

EVALUACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZANTE COMPUUESTO

NPK (12-24 12) EN EL CRECIMIENTO DE *Brachystegia spiciformis*

Daniel Lucas Lionjanga 1 Fukiau Lusakueno 2

1. Departamento Gestión y Transformación de Productos Forestales, Facultad de Ciencias agrarias, Universidad José Eduardo dos Santos, Correo electrónico: daniellucas39@hotmail.com;
2. Instituto de Desarrollo Forestal, Ministerio de Agricultura y Bosques, Correo electrónico: lusakueno85@gmail.com.
-

33

RESUMEN

El presente trabajo fue desarrollado en el área experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias, Provincia de Huambo, Angola, con el objetivo de evaluar el comportamiento en vivero de la especie forestal nativa *Brachystegia spiciformis* en diferentes dosis del fertilizante mineral compuesto 12-24-12 (NPK). El delineamiento experimental fue en bloques casualizados siendo conformados cuatro tratamientos: T1 = Testigo; T2 = 2,5 g de NPK; T3 = 5g de NPK, T4 = 7,5g de NPK, T5 = 10g de NPK. En cada 30 días se midió la altura de la parte aérea (H), el diámetro del cuello (DC) y el número de hojas (NF) durante 10 meses. En la etapa final se evaluó la dinámica del crecimiento, peso de la materia seca de la parte aérea y radicular (PMS-PMR), longitud de la raíz principal (QRP), cantidad de raíces primarias y secundarias (QRP-QRS), relación peso de la materia seca (RCP / RPA), relación entre la altura de la parte aérea y el diámetro del cuello (H / DC), índice de calidad de Dickson (CI), balancé hídrico de la planta (BAP) y el índice de vigor (IV). El análisis estadístico mostró diferencia significativa entre los tratamientos para todas las variables evaluadas donde los mayores resultados fueron obtenidos con las dosis de 7,5 g de NPK (T4). Estos resultados demuestran que la utilización del NPK puede favorecer el establecimiento de las mudas, así como el crecimiento y desarrollo de la especie *Brachystegia spiciformis* en vivero.

Palabras claves: Crecimiento, *Brachystegia spiciformis*, NPK (12-24-12).

SUMMARY

The present work was developed in the experimental area of the Faculty of Agrarian Sciences, Province of Huambo, Angola, with the objective of evaluating the nursery behavior of the native forest species *Brachystegia spiciformis* in different doses of the compound mineral fertilizer 12-24-12 (NPK). The experimental delineation was in randomized blocks and four treatments were formed: T1 = Control; T2 = 2.5 g of NPK; T3 = 5g of NPK, T4 = 7.5g of NPK, T5 = 10g of NPK. In each 30 days the height of the aerial part (H), the diameter of the neck (DC) and the number of leaves (NF) were measured during 10 months. In the final stage the growth dynamics, weight of the dry matter of the aerial and root part (PMS-PMR), length of the main root (QRP), number of primary and secondary roots (QRP-QRS), relationship dry matter weight (RCP / RPA), relationship between the height of the aerial part and the diameter of the neck (H / DC), Dickson quality index (CI), water balance of the plant (BAP) and the index of vigor (IV). The statistical analysis showed a significant difference between the treatments for all the evaluated variables, where the highest results were obtained with the 7.5 g doses of NPK (T4). These results show that the use of NPK can favor the establishment of the seedlings, as well as the growth and development of the species. *Brachystegia spiciformis* in nursery.

Keywords: Growth, *Brachystegia spiciformis*, NPK (12-24-12).

INTRODUCCIÓN

El territorio de la República de Angola está situado en la costa occidental del África Austral, al sur de Ecuador y al norte del Trópico de Capricornio, entre los paralelos 4 ° 22 'y 18 ° 02' Sur y los del sur meridianos 11° 41 'y 24° 05' Este. Con la capital en Luanda y dividido en 18 provincias, el área total del país es de 1 246 700 kilómetros cuadrados, con una costa marítima atlántica de 1 650 kilómetros. La tuya la frontera terrestre es de 4 837 km. En Angola la superficie total de tierras consideradas "tierras forestales" se extiende por aproximadamente 53 millones de hectáreas, lo que corresponde al 43,3% de la superficie territorial del país (MINUA, 2006). en los últimos años, la producción y consumo de leña y carbón vegetal representa cerca del 60% del balance energético Nacional, seguido por el petróleo iluminante con el 41,7%, de la electricidad con el 1,4% y el gas de cocina con (Gas Butano) con un 0,1%. el crecimiento de la demanda del carbón como combustible doméstico en los grandes centros urbanos y zonas periurbanas, ha vuelto a su comercialización en un negocio bastante lucrativo para muchas poblaciones rurales y urbanas. La tendencia creciente de los niveles de producción de carbón vegetal, en el orden de 253.103,6 toneladas / año sobre todo en el sector informal, con todas las consensiones que provienen de esta actividad en términos de aumento de la deforestación y emisiones de gases (IDF, 2011). Para la recuperación de esas áreas, el emprendimiento forestal debe apuntar a la producción de mudas de alto nivel de calidad (Gonçalves et al., 2000), capaces de resistir a las adversidades ambientales después del plantío. Sin embargo, la obtención de mudas de diversas especies del ambiente regional en cantidad suficiente para la siembra es el primero de los principales puntos de estrangulamiento de los programas de restauración ecológica de determinada área (Fonseca, 2001). Esto es porque son escasas las informaciones exactas sobre procedimientos adecuados para la producción de árboles de especies arbóreas nativas, existiendo sólo para aquellas especies de interés económico, haciendo difícil, así, atender a la demanda de los programas de reforestación, de recuperación de áreas degradadas y de la producción en gran escala (Sorreano, 2006). Una de las dificultades enfrentadas en la producción de mudas de especies forestales nativas es el crecimiento lento de muchas de ellas, particularmente de aquellas clasificadas como tardías. En este sentido, es fundamental importancia, la

