos al voleo, 25x25 y 75x75 (7.06, 7.61 y 7.36 g, respectivamente), pero diferente y superior a los obtenidos con las distancias 100x100 y 125x125 (6.63 y 6.63 g, respectivamente). Asimismo, se encontró que el porcentaje de semilla pura fue afectado por la distancia entre plantas ($P < 0.01$), donde el mayor valor (29.8 %) se obtuvo con la distancia 25 x 25 cm, valor que fue similar ($P > 0.05$) al obtenido con la siembra al voleo (27.8 %), pero diferente y superior a las demás distancias ($P < 0.05$) (Cuadro 2). No se observaron diferencias significativas de la distancia entre plantas en el porcentaje de germinación de la semilla.

Los resultados encontrados en este estudio indican que la distancia entre plantas tiene efecto en el rendimiento de semilla de pasto Insurgente cv. Marandú y que los rendimientos máximos de semilla pura y semilla pura germinable (47.8 y 11.0 kg ha⁻¹, respectivamente) obtenidos con la distancia 25x25 cm, fueron mayores en 59 y 141 %, respectivamente, con respecto al rendimiento obtenido con la siembra al voleo, con lo que se confirma lo señalado por otros investigadores^(10,20), quienes encontraron una respuesta positiva de la densidad de plantas en el rendimiento de semilla

Results obtained in the present study show that plant spacing affects seed yield in Insurgente grass cv. Marandú and that the greatest PSY and GPSY were obtained at a 25*25 cm distance between plants (47.8 and 11.0 kg ha⁻¹, respectively) which were 59 and 141 % greater, respectively, than those obtained in the broadcast treatment, which agrees with what is reported by other authors^(10,20) for other tropical forage grass species. However, they found the higher yields at 75 and 100 cm spacing between rows. Furthermore, results found in the present study confirm what is reported by other authors^(5,8), who affirm that seed yield in tropical forage grasses increases with plant density up to the optimal, as greater densities intensify the struggle for light, water and nutrients, depressing yields. Contrary to this, other authors did not find any effects of plant spacing and row width on seed yield of tropical grasses^(7,21). On this matter, it has been claimed that seed yield and quality of tropical grasses is specific to each geographical area and is determined by plant species, soil type, planting date and weather^(5,11,12).

The greater yield obtained at the 25*25 cm plant spacing can be attributed to an increase in pure seed percentage, seed weight, number of seed harvested per panicle and lower abscission, as these parameters were those that showed a greater degree of association to PSY and GPSY (Table 3). It has been stated that the number of panicles per area unit, seed weight, number of seeds per panicle and seed retention are the parameters most closely linked to seed yield^(5,11,22,23).

In the present study, panicle number m⁻² could have influenced increases in seed yield, as all assessed treatments produced on average 23 % more panicles than broadcast, which suggests that greater plant densities produce less panicles m⁻², and as plant density decreases, the number of panicles increases up to an optimal density, beyond which it decreases. Different responses to row width and plant distance were reported for other grasses. For example, in *P. atratum* the greater panicle population was obtained at a 75*75 cm distance between rows and plants, respectively⁽⁷⁾, while in *P. maximum* var. Común the number of panicles

de gramíneas forrajeras tropicales; sin embargo, reportaron que los mayores rendimientos se registraron a 75 y 100 cm entre líneas. Asimismo, los resultados del presente estudio confirman lo señalado por otros autores^(5,8), quienes señalaron que el rendimiento de semilla en gramíneas tropicales forrajeras, se incrementa conforme se aumenta la densidad de plantas, hasta alcanzar la densidad óptima, ya que con densidades de plantas mayores a la óptima, se incrementa la competencia por luz, agua y nutrientes, lo que ocasiona una reducción en el rendimiento de semilla. Contrariamente a estos resultados, otros autores^(7,21) no encontraron efecto de la distancia entre líneas en el rendimiento de semilla de pastos tropicales. Al respecto, se ha indicado que el rendimiento de semilla y calidad de la misma en pastos tropicales es específico para cada región geográfica y es determinado por la especie de planta, tipo de suelo, fecha de siembra del cultivo, así como de las condiciones climáticas en que ellos se desarrollan^(5,11,12).

