

Analysis of Forage Yield and Nutritional Contents of *Pennisetum glaucum* (pearl millet) and *Pennisetum purpureum* (Napier grass) accessions

Análisis del rendimiento del forraje y los contenidos nutricionales de accesiones de *Pennisetum glaucum* (mijo perla) y de *Pennisetum purpureum* (pasto Napier)

D.A. Animasaun¹, H.P. Rathod², and R. Krishnamurthy^{1,2}

¹Department of Plant Biology, University of Ilorin, P. M. B. 1515, Ilorin Kwara State, Nigeria

²C.G. Bhakta Institute of Biotechnology, Uka Tarsadia University, Bardoli, Gujarat, India

Email: animasaun.ad@unilorin.edu.ng

This study compared yield, nutrient compositions and forage quality of Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schumach.) and pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) to determine their preference utilization as forage crops. Four accessions each of Napier grass and pearl millet were grown in the field with three replications in a Randomized Complete Block Design. Data were collected and analyzed on vegetative growth and yield parameters at 10 weeks after planting. Also nutrient composition of the shoot was determined. Napier grass grew more vigorously with significantly higher number of leaf/plant, leaf length and width. Meanwhile, plant height were similar (91.02 -111.95 cm) among the accessions but for pearl millet IP17862 which had the least (82.82 cm). Napier grass accessions had significantly higher stem girth than the pearl millet. Mean tiller/plant was less than one in pearl millet and between 18.21-31.55 in Napier grass. Total soluble sugar and carbohydrate of the millet accessions were comparable with COM-CO3 and COM-CO4 Napier grass. Pearl millet NGB00551 was the richest in calcium (3.79 mg/g), potassium (0.36 mg/g), iron (0.52 ppm) and Zinc (0.60 ppm), however, IP17862 and COM-CO4 contained highest phosphorous and magnesium respectively. Dry matter percentage (DM), acid detergent fibre (ADF) and neutral detergent fibre (NDF) were higher in Napier grass than pearl millet accessions, but pearl millet accessions had more crude protein than the Napier grass. In overall, forage quality was higher in pearl millet accessions compared to Napier grass.

Keywords: acid detergent fibre, dry matter yield, forage quality, neutral detergent fibre.

Livestock rearing and animal husbandry is on the increase globally. The need for high fodder yield and nutritious crops to meet the daily demands of several millions of cattle heads also increases accordingly. The major and cheapest sources of feed supply to livestock are forage crops and availability of forage crop with good quality is a panacea to successful livestock farming. For this purpose, pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) and Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schumach.) which are the two most economically important members of the genus *Pennisetum* could be an excellent choice. Pearl millet is the most popular millet, it is grown mainly in arid and semi-arid zones primarily for human consumption and as forage crop. The crop is well

Este estudio se realizó para comparar el rendimiento, composición de nutrientes y la calidad de forraje del pasto Napier (*Pennisetum purpureum* Schumach.) y el mijo perla (*Pennisetum glaucum* L.) para determinar su preferencia de uso como cultivos forrajeros. Cuatro accesiones de cada una de pasto Napier y mijo perla se cultivaron en el campo, con tres repeticiones en un diseño de bloques completos aleatorizados. Se recolectaron y analizaron datos sobre el crecimiento vegetativo y los indicadores de rendimiento a las 10 semanas después de la siembra. También se determinó la composición de nutrientes de los brotes. El pasto Napier creció más vigorosamente con un número significativamente mayor de hoja/planta, ancho y longitud de la hoja. Mientras tanto, la altura de la planta fue similar (91.02 -111.95 cm) entre las accesiones pero el mijo perla IP17862 tuvo la menor (82.82 cm). Las accesiones de pasto Napier tenían una circunferencia del tallo significativamente mayor que el mijo perla. El brote/planta promedio fue menos de uno en el mijo perla y entre 18.21-31.55 en pasto Napier. Los carbohidratos y el azúcar soluble total de las accesiones de mijo fueron comparables con COM-CO3 y COM-CO4 de pasto Napier. El mijo perla NGB00551 fue el más rico en calcio (3.79 mg/g), potasio (0.36 mg/g), hierro (0.52 ppm) y zinc (0.60 ppm). Sin embargo, IP17862 y COM-CO4 presentaron el mayor contenido de fósforo y magnesio respectivamente. Los porcentajes de materia seca, fibra detergente ácida y fibra detergente neutra fueron mayores en las accesiones de pasto Napier que en las de mijo perla, pero las accesiones de mijo perla tenían más proteína cruda que el pasto Napier. En general, la calidad del forraje fue mayor en las accesiones de mijo perla que en el pasto Napier.