definición de protocolos y estrategias que favorezcan la producción de mudas con calidad, en menor espacio de tiempo y en condiciones accesibles a los pequeños y medianos productores rurales (Cunha et al., 2005).

MATERIALES Y MÉTODO

36

2.1. Caracterización del Área de estudio

A colecta de datos para la investigación tuvo lugar en las Estación Experimental Agraria de Chianga, la cual, de acuerdo con Nogueira (1970), se localiza en la provincia de Huambo, aproximadamente a 13 km de la ciudad del mismo nombre, su área es definida aproximadamente por los paralelos 12° 14' y 12° 16' de latitud sur y por los meridianos 15° 48' y 15° 52' de longitud Este de Greenwich. Chianga constituye un cerro más o menos redondeado, con relieve ondulado suave y cotas comprendidas entre cerca de 1650 m y 1740 m.

METODOLOGÍA

2.2. Análisis del suelo

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Suelos y Plantas de la Estación Experimental Agrícola de Chianga-Huambo.

Tabla 2. 1. Atributos químicos de la muestra de suelo.

pH	Ca	Mg	K	SB	Al	P	V	m	Argila	Limo	Areia
H ₂ O	-----Cmolc/dm ³ -----					mg/dm ³	-----	%	-----	-----	-----
5,92	8,51	1,60	3,48	13,59	0,30	1,74	97,76	2,24	29,84	22,16	48,00

2.3. Tratamientos

Para la producción de mudas se utilizaron diferentes dosis de NPK en proporción 12-24-12 (Tabla 2.2). La proporción 12-24-12 se determinó a partir de las deficiencias nutricionales del suelo (Tabla 2.1).

Tabla 2.2. Tratamientos

Tratamientos (T)	Doses de NPK (12-24-12)
1	0g
2	2,5g
3	5g
4	7,5g
5	10g

37

2.4. Índices morfológicos

2.4.1. Determinación de la relación altura de la parte aérea y diámetro del cuello (H / DC).

Con base en los datos de la altura de la parte aérea y el diámetro del cuello de cada individuo se determinó la relación altura de la parte aérea / diámetro del cuello correspondiente de acuerdo con la fórmula abajo propuesta por Carneiro (1995).

$$H/DC = \frac{H \text{ (cm)}}{DC \text{ (mm)}}$$

Donde:

H / DC = relación altura y diámetro

H = altura en cm

DC = diámetro del cuello en mm

2.4.2. Índice de calidad de Dickson

Con base en los parámetros morfológicos evaluados, se calculó el índice de calidad de Dickson (IQD). Este índice ha sido utilizado en varios estudios que abordan los parámetros morfológicos relacionados a la calidad de las mudas (Dickson et al., 1960, citado por Azevedo, 2003; Paiva, 2004; Malavasi & Malavasi, 2006; BInotto et al., 2010; BRachtvogel Y Malavasi, 2010), por medio de la fórmula:

$$IQD = \frac{PMST \text{ (g)}}{\left[\frac{H \text{ (cm)}}{DC \text{ (mm)}} \right] + \left[\frac{PMSPA \text{ (g)}}{PMsr \text{ (g)}} \right]}$$

Donde:

PMST = Peso de la materia seca total;

H = Altura de la parte aérea;

DC = Diámetro del cuello de la muda;

PMSPA = Peso de materia seca de la parte aérea;

PMSR = Peso de materia seca del sistema radicular.

38

2.5. Delineamiento experimental y análisis estadístico

El experimento fue conducido en vivero según un delineamiento de bloques completamente casualizados (DBCC) (Figura 1) con 5 tratamientos (dosis de NPK) y 6 repeticiones (bloques) con 8 mudas por tratamiento dentro de cada bloque, y así cada bloque tuvo 40 de las semillas lanzadas, siendo en total de bloques 48 semillas para cada tratamiento y el experimento total de 240 semillas dispuestas a germinar.

