

FORAGE PRODUCTION STABILITY OF ELEPHANT GRASS (*Pennisetum purpureum*) GENOTYPES IN CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ, BRAZIL

ESTABILIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE GENOTIPOS DE PASTO ELEFANTE (*Pennisetum purpureum*) EN CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ, BRASIL

Larissa S. A. Schneider¹, Rogério F. Daher¹, Geraldo A. Gravina¹, Juarez C. Machado², Bruna R. S. Menezes^{3*},
Liliane B. Sousa¹, Verônica B. Silva¹, Erina V. Rodrigues¹

¹Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brazil. ²Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG, Brazil. ³Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, Brazil. (brunarafamenezes@hotmail.com).

ABSTRACT

The elephant grass (*Pennisetum purpureum*) is a tropical perennial forage plant with high biomass production that adapts to various soil and climatic conditions in Brazil. Stability is defined as the consistency in performance of genotypes in different environments. The aim of the present study was to estimate stability parameters by the Eberhart and Russel method, and to select elephant grass genotypes with forage production stability and high-yield in Campos dos Goytacazes, RJ, Brazil. Five harvests were made for evaluation in two years. The experimental design was arranged as randomized blocks design, with 80 treatments and two replicates. After the individual analysis of variance for dry matter yield, a combined split-plot analysis was performed. Mean values from each harvest as well as overall means of the genotypes in the five harvests were grouped using the Scott-Knott test ($p \leq 0.05$). To obtain the estimates of stability over time, the method of Eberhart and Russell was used, considering the genotypes and successive harvests as environments. Genotypes Pasto Panamá, IJ 7136 cv. EMPASC 307, CAC-262, 02 AD IRI, 08 AD IRI, and Gigante de Pinda showed high forage production and phenotypic stability over the five harvests.

Key words: Genotype \times environment interaction, *Pennisetum purpureum*, dry matter yield, high-yield genotypes.

INTRODUCTION

Because of their high forage production, species such as elephant grass (*Pennisetum purpureum*) are of great importance in

* Autor responsable \diamond Author for correspondence.

Recibido: March, 2015. Aprobado: January, 2016.

Publicado como ARTICLE en *Agrociencia* 50: 693-700. 2016.

RESUMEN

El pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) es una planta forrajera perenne tropical con producción alta de biomasa que se adapta a diferentes condiciones edafoclimáticas en Brasil. La estabilidad se define como la consistencia en el rendimiento de los genotipos en ambientes diferentes. El objetivo del presente estudio fue estimar parámetros de estabilidad por el método de Eberhart y Russell, y seleccionar genotipos de pasto elefante con la estabilidad de la producción de forraje y de rendimiento alto en Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil. Cinco cosechas se realizaron en dos años de evaluación. El diseño experimental fue de bloques al azar, con 80 tratamientos y dos repeticiones. Después del análisis individual de la varianza del rendimiento de materia seca, se aplicó análisis de parcelas divididas. Los valores medios de cada cosecha y las medias de rendimiento de los genotipos en cinco cosechas se agruparon con la prueba de Scott-Knott ($p \leq 0.05$). Para obtener las estimaciones de la estabilidad en el tiempo se usó el método de Eberhart y Russell y los genotipos y cosechas sucesivas se consideraron como ambientes. Los genotipos Pasto Panamá, IJ 7136 cv. EMPASC 307, CAC-262, 02 AD IRI, 08 AD IRI y Gigante de Pinda mostraron producción alta de forraje y estabilidad fenotípica en las cinco cosechas.

Palabras clave: Interacción genotipo \times ambiente, *Pennisetum purpureum*, producción de materia seca, genotipos de producción alta.

INTRODUCCIÓN

Especies como el pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) tienen gran importancia para la producción de ganado debido a la producción alta de forraje (Pegoraro *et al.*, 2009). El pasto elefante

livestock production (Pegoraro *et al.*, 2009). The elephant grass is a highly variable, tropical perennial plant able to adapt to the oscillating climatic conditions prevailing in Brazil (Valle *et al.*, 2009). The productive potential of elephant grass fostered breeding programs for this species (Souza Sobrinho *et al.*, 2005).

The genetic diversity of elephant grass is high in biometric and molecular traits, and it can be used by breeding programs (Cavalcante and Lira, 2010). The evaluation and selection of superior materials for specific areas depend mainly on the genotype \times environment interaction (Silva *et al.*, 2010). Productivity, as well as most quantitative traits, is polygenic in nature and highly influenced by the environment. Therefore, the genotype \times environment interaction exerts a great influence on the expression of these traits (Schmidt *et al.*, 2011).