Palabras clave: fibra detergente ácida, rendimiento de materia seca, calidad del forraje, fibra detergente neutra

La cría de ganado está en auge a nivel mundial. La necesidad de un alto rendimiento de forraje y cultivos nutritivos para satisfacer las demandas diarias de varios millones de cabezas de ganado también aumenta en consecuencia. Las principales y más baratas fuentes de suministro de alimento para el ganado son las cosechas de forraje y la disponibilidad de cultivos de forraje de buena calidad es una panacea para una ganadería exitosa. Por esta razón, el mijo perla (*Pennisetum glaucum* L.) y el pasto Napier (*Pennisetum purpureum* Schumach.), que son los dos miembros más importantes económicamente del género *Pennisetum*, podrían ser una excelente opción. El mijo perla es el mijo más popular, se cultiva principalmente en zonas áridas y semiáridas, principalmente para el consumo humano y como cultivo forrajero. Este tiene

adapted to environments characterized by drought, low soil fertility, and high salinity, thus, pearl millet can be grown in areas where other cereal such as maize, wheat or rice may not survive (FAO/ICRISAT 1996). Pearl millet is often used as hay, silage and green chop by livestock smallholder farmers and it is a preferred choice of forage due to low prussic acid and tannins content, which made it safe for the remnants (Newman *et al.* 2010).

On other hand, Napier grass (*P. purpureum*) also known as elephant grass, is of great importance to tropic agriculture. It is a robust, rhizomatous, invasive, perennial grass that can be grown under a wide range of environmental conditions and cropping systems (Farrell *et al.* 2002). Napier grass is a valuable "cut-and-carry" forage mainly used as feed in stalls, or made into silage and hay (Mannetje 1992 and FAO 2015). The annual productivity biomass yield is between 20 to 30 t DM/ha if grown under good agronomic and management practices (Skerman *et al.* 1990 and Farrell *et al.* 2002). Napier grass can be grazed at lush vegetative stage or cut as fodder for later use, its other uses are documented elsewhere (Burkill 1994 and EPA 2013). Based on chemical composition and dry matter digestibility, Napier grass is a high quality forage (Tessema 2005). The dry matter yield of Napier grass surpasses that of other tropical grasses (Skerman and Riveros 1990) and the grass can provide a continual supply of green forage throughout the year (Humphreys, 1994).

Inadequate or low quality feed is a major constraint to livestock production by smallholder farmers (Anindo and Potter 1994). The performance of forage species in term of yield and nutritional quality are important factors in choosing fodder for animal feed. Hence, it is imperative to evaluate and compare the forage yield and nutrient qualities of major forage crops so as to ascertain their nutritional potentials and to identify the best species or accession for utilization. Therefore, the present study comparatively evaluate the yield and nutrient content of pearl millet and Napier grass to determine the accession with highest potential agronomical and forage utilization.