Bloco I	Bloco II	Bloco III	Bloco IV	Bloco V	Bloco VI
T_2	T_2	T_5	T_3	T_5	T_4
T_2	T_3	T_1	T_5	T_1	T_3
T_4	T_5	T_4	T_1	T_5	T_1
T_3	T_2	T_4	T_3	T_4	T_2
T_1	T_4	T_5	T_1	T_2	T_3

Figura 1 Diseño experimental

Para el análisis de los datos evaluados se utilizó el programa estadístico Stadistical Package for Social Science (SPSS) 15.0 para Windows. Los resultados obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza ($F < 0,05$) para cada parámetro con promedio de los tratamientos y bloques. Con el análisis de la devastación (prueba F) la conclusión que se quita es que los tratamientos son estadísticamente diferentes o no diferentes. Cuando se detectaron diferencias significativas, los datos fueron sometidos a la prueba de Duncan, al nivel del 5% de significancia.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.2. Altura de las mudas

Las medias de crecimiento en altura de las mudas de *B. spiciformis*, por tratamiento (dosis de NPK), en los diferentes períodos de evaluación (30 a 300 días) se presentan en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Resultados del análisis de varianza y comparación de medias de la altura (cm) de las mudas de *B. spiciformis* en las diferentes edades de medición.

tratamientos		Edad (Días)									
		30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
1	0 g NPK	1,61 c	2,56 b	3,42 b	3,50 b	3,98 b	4,13 c	4,51 b	5,0 ab	5,10 b	5,20 b
2	2,5 g NPK	1,79 b	2,80 b	3,51 b	3,87 a	4,81 a	5,00 a	5,10 a	5,21 a	5,26 a	5,36 a
3	5,0 g NPK	1,80 b	3,03 a	3,70 a	4,19 a	5,10 a	5,23 a	5,40 a	5,47 a	5,68 a	5,76 a
4	7,5 g NPK	1,92 a	3,45 a	3,79 a	4,50 a	5,26 a	5,33 a	5,50 a	5,58 a	5,72 a	5,95 a
5	10 g NPK	1,58 c	2,45 c	3,26 c	3,35 c	3,49 c	3,99 c	4,25 b	4,65 b	4,76 b	4,84 b
Media general		1,74	2,86	3,54	3,88	4,53	4,76	4,95	5,18	5,30	5,42
F-Tratamiento		14,06*	3,62**	2,60***	10,09**	19,99**	14,56***	6,01*	1,88*	4,75*	3,31*
F-bloque		0,44 ns	0,79 ns	0,27 ns	1,04 ns	2,36 ns	1,92 ns	2,93 ns	1,30 ns	0,74 ns	1,20 ns
Std. Dev.		0,294	1,480	0,931	1,118	1,379	1,281	1,614	1,890	1,321	1,781

Donde: ** significativo al nivel del 5% de probabilidad de error ($p < 0,05$), por la prueba F; ns no significativo al nivel del 5% de probabilidad ($p \geq 0,05$), por la prueba F; F-tratamiento y F-bloques son valores de F obtenidos del análisis de varianza para los cinco tratamientos; Std. Dev. Es la desviación estándar. Las medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. Se aplicó la prueba de Duncan al nivel del 5% de probabilidad.

Por el análisis de la Tabla 3.1 Se puede constatar que las medias aumentaron con el paso del tiempo, pero el mayor incremento medio en altura ocurrió de los 30 a los 45 días, donde las mudas crecieron en 30,36%, y el período más crítico fue de los 270 a 300 días donde el incremento medio en altura aumentó sólo en el 3,2%. De acuerdo con Mula (2011) la diferencia de crecimiento es normal sobre todo en los primeros meses después

de la siembra, pues varios son los factores que pueden llevar a este comportamiento, como las reservas contenidas en la semilla, la fertilización de base y los nutrientes del sustrato. La altura de la parte aérea de las mudas proporciona una excelente estimación de la predicción del crecimiento inicial en el campo, siendo técnicamente aceptado como buena medida del potencial desempeño de las mudas (Favalessa, 2011). Gomes y Paiva (2004) citaron que la altura la parte aérea, cuando es evaluada aisladamente, es un parámetro que expresa a la calidad las mudas. Sin embargo, estos autores recomiendan que los valores se analizan en combinación con otras variables como el diámetro del cuello.

3.3. Diámetro del cuello

Las medias de crecimiento en diámetro de las mudas de *B. spiciformis*, por tratamiento (dosis de NPK), en los diferentes períodos de evaluación (30 a 300 días) se presentan en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2. Resultados del análisis de varianza y comparación de promedios del diámetro del cuello (mm) de las mudas de *B. spiciformis* en las diferentes edades de medición.