In experiments with successive harvests and periodic evaluations over time, important parameters such as stability can be estimated. The stability or performance consistency of genotypes through a range of environments, which can also be expressed as their lowest average variation, which is dependent on the predictability of genotype response (Cruz *et al.*, 2012). The method of Eberhart and Russell (1966) can be used to estimate the stability of each genotype in each environment, using linear regression analysis. This is computed as a single linear regression of the response variable for each genotype in each environment, weighted by the mean of each environment and by the overall mean (Ramos *et al.*, 2011).

The aim of this study was to estimate stability parameters by the Eberhart and Russell method (1966) and select elephant grass genotypes with forage production stability and high yield in Campos dos Goytacazes, RJ, Brazil.

MATERIALS AND METHODS

The experiment was conducted at Centro Estadual de Pesquisa em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos, Pesagro - RJ, located in Campos dos Goytacazes, RJ (21° 19' 23" S and 41° 19' 40" W; 13 m altitude). According to the Köppen (1948) classification, the climate is a hot and humid tropical Aw type, with annual precipitation at around 1152 mm. The soil was classified as a Distrophic Argisol (Embrapa, 2006), having: 18 mg dm⁻³ P₂O₅, 83 mg·dm⁻³ K₂O; 4.6 cmol_c dm⁻³ Ca;

es una planta perenne tropical, variable y capaz de adaptar a las condiciones climáticas cambiantes que prevalecen en Brasil (Valle *et al.*, 2009). El potencial productivo fomenta programas de mejoramiento para esta especie (Souza Sobrinho *et al.*, 2005).

La diversidad genética del pasto elefante es alta en caracteres biométricos y moleculares y se puede en usar programas de mejoramiento (Cavalcante y Lira, 2010). La evaluación y selección de materiales superiores para áreas específicas depende mayormente de la interacción del genotipo \times ambiente (Silva *et al.*, 2010). La productividad, como la mayoría de características cuantitativas, tiene naturaleza poligénica e influencia alta del ambiente. Por tanto, la interacción genotipo \times ambiente ejerce gran influencia en la expresión de estas características (Schmidt *et al.*, 2011).

En experimentos con cosechas sucesivas y evaluaciones periódicas en el tiempo se pueden estimar parámetros importantes como la estabilidad. La estabilidad o comportamiento del rendimiento de genotipos en varios ambientes, que también se pueden expresar como variación promedio baja, que depende de la predictibilidad de la respuesta del genotipo (Cruz *et al.*, 2012). El método de Eberhart y Russell (1966) se puede usar para estimar la estabilidad de cada genotipo en cada ambiente, con análisis de regresión lineal. Esto se calcula como regresión lineal simple de la variable respuesta para cada genotipo en cada ambiente, ponderado por el promedio de cada ambiente y el promedio general. (Ramos *et al.*, 2011).

El objetivo de este estudio fue estimar los parámetros de estabilidad con el método de Eberhart y Russell (1966) y seleccionar los genotipos de pasto elefante con estabilidad de producción de forraje y rendimiento alto en Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Centro Estatal de Investigación en Agroenergía y Aprovechamiento de Resíduos-Rio de Janeiro (Pesagro, por sus siglas en portugués), ubicado en Campos dos Goytacazes-RJ (21° 19' 23" S y 41° 19' 40" O; 13 m altitud). Según la clasificación de Köppen (1948), el clima es tipo Aw, caluroso y húmedo tropical, con precipitación anual cerca de 1152 mm. El suelo se clasificó como Argisol Distrofóico (Embrapa, 2006), con: P₂O₅ 18 mg dm⁻³, K₂O 83 mg dm⁻³, Ca 4.6 cmol_c dm⁻³, Mg 3.0 cmol_c dm⁻³, Al 0.1 cmol_c dm⁻³, H + Al 4.5 cmol_c dm⁻³; y C 1.6 %.

3.0 cmol_c dm⁻³ Mg; 0.1 cmol_c dm⁻³ Al; 4.5 cmol_c dm⁻³ H + Al and 1.6 % C.

The experimental design was a randomized complete block with 80 treatments (genotypes) and two replicates. Plot was a 5.5 m-long row with 2 m between rows, totaling 11 m². The dry matter yield (DMY) was calculated from the percentage of DM and tiller weight in 1.5 m of each plot. Results were converted to Mg ha⁻¹.