El mayor rendimiento de semilla obtenido con la distancia 25x25 cm, se atribuyó a un incremento en el porcentaje de semilla pura, peso de las semillas, número de semillas cosechadas por panícula y menor porcentaje de dehiscencia, ya que estos parámetros fueron los que presentaron el mayor grado de asociación con los RSP y RSPG (Cuadro 3). Al respecto, se ha indicado que el número de panículas por unidad de superficie, peso de las semillas, número de semillas por panícula y retención de semillas son los parámetros que están directamente relacionados con el rendimiento de semilla^(5,11,22,23).

En este estudio, el componente número de panículas m⁻² también pudo influir en el incremento del rendimiento de semilla, ya que se observó que todos los tratamientos evaluados produjeron en promedio 23 % más panículas que la siembra al voleo, lo que indica que con una alta densidad de plantas se producen pocas panículas m⁻², y conforme disminuye la densidad de plantas por superficie, el número de panículas se incrementa hasta alcanzar un máximo en la densidad óptima, después de la cual el número de panículas m⁻² tiende a disminuir.

Cuadro 3. Coeficientes de correlación (r) entre el rendimiento de semilla y sus componentes en *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

Table 3. Correlation coefficient (r) between seed yield and its components in *Brachiaria brizantha* cv. Marandú

Yield components	Pure seed	Pure germinable seed
Number of panicles	- 0.0373 ^{ns}	0.0799 ^{ns}
Panicle length	0.1274 ^{ns}	0.0322 ^{ns}
Seeds harvested per panicle	0.4224 [*]	0.3192 ^{ns}
1,000 seed weight	0.4970 [*]	0.4267 [*]
Pure seed percentage	0.8114 ^{***}	0.5544 ^{**}
Abscission rate	- 0.5789 ^{**}	- 0.4170 [*]

* = $P < 0.05$; ** = $P < 0.01$; *** = $P < 0.001$; ns = non significant.

ha⁻¹ increased with plant spacing and the greater panicle density (1,770 panicles ha⁻¹) was found at 1.5 m distance between plants⁽²⁰⁾.

Not having a significant response in panicles m⁻² to plant spacing could be due to a decrease in plant density as distance between plants increased. Even though number of panicles per plant increased with plant spacing, the number of panicles m⁻² was similar for all treatments. On the other hand, in both the broadcast and 25*25 cm treatments the number of panicles was less than in greater distances. In the present study, the number of panicles per plant increased with plant spacing ($P < 0.01$), from 2.07 panicles per plant for the broadcast to 189.0 panicles for the 125*125 cm treatment (data not included). Other authors⁽⁵⁾ point out that plant density is positively associated to stalk density, while fertile stalk density is associated negatively to total stalk density, which suggests that at high plant densities the number of inflorescences m⁻² is lower owing to a greater competition for light, water and nutrients between plants; besides, at higher plant densities stalks are thinner and lighter. On the contrary, lower plant densities cause weed problems and waste of land⁽²⁴⁾, affecting yield. However, low plant densities combined to optimal plant spacing allows a better light supply, thus fostering the flowering of stalks, and also less competition between plants for both

Diferentes respuestas de la distancia entre líneas y plantas en la densidad de panículas por unidad de superficie fueron reportadas para otras especies de gramíneas. Por ejemplo, en *P. atratum* se reportó que la mayor cantidad de panículas por unidad de superficie se logró con la distancia 75x75 entre surcos y plantas, respectivamente⁽⁷⁾; mientras que en *P. maximum* var. Común se incrementó el número de panículas ha⁻¹ conforme se aumentó la distancia entre plantas, donde el número mayor de panículas (1, 770 panículas ha⁻¹) se logró con 1.5 m entre plantas⁽²⁰⁾.