Tratamientos		Edad (Días)									
		30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
1	0 g NPK	1,36 b	1,38 b	1,40 b	1,44 b	1,49 c	1,51 b	1,54 b	1,55 b	1,56 b	1,56 b
2	2,5 g NPK	1,41 a	1,43 a	1,45 b	1,49 b	1,55 b	1,60 b	1,62 a	1,62 a	1,63 a	1,63 a
3	5,0 g NPK	1,45 a	1,47 a	1,55 a	1,60 a	1,68 a	1,69 a	1,70 a	1,71 a	1,72 a	1,72 a
4	7,5 g NPK	1,48 a	1,49 a	1,60 a	1,64 a	1,72 a	1,73 a	1,74 a	1,75 a	1,77 a	1,78 a
5	10 g NPK	1,35 b	1,37 b	1,39 b	1,43 b	1,45 c	1,50 b	1,50 b	1,50 b	1,51 b	1,51 b
Media general		1,41	1,43	1,48	1,52	1,58	1,61	1,62	1,63	1,64	1,64
F-Tratamiento		1,01 **	8,42 **	10,7 **	12,48 **	11,47 **	13,62 **	5,02 **	3,68 **	8,5 **	3,95 **
F- Bloque		0,44 ns	1,16 ns	0,80 ns	1,35 ns	1,22 ns	0,26 ns	0,77 ns	0,31 ns	1,72 ns	0,97 ns
Std. Dev.		0,152	0,147	0,211	0,210	0,261	0,212	0,304	0,382	0,273	0,390

Donde: ** significativo al nivel del 5% de probabilidad de error ($p < 0,05$), por la prueba F; ns no significativo al nivel del 5% de probabilidad ($p \geq 0,05$), por la prueba F; F-tratamiento y F-bloques son valores de F obtenidos del análisis de varianza para los cinco tratamientos; Std. Dev. Es la desviación estándar. Las medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. Se aplicó la prueba de Duncan al nivel del 5% de probabilidad.

En el análisis de la Tabla 3.2, se observa que las mudas producidas en los tratamientos T4 (7,5 g NPK), T3 (5 g NPK) y T2 (2,5 g NPK) presentaron mayores diámetros, con 1,78 mm, De 1,72 mm y de 1,63 mm respectivamente y fueron estadísticamente no diferentes entre sí y significativamente superiores a los tratamientos T1 (0 g NPK) como testigo, y T5 (10 g NPK) con 1,56 mm y 1,51 mm respectivamente, pero estos últimos a su vez tampoco fueron estadísticamente diferentes entre sí. Tucci et al. (2007) verificaron resultados similares en el crecimiento en el diámetro de las mudas de caoba, con la utilización de NPK aislados o combinados entre sí. En general, se considera que el diámetro de colon adecuado para las mudas de calidad de especies forestales está entre 5 a 10 mm, según lo citado por Gonçalves et al. (2000). En el presente trabajo, atendiendo y considerando la última medición (300 días), los resultados revelan que las mudas de *B. spiciformis* tanto en el tratamiento T1 (Testigo) como en los demás tratamientos T2 (2,5 g NPK), T3 (5 g NPK) , T4 (7,5 g NPK) y T5 (10 g NPK) no atendieron al criterio práctico sugerido por Gonçalves et al. (2000).

41

3.3. Número de hojas

En la Tabla 3.3 se encuentra el resumen de los análisis de varianza para el número de hojas a los 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270 y 300 días respectivamente.

Tabla 3.3. Resultados del análisis de varianza y comparación de promedios del número de hojas (U) de las mudas de *B. spiciformis* en las diferentes edades de medición.

Tratamientos	Edad (Días)									
	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
1 0 g NPK	2,00 a	2,02 a	2,06 a	2,08 a	2,25 a	2,35 a	2,40 a	2,44 a	2,50 a	2,56 a
2 2,5 g NPK	2,00 a	2,06 a	2,08 a	2,10 a	2,31 a	2,40 a	2,42 a	2,46 a	2,56 a	2,56 a
3 5,0 g NPK	2,00 a	2,06 a	2,08 a	2,19 a	2,33 a	2,40 a	2,48 a	2,50 a	2,60 a	2,60 a
4 7,5 g NPK	2,02 a	2,08 a	2,08 a	2,33 a	2,46 a	2,47 a	2,48 a	2,56 a	2,60 a	2,63 a
5 10 g NPK	2,00 a	2,00 a	2,02 a	2,06 a	2,21 a	2,30 a	2,40 a	2,42 a	2,46 a	2,52 b
Media general	2,00	2,04	2,06	2,15	2,31	2,38	2,44	2,48	2,54	2,57
F-Tratamiento	1,00 ns	0,25 ns	0,31 ns	4,20 ns	1,19 ns	0,47 ns	0,18 ns	0,45 ns	0,62 ns	0,07 ns
F- Bloque	1,00 ns	0,61 ns	0,86 ns	1,68 ns	2,40 ns	3,02 ns	1,16 ns	1,32 ns	1,80 ns	1,84 ns
Std. Dev.	0,064	0,468	0,335	0,387	0,599	0,611	0,693	0,592	0,569	1,090

Donde: ** significativo al nivel del 5% de probabilidad de error ($p < 0,05$), por la prueba F; ns no significativo al nivel del 5% de probabilidad ($p \geq 0,05$), por la prueba F; F-tratamiento y F-bloques son valores de F obtenidos del análisis de varianza para los cinco tratamientos; Std. Dev. Es la desviación

estándar. Las medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. Se aplicó la prueba de Duncan al nivel del 5% de probabilidad.