Material and Methods

Plant materials. Eight accessions comprising of four pearl millet (NGB0055, IP17862, IP3122 and IP22269) and four Napier grass (Omuo-Green, Omuo-Purple, COM-CO3 and COM-CO4) were used for the study. NGB0055 was collected from National Centre for Genetic Resources and Biotechnology, Ibadan, Nigeria. IP17862, IP3122 and IP22269 were collected from International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, India. The Napier grass Omuo-Green, and Omuo-Purple were sourced from the wild population in Omuo-Ekit, Ekiti State, Nigeria while COM-CO3 and COM-CO4 were collected from University of

buena adaptación en ambientes caracterizados por sequía, baja fertilidad del suelo y alta salinidad, por lo que el mijo perla se puede cultivar en áreas donde otros cereales como el maíz, el trigo o el arroz no podrían sobrevivir (FAO/ICRISAT 1996). El mijo perla se utiliza frecuentemente como heno, ensilaje y materia verde por pequeños productores ganaderos y es una opción preferida de forraje debido al bajo contenido de ácido prúsico y taninos, que lo hizo seguro para los restos (Newman *et al.* 2010).

Por otra parte, el pasto Napier (*P. purpureum*), también conocido como pasto elefante, es de gran importancia para la agricultura tropical. Es un pasto perenne, invasor, rizomatoso y robusto, que se puede cultivar en un amplio rango de condiciones ambientales y sistemas de cultivo (Farrell *et al.* 2002). El pasto Napier es un valioso forraje de corte y acarreo utilizado principalmente en establos, o transformado en ensilaje o heno (Mannetje 1992 y FAO 2015). La productividad anual del rendimiento de la biomasa está entre 20 y 30 t MS/ha si se cultiva en de acuerdo a buenas practicas agronómicas y de manejo (Skerman *et al.* 1990 y Farrell *et al.* 2002). El pasto Napier se puede pastar en la etapa vegetativa fresca o cortar como forraje para su posterior utilización, y sus otros usos aparecen en otros estudios (Burkill 1994 y EPA 2013). El pasto Napier es un forraje de alta calidad gracias a su composición química y la digestibilidad (Tessema 2005). Su rendimiento de materia seca supera a otros pastos tropicales (Skerman y Riveros 1990) y representa un suministro continuo de forraje verde todo el año (Humphreys 1994).

Los alimentos inadecuados o de baja calidad es una gran limitante para la producción ganadera de los pequeños productores (Anindo and Potter 1994). El comportamiento de las especies forrajeras en términos de rendimiento y calidad nutricional son factores importantes para la selección de forraje para la alimentación animal. Por lo tanto, es imperativo evaluar y comparar el rendimiento forrajero y calidad de los nutrientes de los principales cultivos de forraje para comprobar sus potenciales nutricionales e identificar las mejores especies o accesiones a utilizar. En consecuencia, el objetivo de este trabajo fue evaluar comparativamente el rendimiento y contenido nutritivo del mijo perla y el pasto Napier para determinar la accensión con mayor potencial agronómico y forrajero.

Materiales y Métodos

Materiales vegetales. Se utilizaron ocho accesiones que incluyeron cuatro de mijo perla (NGB0055, IP17862, IP3122 y IP22269) y cuatro de pasto Napier (Omuo-Green, Omuo-Purple, COM-CO3 y COM-CO4). La NGB0055 se recolectó del National Centre for Genetic Resources and Biotechnology, Ibadan, Nigeria. Las accesiones IP17862, IP3122 and IP22269 se encontraron en el International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, India. Los pastos Napier Omuo-Green, and Omuo-Purple se extrajeron de la población silvestre en Omuo-Ekit, estado de Ekiti, Nigeria, mientras que las COM-CO3 and COM-CO4 se recolectaron de la University of Agriculture,

Agriculture, Coimbatore, Tamil-Nadul, India.