The elephant grass was planted in February 2011, and two complete harvests were made to standardize plant growth, in December 2011 and in March 2012. After the standardization, another five evaluation harvests were performed: two in the dry season (June and August, 2012) and three in the rainy season (October 2012 and February and May, 2013). Over this period, the following 80 genotypes were evaluated: (1) Elefante da Colômbia, (2) Mercker, (3) Três Rios, (4) Napier Volta Grande, (5) Mercker Santa Rita, (6) Pusa Napier N 2, (7) Gigante de Pinda, (8) Napier N 2, (9) Mercker S. E. A., (10) Taiwan A-148, (11) Porto Rico 534-B, (12) Taiwan A-25, (13) Albano, (14) Hib. Gigante Colômbia, (15) Pusa Gigante Napier, (16) Elefante Híbrido 534-A, (17) Costa Rica, (18) Cubano Pinda, (19) Mercker Pinda, (20) Mercker Pinda México, (21) Mercker 86 México, (22) Taiwan A-144, (23) Napier S. E. A., (24) Pusa Napier N 1, (25) Elefante de Pinda, (26) Mole de Volta Grande, (27) Napier, (28) Mercker Comum, (29) Teresópolis, (30) Taiwan A-46, (31) Duro de Volta Grande, (32) Turrialba, (33) Taiwan A-146, (34) Cameroon – Piracicaba, (35) Taiwan A-121, (36) Vruckwona, (37) P241 Piracicaba, (38) IAC-Campinas, (39) Elefante C. Itap., (40) Capim Cana D'África, (41) Gramafante, (42) Roxo, (43) Guaçu/I.Z.2, (44) Cuba-115, (45) Cuba-116, (46) Cuba-169, (47) King Grass, (48) Roxo Botucatu, (49) Mineirão IPEACO, (50) Vruckwona Africano, (51) Cameroon, (52) CPAC, (53) Guaçu, (54) Napierzinho, (55) EMPASC 308, (56) EMPASC 310, (57) EMPASC 309, (58) IJ 7136 cv. EMPASC 307, (59) IJ 7139, (60) EMPASC 306, (61) Goiano, (62) CAC-262, (63) Ibitinema, (64) Australiano, (65) 13 AD, (66) 10 AD IRI, (67) 07 AD IRI, (68) Pasto Panamá, (69) BAG - 92, (70) 09 AD IRI, (71) 11 AD IRI, (72) 06 AD IRI, (73) 01 AD IRI, (74) 04 AD IRI, (75) 13 AD IRI, (76) 03 AD IRI, (77) 02 AD IRI, (78) 08 AD IRI, (79) BAG UENF 79, and (80) BAG UENF 80.

An ANOVA was run for each variable in each harvest (environment). After checking the homogeneity of residual variances, a split-plot combined analysis was performed, considering genotypes as factor A and harvests as factor B. The following model was utilized:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + b_k + \alpha b_{ik} + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

El diseño experimental fue de bloques al azar, con 80 tratamientos y dos repeticiones. La parcela fue una fila de 5.5 m con 2 m entre cada fila, y 11 m² totales. El rendimiento de la materia seca (DMY) del porcentaje de MS y peso del macollo en 1.5 m de cada parcela. Los resultados se convirtieron a Mg ha⁻¹.

El pasto elefante se sembró en febrero de 2011 y se realizaron dos cosechas completas, para estandarizar el crecimiento de la planta, en diciembre 2011 y en marzo de 2012. Después del periodo de estandarización se realizaron otras cinco cosechas: dos en la época seca (junio y agosto de 2012) and tres en la época de lluvias (octubre de 2012 y febrero y mayo de 2013). En este periodo se evaluaron los siguientes 80 genotipos: (1) Elefante de Colombia, (2) Mercker, (3) Três Rios, (4) Napier Volta Grande, (5) Mercker Santa Rita, (6) Pusa Napier N 2, (7) Gigante de Pinda, (8) Napier N 2, (9) Mercker S. E. A., (10) Taiwan A-148, (11) Puerto Rico 534-B, (12) Taiwan A-25, (13) Albano, (14) Hib. Gigante Colômbia, (15) Pusa Gigante Napier, (16) Elefante Híbrido 534-A, (17) Costa Rica, (18) Cubano Pinda, (19) Mercker Pinda, (20) Mercker Pinda México, (21) Mercker 86 México, (22) Taiwan A-144, (23) Napier S.E.A., (24) Pusa Napier N 1, (25) Elefante de Pinda, (26) Mole de Volta Grande, (27) Napier, (28) Mercker Comum, (29) Teresópolis, (30) Taiwan A-46, (31) Duro de Volta Grande, (32) Turrialba, (33) Taiwan A-146, (34) Cameroon – Piracicaba, (35) Taiwan A-121, (36) Vruckwona, (37) P241 Piracicaba, (38) IAC-Campinas, (39) Elefante C. Itap., (40) Capim Cana D'África, (41) Gramafante, (42) Roxo, (43) Guaçu/I.Z.2, (44) Cuba-115, (45) Cuba-116, (46) Cuba-169, (47) King Grass, (48) Roxo Botucatu, (49) Mineirão IPEACO, (50) Vruckwona Africano, (51) Cameroon, (52) CPAC, (53) Guaçu, (54) Napierzinho, (55) EMPASC 308, (56) EMPASC 310, (57) EMPASC 309, (58) IJ 7136 cv.EMPASC 307, (59) IJ 7139, (60) EMPASC 306, (61) Goiano, (62) CAC-262, (63) Ibitinema, (64) Australiano, (65) 13 AD, (66) 10 AD IRI, (67) 07 AD IRI, (68) Pasto Panamá, (69) BAG - 92, (70) 09 AD IRI, (71) 11 AD IRI, (72) 06 AD IRI, (73) 01 AD IRI, (74) 04 AD IRI, (75) 13 AD IRI, (76) 03 AD IRI, (77) 02 AD IRI, (78) 08 AD IRI, (79) BAG UENF 79, and (80) BAG UENF 80.