En la evaluación del número de hojas, las mudas sometidas a los tratamientos T1 (Testigo) comparadas a los tratamientos T2 (2, 5 g NPK), T3 (5 g NPK), T4 (7, 5 g NPK) y T5 (10 g NPK) se obtuvieron efectos significativamente iguales (Tabla 3.3). El número de hojas, que nunca debe ser inferior a seis (6), es una de las características utilizadas por las empresas forestales para la clasificación de la calidad de los plantones de especies forestales nativas (Paiva y Gomes, 2000). Se observa en la tabla anterior que las mudas de *B. spiciformis*, a los 300 días no alcanzaron las 6 hojas, o sea ninguna de las mudas producidas en los diferentes tratamientos alcanzó el criterio citado por (Paiva y Gomes, 2000).

3.4. Biomasa seca aérea, radical y total

Al referirse al peso de materia seca como características de calidad de las mudas, hay que considerar la determinación del peso seco de la raíz, parte aérea y total (Aries, 1995). Con base en los valores de F obtenidos, el análisis de varianza detectó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, en las medias de Bstotal, BsPA y BsPR al nivel del 5% de probabilidad del error Tabla 3.5.

Tabla 3.4. Los resultados del análisis de varianza y la comparación de medias de los pesos medios de la biomasa seca total (Bstotal), biomasa seca de la parte aérea (BsPA) y biomasa seca de la parte radicular (BsPR) después de 300 días.

Tratamientos		Media da Biomasa		
		Bstotal	BsPA	BsPR
1	0 g NPK (12-24-12)	1,66 c	0,34 cd	1,32 c
2	2,5 g NPK (12-24-12)	1,89 b	0,38 bc	1,51 b
3	5,0 g NPK (12-24-12)	1,97 b	0,41 b	1,56 b
4	7,5 g NPK (12-24-12)	2,86 a	0,46 a	2,40 a
5	10 g NPK (12-24-12)	1,50 c	0,31 de	1,19 c
Media general		1,98	0,38	1,60
F- Tratamiento		23,94 **	12,06 **	25,21 **
Std. Dev.		0,881	0,126	0,776

Donde: ** significativo al nivel del 5% de probabilidad de error ($p < 0,05$), por la prueba F; ns no significativo al nivel del 5% de probabilidad ($p \geq 0,05$), por la prueba F; F-tratamiento y F-bloques son valores de F obtenidos del análisis de varianza para los cinco tratamientos; Std. Dev. Es la desviación estándar. Las medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. Se aplicó la prueba de Duncan al nivel del 5% de probabilidad.

Tabla 3.5. Análisis de varianza por tratamientos de la biomasa total (Bstotal), biomasa aérea (BsPA) y biomasa radical (BsPR) a los 300 días.

		Soma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Bstotal	Inter-grupos	53,709	4	13,427	23,939	,000*
	Intra-grupos	131,812	235	,561		
	Total	185,521	239			
BsPA	Inter-grupos	,643	4	,161	12,064	,000*
	Intra-grupos	3,129	235	,013		
	Total	3,771	239			
BsPR	Inter-grupos	43,261	4	10,815	25,213	,000*
	Intra-grupos	100,805	235	,429		
	Total	144,066	239			

(*) Significativo a 5% de probabilidad, por el test F.

En el caso de este estudio, los resultados presentados en la tabla 3.4 muestran que el tratamiento donde se aplicó la dosis de 7,5 g de NPK (T4) promovieron los mayores aumentos para esas variables, diferenciándose significativamente de los demás tratamientos. Es conveniente registrar que el mayor incremento en altura, diámetro y número de hojas en las plantas sometidas a ese mismo tratamiento, puede consecuentemente haber influenciado en el resultado más relevante en el peso seco de las mudas. Otros trabajos se registran en la literatura con respecto al crecimiento vegetativo de mudas con la utilización de NPK, entre ellos Pezzutti et al. (1999). Los autores afirman que la adición de NPK, proporcionó un aumento de la masa seca de la parte aérea de mudas de *Eucalyptus globulus* en tubos. El mismo fue relatado por Del Quique et al. (2004) al verificar un considerable aumento de la producción de fitomassa seca de la parte aérea y raíz de las especies *E. saligna*, *E. grandis* y *E. citriodora*, cultivadas en tubos. En el tratamiento T4 (7,5 g NPK) presentaron mayores valores medios en relación a la masa seca de la parte aérea (BsPA) y radicular (BsPR), y para las características altura de la parte aérea y diámetro del cuello, las mudas de *B. spiciformis* producidas en el tratamiento T4 (7,5 g NPK) y en consecuencia de la masa seca total (Bstotal), con 0,46, 2,40 y 2,86 g por muda respectivamente seguidos de T3 (5 g NPK) con 0,41, 1,56 y 1,97 g respectivamente. La producción de la biomasa depende del sustrato, del tipo de cambio, del tiempo de permanencia de la muda en el vivero, del tamaño del tubo, del riego, del fertilizante y entre otros factores (Mula, 2011). En cuanto al efecto de los demás tratamientos, los resultados presentados en la tabla 3.4 muestran que no hubo respuesta de la producción de materia seca de las plantas a la