La falta de respuesta significativa de la distancia entre plantas en el número de panículas m⁻², se debió a la disminución del número de plantas m⁻² conforme se aumentó la distancia entre plantas. Se observó que el número de panículas por planta fue mayor en las distancias más amplias; sin embargo, al haber menor número de plantas, el número de panículas m⁻² fue similar a los demás tratamientos. En cambio, en la siembra al voleo y distancia 25x25 el número de panículas por planta fue menor, en comparación a las distancias mayores, pero al haber mayor número de plantas por superficie el número de panículas m⁻² fue similar a las distancias más amplias. En el presente estudio, se encontró que el número de panículas por planta fue mayor a medida que se incrementó la distancia entre plantas ($P < 0.01$), con valores de 2.07 panículas por planta en la siembra al voleo hasta 189.0 panículas por planta en la distancia 125x125 cm (dato no incluido).

Otros autores⁽⁵⁾ señalaron que la densidad de plantas está asociada positivamente con la densidad de tallos, mientras que la densidad de tallos fértiles está negativamente relacionada con la densidad total de tallos, lo que indica que a altas densidades de plantas el número de inflorescencias m⁻² es menor, debido a mayor competencia por luz, humedad y nutrientes entre plantas; además, en altas densidades de plantas los tallos son más delgados y de menor peso. Contrariamente, las densidades bajas provocan problemas de malezas y desperdicio de terreno⁽²⁴⁾, con lo que se disminuye el rendimiento; sin embargo, con bajas densidades de plantas y una óptima distancia entre líneas y plantas se proporciona

water and nutrients, besides improving weed control and easing seed harvest⁽⁵⁾. In the present study, broadcast planting accelerated 5 d both anthesis and seed maturity when compared to the other treatments, corroborating what is affirmed by other authors⁽⁵⁾, who confirm that high plant density promotes an early emergence of inflorescences, which promptly reach anthesis and maturity, indicating a better flowering synchronization⁽⁵⁾ that increases seed yields. This same response was observed by other authors⁽²⁵⁾ who found in *C. ciliaris* increased delay in both flowering and seed maturity as row width and fertilizer level raised. Therefore, maximum seed yields can be obtained by means of an optimal plant density. In the present study, the optimal plant density found for producing pure seed and pure germinable seed in Insurgente grass cv. Marandú was 160,000 plants ha⁻¹, equivalent to a 25*25 cm row width and plant distance, respectively.

Although a positive effect between plant spacing and panicle length, results were not consistent, as most of the greater values were found in the broadcast and 125*125 cm treatments (13.2 and 15.6 cm, respectively). These results differ with those mentioned in literature that state that inflorescence size is inversely correlated to plant density. For example, the larger inflorescence was found in *P. stratum*⁽⁷⁾ at the 100*100 cm row and plant spacing, respectively, which was the largest spacing evaluated. Also, in *C. ciliaris*⁽⁸⁾ a larger panicle was observed when row width increased, and the largest at the 75 cm spacing. However, other authors^(10,20,25) report that plant spacing did not show significant effects on panicle length of tropical forage grasses. It is mentioned that inflorescence size is dependent on the initial size of the stem apex, on metabolite supply and on competition between the apex and other reproductive sites in plants⁽⁵⁾. In the present study, inconsistency in results on panicle length could be due to plant management or to sampling mistakes. In the broadcast and 25*25 cm plots, from the uniformity cut onwards, the 1 m² useful plot was delimited with a rope tied to 4 stakes, which prevented plant and panicle lodging, but in the other treatments, panicle lodging was observed, especially in the