Un ANDEVA se realizó para cada variable en cada cosecha (ambiente). Después de comprobar la homogeneidad de varianzas residuales, se realizó un análisis combinado de parcela dividida, considerando como factor A los genotipos y como factor B las cosechas. El modelo usado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + b_k + \alpha b_{ik} + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

donde Y_{ijk} = valor observado en subparcela i, j, k ; μ = constante inherente a cada observación; α_i = i -th nivel de factor A ($i = 1, 2, \dots, I$); b_k = effect of block k ($k = 1, 2, \dots, K$); αb_{ik} = error experimental

where Y_{ijk} = value observed in subplot i, j, k ; μ = a constant inherent to every observation; α_i = i -th level of factor A ($i = 1, 2, \dots, I$); b_k = effect of block k ($k = 1, 2, \dots, K$); αb_{ik} = experimental error at the plot level; β_j = effect of the j -th level of factor B ($j = 1, 2, \dots, J$); αb_{ij} = effect of the interaction between factors A and B; ε_{ijk} = experimental error at the subplot level. The mean value in each harvest as well as the overall means of the genotypes in the five harvests were grouped using the Scott-Knott test ($p \leq 0.05$).

The method of Eberhart and Russell (1966) was used to obtain stable estimates, considering the genotypes and successive harvests as evaluation environments. The model used by Eberhart and Russell (1966) is described below:

$$Y_{ij} = \mu_i + \beta_i I_j + \delta_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

where Y_{ij} = performance of genotype i in environment j ; μ_i = overall mean; β_i = regression coefficient, which describes the response of the variation of genotype i at harvest j ; I_j = coded environmental index; δ_{ij} = deviation from the regression of genotype i in environment j ; ε_{ij} = mean experimental error. Student's t was performed to test the hypotheses $H_0: b_i = 1$ and $H_0: b_i = 0$. The hypothesis $H_0: \sigma^2_{di} = 0$ was evaluated by the F test. Analyses were performed with Genes computer software (Cruz, 2013).

RESULTS AND DISCUSSION

The source of variation genotype was significant (F ; $p \leq 0.05$), and the sources of variation harvest and genotype \times harvest were also significant (F ; $p \leq 0.01$) (Table 1). Thus, the significance of the interaction supports the study of adaptability and stability to identify genotypes with predictable performance and high yield.

The significant interaction between genotype and harvest showed that the response of genotypes is not consistent throughout successive harvests; in other words, there are differences between their means in the evaluation of their performance over the five harvests. As it is a perennial crop, the elephant grass should be productive throughout its cultivation, so although there was a significant genotype \times harvest interaction, what matters for the producer is that the genotypes have high performance over the harvests (Souza Sobrinho *et al.*, 2005).

The results show genotypes with the highest DM yield (above 5.5 Mg ha⁻¹) in the overall mean of the 80 genotypes from the five harvests. These genotypes

al nivel de parcela; β_j = efecto del nivel j -th del factor B ($j = 1, 2, \dots, J$); αb_{ij} = efecto de la interacción entre factores A y B; ε_{ijk} = error experimental al nivel subparcela. El valor promedio en cada cosecha y los promedios generales de los genotipos en las cinco cosechas se agruparon con la prueba Scott-Knott ($p \leq 0.05$).

El método de Eberhart y Russell (1966) se usó para obtener estimados estables, considerando los genotipos y cosechas sucesivas como ambientes de evaluación. El método usado por Eberhart and Russell (1966) se describe aquí:

$$Y_{ij} = \mu_i + \beta_i I_j + \delta_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

donde Y_{ij} = rendimiento de genotipo i en ambiente j ; μ_i = promedio en general; β_i = coeficiente de regresión, el cual describe la respuesta de la variación de genotipo i a cosecha j ; I_j = índice ambiente codificado; δ_{ij} = desviación de la regresión del genotipo i en ambiente j ; ε_{ij} = promedio de error experimental. La prueba Student se usó para probar el hipótesis $H_0: b_i = 1$ y $H_0: b_i = 0$. La hipótesis $H_0: \sigma^2_{di} = 0$ se evaluó con la prueba F. Los análisis se hicieron con el software Genes (Cruz, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La fuente de la variación de genotipo fue significativa (F ; $p \leq 0.01$), y las fuentes de variación cosecha y genotipo \times cosecha fueron, (Cuadro 1). Así, la significancia de la interacción apoya el estudio de adaptabilidad y estabilidad para identificar genotipos con rendimiento predecible y producción alta.