aplicación de los mismos, lo que posiblemente puede estar asociado al bajo suministro de nutrientes. Sin embargo, en términos de valores, las mudas sometidas al tratamiento T5 (10 g NPK) seguido del T1 (0 g NPK) fueron las que presentaron los más bajos resultados para la producción de materia seca en cada uno de los tres compartimentos citados (Tabla 3.5). Es importante destacar los resultados inferiores verificados anteriormente en las características altura, diámetro y número de hojas de las mudas sometidas a esos tratamientos, resultando en los menores valores encontrados para la materia seca de las plantas. Según Gomes y Paiva (2004), los mismos factores que influencian en el crecimiento en altura de las mudas actúan sobre el peso de materia seca total.

La masa seca de la parte aérea, según Gomes y Paiva (2004) debe siempre ser considerada, ya que indica la rusticidad de una muda, cuanto mayor, más rústica será. En el caso de las mudas producidas en el T4 (7, 5 g NPK), T3 (5 g NPK) y T2 (2,5 g NPK) son más rústicas entre las mudas producidas.

La BsPR no presentó la misma tendencia que la BsPA, pero presentó la misma tendencia de Bstotal en todos los tratamientos (Tabla 3.5), esto quiere decir que la parte radicular tuvo mayor valor de la biomasa en relación a la parte aérea, esa superioridad se debe al hecho de que la parte radicular de los diferentes tratamientos (dosis de NPK) tuvo mayor valor de la biomasa seca en relación a la parte aérea como ilustra la Figura 3.1. Según Gonçalves (2000) cuanto mayor es la disponibilidad de nutrientes en el suelo, principalmente fósforo, la tendencia es de mayor crecimiento del sistema radicular.

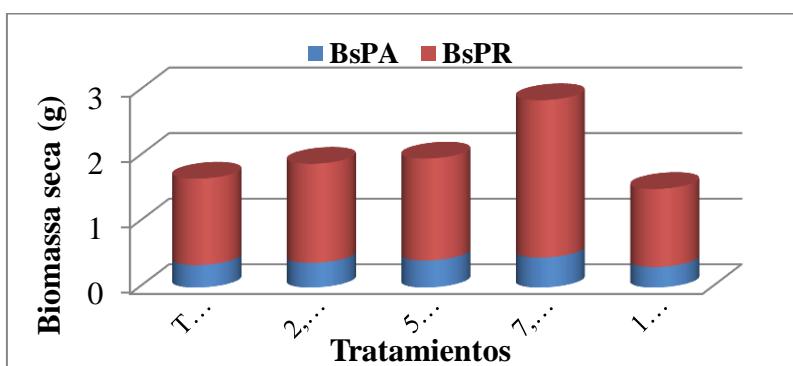


Figura 3.1. Biomasa seca producida por mudas de *B. spiciformis* en el vivero a los 300 días para los diferentes tratamientos.

Para la biomasa seca radicular (BsPR) los valores medios observados se encuentran entre 1, 19 y 2, 40 g por muda. El mayor valor de la biomasa seca radicular fue obtenido en el tratamiento T4 (7,5 g NPK) mostrando diferencia estadísticamente con respecto a los demás tratamientos y, donde cuanto mayor es su valor, mayor probabilidad de supervivencia en el campo (Gomes y Paiva, 2004). Los tratamientos T1 (0 g NPK) y T5 (10 g NPK) presentaron las menores promedios de BsPR, siendo estadísticamente no diferentes entre sí e inferiores a los restantes. Segundo Carneiro (1995), los mayores valores para la masa seca de la raíz son indicadores de mayor porcentaje de supervivencia en el campo, ya que la presencia de raíces fibrosas permite mayor capacidad de las mismas mantenerse en crecimiento y de formación de raíces nuevas, más activas, posibilitando mayor resistencia en condiciones extremas. Con base en esta afirmación, puede predecir que las mudas que presentaron las mayores promedios de BsPR, están más propicias a sobrevivir cuando se las lleva al campo.