mejor luz para la floración de tallos y se reduce la competencia entre plantas, ya que se asegura mejor suministro de humedad y nutrientes, además se facilita el control de malezas y la cosecha de semilla⁽⁵⁾. En este estudio, se observó que con la siembra al voleo se adelantó la antesis y maduración de la semilla por más de 5 días, en comparación con las demás distancias evaluadas, corroborándose lo mencionado por otros autores⁽⁵⁾, quienes indicaron que las altas densidades de plantas promueven la aparición temprana de inflorescencias, las cuales llegan a la antesis y maduran rápidamente, indicando mejor sincronización de la floración⁽⁵⁾, lo que ocasiona un mayor rendimiento de semilla. Esta misma respuesta fue observada por otros investigadores⁽⁷⁾, quienes encontraron, en *C. ciliaris*, un retraso de la floración y maduración de la semilla conforme se incrementó el espacio entre líneas y nivel de fertilización. Por tanto, la obtención de rendimientos máximos de semilla, se puede lograr mediante la densidad óptima de plantas. En el presente estudio, se encontró que la densidad óptima de plantas para producir semilla pura y semilla pura germinable de pasto Insurgente cv. Marandu es de 160,000 plantas ha⁻¹, la cual se obtiene con una distancia de 25x25 entre líneas y plantas, respectivamente.

Aunque se encontró efecto positivo de la distancia entre plantas en la longitud de panícula, se observó inconsistencia en los resultados, ya que los mayores valores se obtuvieron con la siembra al voleo y la distancia 125x125 (16.2 y 15.6 cm, respectivamente). Estos resultados difieren con los mencionados en la literatura de que la densidad de plantas está negativamente correlacionada con el tamaño de inflorescencia. Por ejemplo, en *P. atratum*, se encontró que el mayor tamaño de inflorescencia ocurrió en la mayor distancia evaluada 100x100 cm entre líneas y plantas, respectivamente⁽⁷⁾; mientras que en *C. ciliaris*, se observó que el tamaño de panícula fue mayor a medida que se incrementó la distancia entre hileras, donde el máximo tamaño ocurrió a 75 cm entre líneas⁽⁸⁾. Sin embargo, otros investigadores^(10,20,25), reportaron que la distancia entre plantas no tuvo efecto significativo en la longitud de panícula de gramíneas forrajeras tropicales. Se ha indicado que el tamaño de

first to emerge. Regarding this, it is mentioned that seed yield is more influenced by the first inflorescences, being larger and containing more pure seeds, when compared to later emerging inflorescences. In the present study, the longer panicles has more seed when compared to shorter panicles, a fact that is reported by other authors^(7,8,26), who mention that larger inflorescences produce more seeds.

Overall, results obtained in the present study show that the 25*25 cm spacing produced the larger amount of both pure and germinable pure seed, due to a greater number of filled seeds (29.8 % purity), higher 1,000 seed weight (7.61 g), lower abscission (14.5 %) and a larger number of panicles compared to the broadcast treatment (142 vs 118 panicles m⁻², respectively). All this confirms that with an optimal plant spacing the amount of seeds with caryopsides, seed weight, number of seeds harvested per panicle and panicles m⁻² increase, and therefore seed production increases too.

Regarding seed physical quality, plant distance influenced both 1,000 seed weight and pure seed percentage. The greater values for these parameters were obtained at the 25*25 cm spacing, in coincidence with a larger pure seed yield, which indicates that seed yield is a function of seeds containing caryopsides (pure seed) and of seed weight (Table 3). On this matter a positive effect of plant density on seed physical purity percentage is mentioned for other tropical forage grasses, *P. atratum*⁽⁷⁾ and *B. decumbens* cv. Basilisk⁽¹⁰⁾ where plant density affected 1,000 seed weight. In the present study, greater lodging was observed in the larger distances. Therefore, reduction in pure seed percentage and 1,000 seed weight observed as plant distance increased was attributed to seed abscission due to panicle lodging. Regarding this, it is mentioned that the first seeds to fall are those heavier and more mature⁽⁵⁾, so pure seed yield drops. The larger pure seed percentage and greater 1,000 seed weight found in the 25*25 cm spacing are reflected in a larger seed yield.