La interacción significativa entre el genotipo y la cosecha mostraron que la respuesta del genotipo no se mantiene en las cosechas sucesivas; es decir, hay diferencias entre la evaluación de sus promedios en rendimiento en las cinco cosechas. Como es un cultivo perenne, el pasto elefante debe ser productivo durante su cultivo. Aunque hubo una interacción significativa de genotipo \times cosecha, lo que importa al productor es que el genotipo tenga rendimiento alto en las cosechas (Souza Sobrinho *et al.*, 2005).

Los resultados muestran genotipos con el rendimiento de MS más alto (más de 5.5 Mg ha⁻¹) en el promedio total de los 80 genotipos de las cinco cosechas. Estos genotipos fueron: Elefante da Colombia (1), Gigante de Pinda (7), Hib. Gigante Colombia (14), Elefante de Pinda (25), P241 Piracicaba (37), Gramafante (41), Guaçu/I.Z.2 (43), Vruckwona Africano (50), CPAC (52), EMPASC 309 (57), IJ 7136 cv. EMPASC 307 (58), CAC-262 (62),

Table 1. Summary of the analyses of variance for dry matter yield (DMY), in Mg ha⁻¹, in the evaluation of 80 elephant grass genotypes over five harvests (different harvests were considered environments) (Campos dos Goytacazes, RJ, 2012/2013).

Cuadro 1. Resumen del análisis de varianza del rendimiento de materia seca (DMY), en Mg ha⁻¹, de 80 genotipos de pasto elefante en cinco cosechas (las diferentes cosechas se consideraron ambientes) (Campos dos Goytacazes, RJ, 2012/2013)

Source of variation	D.F	S.Q.	Mean Squared	F
Blocks	1	0.836	0.836	
Genotype	79	727.033	9.203	1.176 [†]
Error a	79	422.039	5.342	
Cut	4	3409.256	852.315	17.065 [†]
Error b	4	178.825	44.705	
G x C	316	1720.258	5.444	1.561 [†]
Error c	316	1101.929	3.487	
Residue	320	1280.755	4.002	
Total	799	7560.179		

[†]Significant $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$ % probability level, respectively, according to the F test ♦ [†]Significativo a $p \leq 0.01$ y $p \leq 0.05$ %, nivel de probabilidad, respectivamente según la prueba F.

were: Elefante da Colômbia (1), Gigante de Pinda (7), Hib. Gigante Colômbia (14), Elefante de Pinda (25), P241 Piracicaba (37), Gramafante (41), Guaçu/I.Z.2 (43), Vruckwona Africano (50), CPAC (52), EMPASC 309 (57), IJ 7136 cv. EMPASC 307 (58), CAC-262 (62), Australiano (64), Pasto Panamá (68), 02 AD IRI (77), and 08 AD IRI (78). The genotype with the highest overall mean was 68 (Pasto Panamá), with 8.4 Mg ha⁻¹ (Table 2; Figure 1).

The method of Eberhart and Russell (1966), evaluated the individual performance of elephant grass genotypes in response to temporal variations, by analyzing the harvests. This information is important in breeding programs because it allows the selection of genotypes with predictable responses (Souza Júnior *et al.*, 2002). According to Cunha *et al.* (2013), the different methods to estimate forage production stability in *Pennisetum* spp. allow a better characterization of productive performance and, therefore, greater safety during selection.

Genotypes 68 (Pasto Panamá), 58 (IJ 7136 cv. EMPASC 307), 62 (CAC-262), 77 (02 AD IRI), 78 (08 AD IRI), and 7 (Gigante de Pinda) formed the group with the highest overall mean for DM yield, desirable regression coefficients, and σ^2_{di} not significant by the F test (Table 2). These results show that these six genotypes are able to respond to a favorable environment and have high yield capacity in adverse environmental conditions (Peluzio *et al.*

Australiano (64), Pasto Panamá (68), 02 AD IRI (77), and 08 AD IRI (78). El genotipo con el promedio total más alto fue 68 (Pasto Panamá), con 8.4 Mg ha⁻¹ (Cuadro 2; Figura 1).

El método de Eberhart y Russell (1966) evaluó el rendimiento individual de los genotipos del pasto elefante en respuesta a variaciones temporales con el análisis de cosechas. Esta información es importante en programas de mejoramiento porque permite la selección de genotipos con respuestas predecibles (Souza Júnior *et al.*, 2002). Según Cunha *et al.* (2013), diferentes métodos para estimar la estabilidad de la producción en forraje en *Pennisetum* spp. permite caracteriza mejor el rendimiento productivo y, por tanto, más seguridad durante la selección.