3.5. Relación entre altura de la parte aérea / diámetro del cuello (H / DC) y índice de calidad de Dickson (IQD)

De acuerdo con el análisis de varianza (Tabla 3.7) no se constataron diferencias significativas, por el Test de F, al nivel de 5% de significancia para la relación H / DC a los 300 después de la siembra, mientras que en el índice de calidad de Dickson se detectaron diferencias significativas entre los cinco tratamientos. De acuerdo con los valores de F, el análisis de varianza de la relación altura de la parte aérea y el diámetro del cuello no detectaron diferencias significativas entre los cinco tratamientos con una tendencia creciente en el T2 (2,5 g NPK), T3 (5 g NPK) y T4 (7,5 g NPK) en el tiempo evaluado, sin embargo en el tratamiento T5 (10 g NPK) se observó un ligero descenso, a su vez el índice de Dickson reveló efectos significativos en los cinco tratamientos. Según Campos y Uchida (2002), la razón altura de la planta / diámetro del cuello indica la calidad de mudas forestales a ser llevadas al campo, una vez que se espera equilibrio en el desarrollo, además de reflejar la acumulación de reservas y asegurar mayor resistencia y mejor fijación en el suelo. Estos investigadores afirman que las mudas con menores valores para esa razón son más resistentes a las condiciones ambientales adversas. Arthur et al. (2007) subraya que las mudas con diámetro del cuello inferior presentan dificultades para mantenerse erectas después del plantío y el tumbado puede resultar en muerte o deformaciones, que comprometen el valor silvicultural de la planta.

La razón altura de la parte aérea y el diámetro del cuello es reconocida como uno de los mejores, si no el mejor, indicador del patrón de calidad de mudas siendo, en general, el más indicado para determinar la potencial capacidad de supervivencia en el campo definitivo (Gomes e Paiva, 2004).

Tabla 3.6. Resultados del análisis de varianza y comparación de promedios de la relación altura / diámetro del cuello (H / DC) y índice de calidad de Dickson (IQD) de las mudas de *B. spiciformis* después de 300 días en vivero.

46

Tratamientos		Índices	
		H/DC	IQD
1	0 g NPK (12-24-12)	3,29 a	0,53 b
2	2,5 g NPK (12-24-12)	3,41 a	0,56 b
3	5,0 g NPK (12-24-12)	3,41 a	0,57 b
4	7,5 g NPK (12-24-12)	3,41 a	0,88 a
5	10 g NPK (12-24-12)	3,25 a	0,47 b
Media general		3,55	0,60
F- Tratamiento		0,24 ns	12,06 **
Std. Dev.		1,092	0,335

Donde: ** significativo al nivel del 5% de probabilidad de error ($p < 0,05$), por la prueba F; ns no significativo al nivel del 5% de probabilidad ($p \geq 0,05$), por la prueba F; F-tratamiento y F-bloques son valores de F obtenidos del análisis de varianza para los cinco tratamientos; Std. Dev. Es la desviación estándar. Las medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. Se aplicó la prueba de Duncan al nivel del 5% de probabilidad.

Tabla 3.7 Análisis de varianza por tratamientos de la relación altura / diámetro del cuello (H / DC) y índice de calidad de Dickson (IQD) a los 300 días.

		Soma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
H/DC	Inter-grupos	1,150	4	,287	,238	,917 ns
	Intra-grupos	284,235	235	1,210		
	Total	285,385	239			
IQD	Inter-grupos	4,881	4	1,220	13,063	,000*
	Intra-grupos	21,952	235	,093		
	Total	26,834	239			

(*) Significativo y (s) No significativo a 5% de probabilidad, por el test F.

Segundo Carneiro (1995), el intervalo de 5,4 a 8,1 es un patrón de clasificación de mudas de calidad deseable en cualquier período de evaluación para poner en campo, pues muestra el equilibrio entre altura de la parte aérea y diámetro del cuello. Los valores encontrados en el presente trabajo con relación a ese parámetro son inferiores al límite considerado ideal por Carneiro (1995). Para los valores de IQD (Tabla 3.5), las

dosis de fertilizante presentaron un efecto significativo en el tratamiento T4 (7,5 g NPK) con la mayor media (0,88). En varios estudios se demostró que el IQD es un parámetro variable, ocurriendo diferencias en función de la especie, del manejo de las mudas en el vivero, del tipo y proporción del sustrato, del volumen del tubete y, principalmente, de acuerdo con la edad en que la se ha evaluado (Caldera et al., 2012, Trazzi et al., 2010, Trazzi, 2011, Kratz, 2011).

47

En todos los tratamientos se obtuvo un valor por encima del mínimo del IQD que es de 0, 20 para mudas producidas en vivero, según lo recomendado por Gomes y Paiva (2004), mostrando que las mudas producidas en los diferentes tratamientos presentan calidad para plantío. Sin embargo, incluso presentando buen IQD, las mudas no presentaron altura suficiente para la siembra (15 a 30 cm) (Paiva y Gomes, 2000), denotando una vez más la necesidad de conjugar parámetros para una mejor evaluación de la calidad de mudas.