Although no significant effect of plant spacing on seed germination was observed, a 22 % on average germination rate in all plant distances was seen

inflorescencia depende del tamaño inicial del ápex del tallo, suministro de metabolitos y competencia del ápex con otros sitios reproductivos dentro de la planta⁽⁵⁾. En este estudio, la inconsistencia de resultados en longitud de panícula pudo deberse a las prácticas de manejo utilizadas, o bien, a errores de muestreo; en la siembra al voleo y distancia 25x25, desde el inicio del corte de uniformidad se delimitó la parcela útil de 1 m² con un lazo amarrado a cuatro estacas, con ello, se evitó el acame de tallos y panículas, a diferencia de los demás tratamientos, donde se observó acame, principalmente, de las primeras panículas formadas. Al respecto, se ha indicado que las primeras inflorescencias que se forman contribuyen más al rendimiento de semilla, ya que son de mayor tamaño, contienen mayor número de semillas y mayor cantidad de semillas puras, en comparación con las que emergen tardíamente⁽⁵⁾. En el presente estudio, se observó que las panículas de mayor longitud, tuvieron un número mayor de semillas, en comparación con las más cortas, lo cual coincide con lo observado por otros autores^(7,8,26), quienes reportaron que las inflorescencias de mayor tamaño produjeron mayor cantidad de semillas.

En general, los resultados obtenidos en el presente estudio, indican que la distancia 25x25 fue el tratamiento que presentó el mayor rendimiento de semilla pura y semilla pura germinable, debido a un mayor número de semillas llenas (29.8 % de pureza), mayor peso de 1,000 semillas (7.61 g), menor porcentaje de dehiscencia (14.5 %) y mayor número de panículas en comparación con la siembra al voleo (142 vs 118 panículas m⁻², respectivamente). Lo anterior indica que con una densidad óptima de plantas, se aumentan el porcentaje de semillas con cariósido, peso de la semilla, número de semillas cosechadas por panícula y número de panículas m⁻² y, en consecuencia, la semilla que se produce y cosecha es mayor.

En cuanto a la calidad física de la semilla, se observó que la distancia entre plantas influyó en el porcentaje de semilla pura y el peso de 1,000 semillas, donde los valores más altos se obtuvieron con la distancia 25x25 cm, coincidiendo con el mayor rendimiento de semilla pura, lo que indica

when compared to the broadcast treatment. Other authors⁽¹⁰⁾ report similar findings for seed germination in *B. decumbens* cv. Basilisk. However, some authors report that plant spacing increased seed germination rate in *C. ciliaris*⁽⁸⁾ and *P. maximum* cv. Común⁽²⁰⁾. This discrepancy could be due to several factors, as forage species, harvest date, storing period and conditions, germination rate methodology, post harvest management and weather at the production and storage periods.

Based on results obtained in the present study, it is concluded that plant spacing affects seed yield and also that the maximum yield was obtained at the 25*25 cm spacing between rows and plants, respectively. Increases in seed yield can be attributed to larger pure seed percentage, greater seed weight and lower seed abscission. Seed physiological quality, as defined by germination, did not improve significantly in any of the evaluated treatments. From a seed production angle, the 25*25 cm plant spacing is recommended for obtaining larger yields, however further studies should be performed in *B. brizantha* and other species for identifying more precisely an optimal plant spacing.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors wish to thank Universidad del Papaloapan (UNPA) and Laboratorio de Semillas del Colegio de Postgraduados for their support.