Genotipo 68 (Pasto Panamá), 58 (IJ 7136 cv. EMPASC 307), 62 (CAC-262), 77 (02 AD IRI), 78 (08 AD IRI), y 7 (Gigante de Pinda) formaron el grupo con el promedio general mayor para el rendimiento de MS, coeficientes de regresión deseables, y σ^2_{di} no significativo con la prueba F (Cuadro 2). Estos resultados muestran que los seis genotipos pueden responder a ambiente favorable y tienen capacidad de rendimiento alto en condiciones ambientales adversas (Peluzio *et al.* 2010). Los genotipos 43 (Guaçu/I.Z.2), 25 (Elefante de Pinda), and 41 (Gramafante) mostraron rendimiento de MS alto, coeficientes de regresión deseables, pero significantes en β_1 y σ^2_{di} ($p \leq 0.05$ y $p \leq 0.01$).

Table 2. Arrangement of the most productive elephant grass genotypes ordered by overall means for dry matter yield (\bar{Y}_i), in Mg ha⁻¹, and estimate of stability parameters (β_i and σ^2_{di}) proposed by Eberhart and Russell (1966), in five evaluation harvests (environments) (Campos dos Goytacazes, RJ, 2012/2013).

Cuadro 2. Arreglo de los genotipos de pasto elefante más productivos ordenados por medias de rendimiento de materia seca total (\bar{Y}_i), en Mg ha⁻¹, y la estimación de los parámetros de estabilidad (β_i and σ^2_{di}) propuestos por Eberhart y Russell (1966), en cinco cosechas (ambientes) de evaluación (Campos dos Goytacazes, RJ, 2012/2013).

Genotype	\bar{Y}_i	β_i	σ^2_{di}	Genotype	\bar{Y}_i	β_i	σ^2_{di}
68	8.4	1.6349 [‡]	0.0360 [§]	41	5.8	1.8456 [†]	3.8708 [‡]
58	7.1	1.5571 [‡]	-1.3059 [§]	77	5.8	1.6890 [‡]	1.4152 [§]
43	6.7	1.9669 [†]	8.0959 [†]	14	5.7	1.1512 [§]	-0.0160 [§]
1	6.3	1.1783 [§]	4.4353 [‡]	50	5.5	1.0062 [§]	4.9344 [‡]
57	6.3	1.2486 [§]	-1.1091 [§]	52	5.5	1.0287 [§]	1.0779 [§]
25	6.2	1.6415 [‡]	2.9670 [‡]	62	5.5	1.3661 [§]	-1.4491 [§]
37	6.1	1.1540 [§]	-1.3753 [§]	78	5.5	2.0484 [†]	2.1703 [§]
64	5.9	1.3643 [§]	-1.1791 [§]	7	5.5	1.6625 [‡]	2.5256 [§]

[†] Significant at p≤0.05 % ♦ Significativo a p≤0.05 %.

[‡] Significant at p≤0.01 % ♦ Significativo a p≤0.01 %

[§] Not significant (t test), respectively ♦ No significativo (prueba t), respectivamente.

2010). Genotypes 43 (Guaçu/I.Z.2), 25 (Elefante de Pinda), and 41 (Gramafante) showed high DM yield, desirable regression coefficients, but significant β_i and σ^2_{di} (p≤0.05 and p≤0.01).

El genotipo Gramafante (41) mostró un rendimiento de MS (DMY) de 14 Mg ha⁻¹, uno de los más altos (Cuadro 3; Figura 1). Genotipos 43 (Guaçu/I.Z.2) y 78 (08 AD IRI) tuvieron un DMY