Experimental field. The field experiment was conducted at C. G. Bhakta Institute of Biotechnology (CGBIBT), Uka Tarsadia University (UTU), Bardoli, Gujarat, India during the monsoon (July- Sept) 2015. UTU is located on latitude 21.04°N, longitude 073.03°E and at elevation of 39 feet above sea level. The local annual average maximum temperatures was 33 °C and the minimum was 22 °C. The mean rainfall for the year was 117.6 mm, the wettest month was July with an average of 441.96 mm and the driest month was March with 0.0 mm precipitation. The annual maximum and minimum average relative humidity were 77 % and 54 % respectively, the estimated average day-light was 12.5 hours (Indian Metrological Society 2016).

Soil characteristic and preparation. The field was basically sandy clay-loam soil. Prior to the commencement of the field experiment, soil samples were taken randomly from eight points (0-30 cm depth) for physical and chemical analyses. The analyses were conducted using the methods described by Cottenie *et al.* (1982) and But (2004). The soil was fluvisol, clay-loam with pH 4.9 and electrical conductivity of 1.21 dS·m⁻¹. The percentage organic matter was 4.81 %, total nitrogen 0.36 % and available phosphorous of was 2.58 (ppm). The land was cleared, ploughed and made into ridges with 30 cm in-between rows.

Morphological and yield evaluation. Evaluation of morpho-agronomic traits and biomass yield of the pearl millet and Napier grass accessions was carried out in a randomized complete block design of plot size 2 m x 4 m in three replicates. Pearl millet seeds were sown in single row of 30 cm apart and in-between the rows using a seed rate of 15 kg·ha⁻¹. The Napier grass clones (stem cuttings) with two nodes were planted at a depth of 15-20 cm at an angle of 45°. The inter and intra spacing of the Napier grass was 0.5 x 1 m making a total of 25 stem cuttings per plot. Plants along the borders of plots were excluded from measurement. Only 10 stool per plot in three replicates were sampled for morphological character. Morphological characters evaluated at 10 weeks after planting include plant heights, leaf length and leaf breadth which were measured with tape rule, number of leaf and tiller per plant were counted while stem girth was measured using electronic vernier caliper (Titan 2378 Model) at 10 cm above the ground level.

Nutrient analysis. Shoot samples of each accession were analyzed for moisture (AOAC 1990). The amount of nitrogen was determined by Kjeldahl method from which crude protein was calculated as total N×4.43 (Yeoh and Wee 1994). Soluble sugar and total carbohydrate were estimated using the method of Nelson (1944). The ash, calcium, magnesium, potassium, zinc, iron and phosphorus contents were determined according to the procedures of AOAC (1990). Neutral (NDF) and acid

Coimbatore, Tamil-Nadul, India.

Área experimental. El experimento se realizó en C. G. Bhakta Institute of Biotechnology (CGBIBT), Uka Tarsadia University (UTU), Bardoli, Gujarat, India, durante la etapa monzónica (julio-sept de 2015). UTU se encuentra en los 21.04° de latitud norte, los 073.03° de longitud este y a una elevación de 39 pies sobre el nivel del mar. Las temperaturas máximas promedio anuales son 33 °C y las mínimas de 22 °C. Las precipitaciones medias anuales fueron 117.6 mm. El mes más húmedo fue julio con un promedio de 441.96 mm y el más seco fue marzo con 0.0 mm de precipitaciones. La humedad relativa media anual máxima y mínima fueron de 77 % y 54 %, respectivamente y el promedio estimado de luz solar fue de 12.5 horas (Indian Metrological Society 2016).

Preparacion y características del suelo. El suelo era arenoso arcilloso. Antes de comenzar a utilizar el área experimental se tomaron muestras de suelo al azar en ocho puntos (0-30 cm de profundidad) para realizar análisis físicos y químicos. Se analizaron con los métodos descritos por Cottenie *et al.* (1982) y But (2004). El suelo era fluvisol, arcilloso, con 4.9 de pH y conductividad eléctrica de 1.21 dS·m⁻¹. El porcentaje de materia orgánica fue 4.81 %, 0.36 % de nitrógeno total y 2.58 (ppm) de fósforo disponible. La tierra se preparó y se surcó con 30 cm entre ellos.