IV. CONCLUSIONES

Sobre la base de los objetivos propuestos y en las condiciones en que se realizó el presente estudio, fue posible concluir que:

1. Las mejores dosis de NPK para el crecimiento en altura, diámetro y número de hojas de las mudas de *B. spiciformis* fueron a las formulaciones a base de 7,5 g (T4), 5 g (T3) y 2,5 g (T2) en el caso de la biomasa seca aérea, radical y total la mejor dosis fue la de 7,5 g (T4).
2. Las plantas de *B. spiciformis* que mostraron un crecimiento equilibrado mientras que la (H / DC) fueron las producidas a las dosis de 7,5 g de NPK (T4), 5 g (T3) y 2,5 g (T2) y en el referente (IQD) fue a la producida a la dosis de 7,5 g de NPK (T4).
3. La dosis de 7,5 g de NPK (T4) es la más recomendada para la producción de *B. spiciformis* a su vez el testigo 0 g de NPK (T1) y 10 g de NPK (T5), no se mostraron favorables para la producción de esta especie.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arthur, G. A.; Cruz, P. C. M. da; Ferreira, E. M.; Barreto, M. C.V. de; Yagi, R. 2007. Esterco bovino e calagem para formação de mudas de guanandi. *Pesquisa agropecuaria Brasileira*, Brasília, v.42, n.6, 843-850 p.
- Caldeira, M. V. W.; Delarmelina, W. M.; Gütler, S.; Rodrigues, D.; Gonçalves, E.; Favoreto, A. 2012. Biossólido para composição de substrato para produção de mudas de *Tectona grandis*. *Forestal*, Curitiba, v. 42, n. 1, jan./mar, p. 77-84.
- Campos, A. A.; Uchida, T. 2002. Influência do sombreamento no crescimento de muda de três espécies amazônicas. Brasília, DF: Revista de Pesquisa Agropecuária Brasileira. v. 27, n. 3, 281-288 p.
- Carneiro, J. G. de A. 1995. Produção e controle de qualidade de mudas florestais. Curitiba: UFPR/FUPEF; Campos: UNEF, 451p.
- Cunha, A. O.; Andrade, L. A.; Bruno, R. L. A.; Silva, J. A. L.; Souza, V. C. 2005. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade de mudas de *Tabebuia impetiginosa*. *Revista Árvore*, v.29, n.4, 507-516 p.
- Del Quiqui, E. M.; Sato, S.; Pintro, J. C.; Andrade, P. J. e Saraiva, A. 2004. Crescimento e composição mineral de mudas de eucalipto cultivadas
- Favalessa, M. 2011. Substratos renováveis e não renováveis na produção de mudas de *Acacia mangium*. Tese de Licenciatura em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Espírito Santo. Brasil, 60 p.
- Fonseca, T. G. 2001. Produção de mudas de hortaliças em substratos de diferentes composições com adição de CO₂ na água de irrigação. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 72 p.
- Gomes, J. M. e Paiva, H. N. 2004. Viveiros florestais: propagação sexuada. 3. ed. Viçosa: UFV, 116 f.
- Gonçalves, J. L. M. 2000. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição sombreamento e fertilização. In: Gonçalves, J. L. M.; Benedetti, V. (Org.). Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: IPEF, p. 309-350.

IDF, Instituto de Desenvolvimento Florestal- Perfil Florestal de Angola. Jornadas Técnico – Científicas sobre floresta e segurança alimentar em Angola. Luanda. 2011.

Kratz, D. 2011. Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage e *Mimosa scabrella* Benth. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. Brasil, 121 f.

49

MINUA, Ministério do Urbanismo e Ambiente – Programa de Investimento Ambiental. Relatório do Estado Geral do Ambiente em Angola. Luanda: MINUA - Governo de Angola, 2006.

Mula, H. C. A. 2011. Avaliação de diferentes substratos na produção de mudas de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) L. B. Smith & R. J. Downs. Tese de Mestrados em Ciências Florestais. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. Brasil. 166 p.

Nogueira, M.D.A.1970. Carta de solos do Centro de Estudos da Chianga, In: IIAA-Instituto de Investigação Agronómica de Angola. Série Científica Nº14. Nova Lisboa, Angola.72 p.

Pezzutti, R. V.; Scnumacher, M. V.; Hoppe, J. M. 1999. Crescimento de mudas de *Eucalyptus globulus* em resposta à fertilização NPK. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 117-125.

Sorreano, M. C. M. 2006. Avaliação da exigência nutricional na fase inicial do crescimento de espécies florestais nativas. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada – Ecologia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 296 p.

Trazzi, P. A. 2011. Substratos renováveis na produção de mudas de *Tectona grandis* Linn F. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre. Brasil, 84 f.

Trazzi, P. A.; Caldeira, M. V. W.; Colombi, R. 2010. Avaliação de mudas de *Tecoma stans* utilizando bioossólido e resíduo orgânico. Revista de Agricultura, Piracicaba, v. 85, p. 218 - 226.

Tucci, C. A. F.; Souza, P. A.; Venturin, N.; Barros, J. G. 2007. Calagem e adubação para a produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). Cerne, v.13, n.3, p. 299-307.