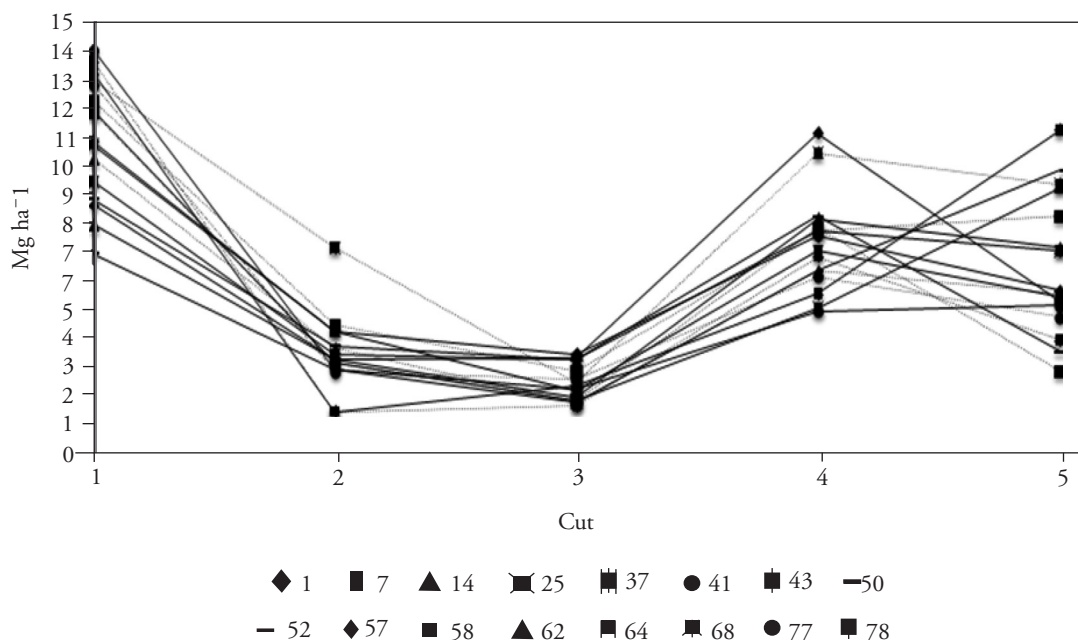


Figure 1. Dry matter yield of the most productive genotypes (Campos dos Goytacazes, RJ, 2012/2013).

Figura 1. Rendimiento de materia seca de los genotipos más productivos (Campos dos Goytacazes, RJ, 2012/2013).

Genotype Gramafante (41) showed a DMY of 14 Mg ha⁻¹, one of the highest (Table 3; Figure 1). Genotypes 43 (Guaçu/I.Z.2) and 78 (08 AD IRI) had a DMY of 1.4 Mg ha⁻¹ in the second harvest (Table 3; Figure 1). Leão *et al.* (2012) evaluated the forage production of hybrids between elephant grass and millet and observed the highest DMY, of 9.8 Mg ha⁻¹, in elephant grass genotype Pioneiro, which is below the highest value found in our study (14.0 Mg ha⁻¹). Meinerz *et al.* (2011) observed the same result when evaluating the elephant grass genotype Mercker Pinda for forage production in agro-ecological and conventional conditions, with a highest DMY (10.1 Mg ha⁻¹) in the conventional tillage system.

CONCLUSIONS

There are differences between the mean values of the genotypes or in the classification of their performance over the five harvests. Genotypes Pasto Panamá, IJ 7136 cv. EMPASC 307, CAC-262, 02 AD IRI, 08 AD IRI, and Gigante de Pinda showed high forage production and phenotypic stability over the five harvests.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank CAPES (Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel) for granting the Master's fellowship and FAPERJ (Rio de Janeiro State Foundation to Support Research) and CNPq (National Counsel

de 1.4 Mg ha⁻¹ en la segunda cosecha (Cuadro 3; Figura 1). Leão *et al.* (2012) evaluaron la producción de forraje de los híbridos de pasto elefante y mijo y observaron el DMY más alto de 9.8 Mg ha⁻¹, en el genotipo de pasto elefante Pioneiro, el cual es menor que el valor más alto encontrado en nuestro estudio (14.0 Mg ha⁻¹). Meinerz *et al.* (2011) observaron resultado similar de DMY mayor (10.1 Mg ha⁻¹) al evaluar el sistema convencional de labranza el genotipo de pasto elefante Mercker Pinda para la producción de forraje en condiciones agroecológicas y convencionales.

CONCLUSIONES

Hay diferencias entre los valores promedios de los genotipos o en la clasificación de su rendimiento durante cinco cosechas. Los genotipos Pasto Panamá, IJ 7136 cv. EMPASC 307, CAC-262, 02 AD IRI, 08 AD IRI, y Gigante de Pinda mostraron producción alta de forraje y estabilidad fenotípica en cinco cosechas.

—Fin de la versión en Español—



of Technological and Scientific Development) for financing the study.

Table 3. Dry matter yield, in Mg ha⁻¹, of the most productive elephant grass genotypes in five harvests (environments) (Campos dos Goytacazes, RJ, 2012/2013).

Cuadro 3. Rendimiento de materia seca, en Mg ha⁻¹, de los genotipos de pasto elefante más productivos en cinco cosechas (ambientes) (Campos dos Goytacazes, RJ, 2012/2013).