Evaluación morfológica y de rendimiento. La evaluación de las características morfo-agronómicas y el rendimiento de biomasa del mijo perla y el pasto Napier se realizó con un diseño de bloques completamente al azar, con parcelas de 2 m x 4 m, en tres replicas. Las semillas de mijo perla se sembraron en línea de 30 cm de separación entre los surcos, con el uso de una tasa de semilla de 15 kg·ha⁻¹. Los clones del pasto Napier (esquejes), con dos nudos, se sembraron a una profundidad de 15-20 cm, en un ángulo de 45°. El inter e intra-espaciado del pasto Napier fue 0.5 x 1 m, para un total de 25 esquejes por parcela. Las plantas de los bordes de las parcelas se excluyeron de las mediciones. Solo 10 brotes por parcela, en tres repeticiones, se muestrearon para analizar el carácter morfológico. Las características morfológicas evaluadas 10 semanas después de sembrados incluyen altura de la planta, longitud y ancho de la hoja, que se midieron con una regla, el número de hojas y brotes por plantas se contaron, mientras que la circunferencia del tallo se midió con un pie de rey electrónico (Modelo Titán 2378) a 10 cm por encima del nivel del suelo.

Análisis de nutrientes. Las muestras de brotes de cada accensión se analizaron para encontrar humedad (AOAC 1990). La cantidad de nitrógeno se determine por el método de Kjeldahl, del cual la proteína cruda se calculó como N total×4.43 (Yeoh and Wee 1994). Las azúcares solubles y los carbohidratos totales se estimaron con el método de Nelson (1944). El contenido de cenizas, calcio, magnesio, potasio, zinc, hierro y fósforo se determine según los procedimientos de AOAC (1990). La FDN y la FAD se estimaron de acuerdo con

detergent fibers (ADF) were estimated according to the method described by Van Soest *et al.* (1991).

Dry matter (DM) determination. Each of the 10 plants from a plot were clipped at 5 cm from ground level, then the weight of the bulked samples for each accession were determined. From the bulked sample, about 300 g were taken for each accession for dry matter analysis. The dry matter samples were oven-dried at 60 °C for 48 h and the percentage dry matter determined by weight.

Data analysis. Data from the vegetative yield and nutrient composition were subject to analysis of variance (ANOVA) using SPSS version 17. Duncan Multiple Range Test (DMRT) was used to test the differences between means and differences between means were considered significant if p-values were less than 0.05.

Results

Growth and vegetative characteristics of the pearl millet and Napier grass accessions at 10 weeks after planting (WAP) showed variation in the parameters evaluated as shown in table 1. Among the pearl millet accessions, plant height was statistically higher for NGB00551 and IP22269. In contrast, plant height was not significantly different for the Napier grass accessions with the exception of COM-CO4 which produced the least average plant height of 91.02 cm. Leaf formation per plant was significantly higher (29.00 – 17.00) for Napier grass than the pearl millet accessions (8.20-10.00). Meanwhile, significant intra an inter-specific variations were recorded for the accessions in term of leaf length. Generally, Napier grass accessions had longer and broader leaves than the pearl millet, nevertheless, pearl millet NGB00551 and IP17862 had most significantly narrow leaves. Stem girth was statistically higher in Napier grass than the millet accessions (table 1). The trend was similar for number of tiller per plant. While tiller per plant ranged from 0.48-0.89 among pearl millet, profuse tillering (18.21-31.55) were recorded for Napier grass accessions at 10 WAP.

The degree of hairiness varied among the accessions, pearl millet accessions were scantily hairy; IP3132 had no visible trichomes (table 2). Napier grass accessions Omuo-Green and Omuo-Purple were densely pubescent, but COM-CO-3 and COM-CO4 were sparsely hairy around the leaf sheath.