End of english version

que este rendimiento de semilla está en función del número de semillas con cariósido (semilla pura) y al mayor peso de las mismas. Al respecto, en otras especies de gramíneas forrajeras tropicales tales como *P. atratum*⁽⁷⁾ y *B. decumbens* cv. Basilisk⁽¹⁰⁾, se reportó un efecto positivo de la densidad de plantas en el porcentaje de pureza física de la semilla. El efecto positivo de la distancia entre plantas en el peso de 1,000 semillas, encontrado en el presente estudio, concuerda con los resultados

reportados para las especies *P. atratum*⁽⁷⁾ y *C. ciliaris*⁽⁸⁾, donde se encontró que la densidad de plantas aumentó el peso de 1,000 semillas. En el presente estudio, se observó mayor acame de tallos y panículas en las distancias más amplias entre plantas. Por tanto, la disminución del porcentaje de semilla pura y peso de 1,000 semillas conforme se aumentó la distancia entre plantas, se atribuyó al mayor porcentaje de dehiscencia de semillas por efecto de acame. Al respecto, se ha indicado que las primeras semillas que se desprenden son las más maduras y las de mayor peso⁽⁵⁾, y en consecuencia el rendimiento de semilla pura es menor. El mayor porcentaje de semilla pura y mayor peso de 1,000 semillas obtenidos con la distancia 25x25, se reflejó en un mayor rendimiento de semilla.

Aunque no hubo efecto significativo de la distancia entre plantas en la germinación de la semilla, se observó que todas las distancias de plantas presentaron, en promedio, más del 22 % de germinación, en comparación con la siembra al voleo. Otros autores⁽¹⁰⁾ también reportaron ausencia de efecto de la distancia de plantas en la germinación de semillas de *B. decumbens* cv. Basilisk. Sin embargo, otros estudios indican que la densidad de plantas incrementó el porcentaje de germinación de las semillas en *C. ciliaris*⁽⁸⁾ y *P. maximum* cv. Común⁽²⁰⁾. La discrepancia de resultados en la germinación de la semilla por efecto de la densidad de plantas puede deberse a varios factores, tales como especie forrajera, momento de cosecha, período y condiciones de almacenamiento, metodología utilizada en su determinación, manejo postcosecha de la semilla y a las condiciones climáticas ocurridas durante el proceso de producción y almacenamiento.

Con base en los resultados obtenidos se concluye que la distancia entre plantas tuvo efecto en el rendimiento de semilla; y el rendimiento máximo se obtuvo con la distancia 25x25. El incremento en el rendimiento de semilla, se atribuyó al mayor porcentaje de semilla pura, mayor peso de la semilla y menor porcentaje de dehiscencia. La calidad fisiológica de la semilla, en términos de germinación, no fue significativamente mejorada

por ninguno de los tratamientos evaluados. Desde el punto de vista de la producción de semillas se recomienda la distancia 25x25 cm entre líneas y plantas, respectivamente; sin embargo, se sugiere continuar con este estudio en ésta y otras especies, con la finalidad de determinar con mayor precisión la distancia de plantas óptima a utilizar.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad del Papaloapan (UNPA) y al Laboratorio del Programa de Semillas del Colegio de Postgraduados por el apoyo brindado en la realización de esta investigación.

LITERATURA CITADA

1. Gerdes L, Werner JC, Colozza MT, Duarte de CD, Aparecida SE. Avaliação de características agrônomicas e morfológicas das gramíneas forrageiras Marandu, Setária e Tanzânia aos 35 dias de crescimento nas estações do ano. Rev Bras Zootec 2000;29(4):947-954.
2. Yuseika O, Machado R, Del Pozo PP. Características botánicas y agronómicas de especies forrajeras importantes del género *Brachiaria*. Pastos y Forrajes 2006;29(1):5-29.
3. Meléndez NF. Nuevos pastos para áreas inundables de la costa de Tabasco: orientación para su siembra. INIFAP-CIRGOC. Tabasco, México. Folleto técnico para productores No. 31. 1994.
4. Boonman JG. Producción de semillas de pastos tropicales en África, con referencia especial en Kenya. En: Tergas LE, Sánchez PA editores. Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1978:385-402.
5. Humphreys LR, Riveros F. Tropical pasture seed production. FAO. Plant Production and Protection Paper 8. Rome, Italy; 1986.
6. Pérez A, Matías C, González Y, Alonso O. Tecnologías para la producción de semillas de gramíneas y leguminosas tropicales. Pastos y Forrajes 1997;20(1):21-44.
7. Phaikaew C, Khemsawat C, Tudsri S, Ishii Y, Numaguchi H, Tsuzuki E. Effects of plant spacing and sowing time on seed yield and seed quality of *Paspalum atratum* in Thailand. Trop Grassl 2001;35(3):129-138.
8. Kumar D, Dwivedi GK, Singh SN. Seed yield and quality of buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) as influenced by row spacing and fertilizer level. Trop Grassl 2005;39(2):107-111.
9. Humphreys LR, Davidson DE. Some aspects of pasture seed production. Trop Grassl 1967;1(1):84-87.
10. Matías C, Ruz V. Efecto de la densidad y distancia de siembra sobre la producción de semilla de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk. Pastos y Forrajes 1992;15(3):219-224.