Genotype	Cut (environments)					Genotype	Cut (environments)				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	8.6a	3.2a	3.3a	11.1a	5.2b	52	8.8a	3.7a	3.2a	8.2a	3.5b
7	11.8a	3.1a	1.8a	7.8a	2.8b	57	10.8a	4.2a	3.4a	7.5a	5.6b
14	7.9b	3.2a	1.9a	8.1a	7.1a	58	12.2a	4.4a	2.8a	7.7a	8.2a
25	11.9a	3.1a	1.8a	5.0a	9.2a	62	10.2a	3.6a	1.7a	6.3a	5.5b
37	9.4a	3.4a	3.2a	7.7a	7.0a	64	10.7a	4.2a	2.1a	7.0a	5.4b
41	14.0a	2.9a	2.2a	4.9a	5.1b	68	12.9a	7.1a	2.4a	10.4a	9.3a
43	13.2a	1.4a	2.3a	5.5a	11.2a	77	12.8a	2.8a	2.5a	6.1a	4.7b
50	6.9b	2.9a	1.7a	6.3a	9.8a	78	13.6a	1.4a	1.6a	6.8a	3.9b

Means with different letter in a column are statistically different (Scott-Knott test; $p \leq 0.05$). ♦ Medias con letra diferente en una columna son estadísticamente diferentes (prueba Scott-Knott; $p \leq 0.05$).

LITERATURE CITED

- Cavalcante, M., e M. A. Lira. 2010. Genetic variability in *Pennisetum purpureum* Schumacher. *Rev. Caatinga* 23:153-163.
- Cruz, C. D. 2013. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum. Agronomy* 35:271-276.
- Cruz, C. D, A. J. Regazzi, e P. C. S. Carneiro. 2012. Métodos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária. 514p.
- Cunha M. V., M. A. Lira, M. V. F. Santos, J. C. B. Dubeux Júnior, A.C.L. Mello, e E.V. Freitas. 2013. Adaptability and stability of the forage yield by different methods in the selection of *Pennisetum* spp. Clones. *Rev. Bras. Ciências Agrár.* 8: 681-686.
- Eberhart S. A., and W. A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science* 6: 36-40.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 2006. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, Rio de Janeiro: EMBRAPA. 412 p.
- Fernandes-Júnior, A. R., J. A. C. Andrade, P. C. Santos, H. P. Hoffmann, R. G. Chapola, M. S Carneiro, e D. E. Cursi, 2013. Adaptability and stability of sugarcane clones. *Bragantia* 72: 208-216.
- Köeppen, W. 1948. Climatología. Con un Estudio de los Climas de la Tierra. México: Fondo de Cultura Económica. 478p.
- Leão, F. F., L. L. Cancellier, A. V. Pereira, F. J. S. Ledo, e F. S. Afférrri. 2012. Fodder production and bromatological composition of genomic combinations in elephant grass and pearl millet. *Rev. Ciência Agron.* 43: 368-375.
- Meinerz G. R., C. J. Olivo, C. A. Agnolin, A. P. Dullius, R. S. Moraes, G. Mombach, V. Foletto, e P. R. Machado. 2011. Forage production and nutritive value of elephantgrass in two production systems. *Rev. Bras. Zootec.* 40:2673-2680.
- Pegoraro R. F., C. Mistura, B. Wendling, D. M. Fonseca, e J. L. Fagundes. Water and nitrogen management in the cultivation of elephant grass. 2009. *Ciência e Agrotenc.* 33: 461-467.
- Peluzio J. M., F. S. Afférrri, F. J. F. Monteiro, A. V. Melo, e R. S. Pimenta. 2010. Adaptability and stability of soybean cultivars under conditions of varzeas, in Tocantins State Brazil. *Rev. Ciência Agron.* 41: 427-434.
- Ramos L. M., A. Sanches, J. M. Cotes, e A. Cargnelutti Filho. 2011. Adaptability and stability of yield rice genotypes, using two assessment methodologies in Colombia. *Acta Agron.* 60: 39-49.
- Silva A. L. C., M. V. F. Santos, J. C. B. Dubeux Júnior, M. A. Lira, R. L. C. Ferreira, E. V. Freitas, M. V. Cunha, e M. C. Silva. 2010. Variability and heritability of morphologic characters in elephant grass clones in the Forest Zone in Pernambuco. *Rev. Bras. Zootec.* 39: 2132-2140.
- Schmidt E. R., A. L. Nascimento, C. D. Cruz, e J. A. R. Oliveira. 2011. Evaluation of methodologies of adaptability and stability in corn cultivars. *Acta Scientiarum. Agronomy* 33:51-58.
- Souza Júnior E. E., J. B. Duarte, e L. J. Chaves 2002. Estabilidade fenotípica em goiabeira (*Psidium guajava* L.) com ênfase em peso de fruto, precocidade e período de colheita. *Pesquisa Agropec. Trop.* 32: 97-103.
- Souza Sobrinho F., A. V. Pereira, F. J. S. Ledo, M. A. Botrel, J. S. Oliveira, e D. F. Xavier. 2005. Agronomic evaluation of interespecific hybrids of elephant grass and pearl millet. *Pesquisa Agropec. Bras.* 40: 873-880.
- Valle C. B., L. Jank, e R. M. S Resende. 2009. Tropical forage breeding in Brazil. *Rev. Ceres* 56:460-472.