The total soluble sugar and carbohydrate content was higher in the pearl millet than the Napier grass accessions. Among the Napier grass, Omuo-Purple had the least total soluble sugar and carbohydrate (0.33 mg mL⁻¹; 0.36 mg mL⁻¹) (table 3). In term of calcium composition, pearl millet were higher than the Napier grass, however, among the Napier grass accession, COM-3 and COM-4 contained higher amount of calcium. This trend was similar for

la metodología descrita por Van Soest *et al.* (1991).

Determinación de materia seca (MS). Cada una de las 10 plantas de una parcela se cortaron a 5 cm del nivel del suelo, y se determinó el peso de las muestras voluminosas para cada accensión. Aproximadamente 300 g se tomaron por cada accensión de la muestra voluminosa para el análisis de materia seca. Las muestras de materia seca se secaron en una estufa a 60 °C por 48 h y el porcentaje de materia seca se determinó por el peso.

Análisis de los datos. Los datos de rendimiento vegetal y la composición de nutrientes estuvieron sujetos a un análisis de varianza (ANOVA), con la utilización de SPSS, versión 17. La dócima de Duncan se utilizó para establecer diferencias entre las medias y estas fueron consideradas significativas si los valores de P eran menores que 0.05.

Resultados

El crecimiento y las características vegetales de las accensiones del mijo perla y del pasto Napier, a las 10 semanas de plantadas mostraron variaciones en los indicadores evaluados, como se muestra en la tabla 1. Entre las accensiones del mijo perla, la altura de la planta fue estadísticamente mayor para NGB00551 y IP22269. Por el contrario, este indicador no fue significativamente diferente para las accensiones del pasto Napier, excepto para COM-CO4, que tuvo la menor altura promedio con 91.02 cm. La formación de hojas por planta fue significativamente mayor (29.00 – 17.00) para las accensiones del pasto Napier que para las del mijo perla (8.20-10.00). Mientras tanto, se registraron significativas variaciones intra e interespecíficas para las accensiones en términos de longitud de hoja. En general, las accensiones del pasto Napier tuvieron hojas más largas y anchas que las del mijo perla, sin embargo, el mijo perla NGB00551 y el IP17862 tuvieron las hojas significativamente más estrechas. La circunferencia del tallo fue estadísticamente mayor en las accensiones del pasto Napier que en las del mijo perla (tabla 1). La tendencia fue similar para el número de brotes por planta. Los brotes por planta oscilaron de 0.48 a 0.89 en el mijo perla, mientras que hubo un brote intenso (18.21-31.55) en las accensiones del pasto Napier a las 10 semanas de plantadas.

El grado de vellosidad varió entre las accensiones. Las accensiones del mijo perla presentaron poca vellosidad, la IP3132 no tenía tricomas visibles (table 2). Las accensiones del pasto Napier Omuo-Green y Omuo-Purple tenían una densa vellosidad, pero el COM-CO-3 y el COM-CO4 presentaron poca vellosidad alrededor de la hoja.

El contenido de carbohidratos y azúcares solubles totales fue mayor en el mijo perla que en las accensiones del pasto Napier. En el pasto Napier, Omuo-Purple tenía el menor contenido de carbohidratos azúcar soluble (0.33 mg mL⁻¹, 0,36 mg mL⁻¹) (tabla 3). Según la composición de calcio, el mijo perla tuvo valores más altos que el pasto Napier. Sin embargo, entre las accensiones de pasto Napier, COM-3 y COM-4 contenían una mayor cantidad de calcio. Esta tendencia

Table 1. Vegetative characteristics of the pearl millet and Napier grass accessions at 10-weeks after planting