11. Crowder LV, Chheda HR. Tropical grassland husbandry. 1st ed. Longman Group Limited. London and New York: Longman Inc; 1982.
12. Medina LJB. Efecto de la fertilización nitrogenada, fosfatada y densidad de población sobre la producción de sorgo forrajero bajo riego [tesis licenciatura]. Edo. de México, México: Universidad Autónoma Chapingo; 1982.
13. Fuerza Aérea Mexicana. Estadística meteorológica mensual. Dirección de Servicio Meteorológico. Estación Loma Bonita, Oaxaca, México. 2007.
14. Ferguson JE. Sistemas de producción de semillas para especies de pastos en América Tropical. En: Tergas LE, Sánchez PA editores. Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1978:413-424.
15. Carmo MADo, Nascimento DJrDo, Mantorani EA. Efecto de la fertilización nitrogenada y la época de cosecha en la producción y la calidad de semillas de *Brachiaria decumbens*. Pasturas Trop 1988;10(2):19-22.
16. Chadhokar PA, Humphreys LR. Influence of time and level of urea application on seed production of *Paspalum plicatulum* at Mt Cotton, South-eastern Queensland. Aust J Exp Agric Anim Husb 1973;13(62):275-283.
17. ISTA (International Seed Testing Association). International rules of seed testing. Seed Science and Technology (Suppl 33). Baseersdorf, CH-Swit, Switzerland. 2005.
18. Matías C, Bilbao B. Influencia del almacenamiento en la germinación de las semillas de algunos pastos tropicales. II. Almacenados al ambiente. Pastos y Forrajes 1985;8(1):53-63.
19. SAS INSTITUTE. User's guide. SAS Institute: Cary, NC; 1997.
20. Febles G, Ruiz TE, Padilla C, Pérez J, Aguilar M, Guizado I. Efecto de la densidad de plantas y la nutrición mineral en la producción de semillas de hierba de guinea var. Común (*Panicum maximum* Jacq). Rev Cub Cienc Agríc 1997;31(2):137-148.
21. Boonman JG. Experimental studies on seed production of tropical grasses in Kenya. 3. The effect of nitrogen and row width on seed crops of *Setaria sphacelata* cv. Nandi II. Neth J Agric Sci 1972;20(1):22-34.
22. Loch DS. Selection of environment and cropping system for tropical grass seed production. Trop Grassl 1980;14(3):159-168.
23. Hopkinson JM, English BH. Spikelet population dynamics in seed crops of *Panicum maximum* cv. Gatton. Seed Sci Technol 1982;10(3):379-403.
24. Njoka EM, Muraya M, Okumo M. Plant density and thinning regime effect on maize (*Zea mays*) grain and fodder yield. Aust J Agric 2005;44(12):1215-1219.
25. Sharma SK, Yadav MS, Rajora MP. Effect of row spacing and fertilizers on growth and seed yield in buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) var. CAZRI 75. Seed Res 2002;30(1):56-59.
26. Joaquín TBM, Joaquín CS, Hernández GA, Pérez PJ. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de semilla de pasto guinea. Téc Pecu Méx 2009;47(1):69-78.