Accession	Growth parameters at 10-weeks after planting					
	PH (cm)	NL	LL (cm)	LB (cm)	SG (cm)	NTP
NGB00551	108.4 ^a	8.40 ^c	33.42 ^d	1.02 ^b	0.54 ^b	0.89 ^c
IP17862	82.82 ^b	10.00 ^c	41.26 ^{cd}	1.56 ^b	0.58 ^b	0.60 ^{cd}
IP22269	104.1 ^a	8.20 ^c	42.4 ^{cd}	2.62 ^a	0.67 ^b	0.48 ^d
IP3122	99.88 ^{ab}	9.20 ^c	51.38 ^c	1.72 ^{ab}	0.59 ^b	0.80 ^c
OM-GREEN	111.95 ^a	19.80 ^b	92.66 ^a	2.34 ^a	1.17 ^a	18.21 ^b
OM-PURPLE	101.28 ^a	21.80 ^{ab}	96.38 ^a	2.48 ^a	1.42 ^a	22.17 ^{ab}
COM-CO3	116.28 ^a	17.00 ^b	78.54 ^b	2.58 ^a	1.96 ^a	31.55 ^a
COM-CO4	91.02 ^{ab}	29.00 ^a	98.42 ^a	2.66 ^a	1.49 ^a	27.25 ^a
SEM	8.23	3.27	6.75	0.56	0.21	0.14

SEM = pooled standard error of the means. Means sharing the same case letter do not differ significantly at $p < 0.05$. PH = Plant height; NL = Number of leaves/plant; LL = Leaf length; LB = leaf breadth; SG = Stem girth; NTP = Number of tiller/plant

Table 2. Hairiness pattern of accessions of pearl millet and Napier grass at different stages of growth

Grass	Accession	Hairiness		Leaf color
		(4 WAP)	(10 WAP)	
Pearl millet	NGB00551	-	+	Green
	IP17862	+	++	Green
	IP3132	-	-	Green
	IP22269	+	-	Green
	OM-GREEN	+++	+++	Green
Napier grass	OM-PURPLE	++	++	Purple
	COM-CO3	+	+	Green
	COM-CO4	+	-	Green

- No hair; + Scanty hairy; ++ Medium hairy; +++ Densely hairy
WAP = Weeks after planting

Table 3. Chemical composition of the leaf and stem of Napier grass and pearl millet accession

Accession	Nutrient element composition (mg g ⁻¹)							
	TSS	TC	Ca	Mg	K	P	Fe (ppm)	Zn (ppm)
NGB00551	0.46±0.02	0.60±0.24	3.79±0.02	3.10±0.05	0.88±0.01	0.35±0.01	0.52±0.00	0.60±0.01
IP17862	0.43±0.02	0.16±0.01	2.53±0.00	3.34±0.01	0.79±0.05	0.51±0.04	0.45±0.01	0.37±0.01
IP22269	0.69±0.02	1.20±0.00	3.37±0.02	2.57±0.06	0.70±0.01	0.25±0.02	0.51±0.00	0.56±0.01
IP3122	0.61±0.00	2.74±0.05	2.54±0.01	2.01±0.05	0.89±0.02	0.41±0.00	0.37±0.01	0.45±0.02
OM-GREEN	0.44±0.01	1.06±0.02	2.24±0.01	2.08±0.01	0.83±0.01	0.22±0.00	0.44±0.02	0.50±0.00
OM-PURPLE	0.30±0.00	0.36±0.02	1.91±0.01	1.91±0.01	0.79±0.02	0.23±0.01	0.33±0.03	0.28±0.00
COM-CO3	0.60±0.02	0.76±0.02	2.87±0.02	3.33±0.02	0.84±0.00	0.21±0.05	0.47±0.00	0.34±0.03
COM-CO4	0.50±0.02	0.55±0.02	2.51±0.03	3.51±0.01	0.77±0.05	0.25±0.02	0.38±0.01	0.51±0.10

The table consists of the means and the standard error

Key: TSS = Total soluble sugar; TC = Total carbohydrate

magnesium content of the accessions. Meanwhile, amount of potassium, phosphorous, iron and zinc constituents were higher for the millet accessions, although, Napier grass accessions COM-3 and COM-4 contained amount similar to the millets, the least of these elemental nutrients were found in the Omuo-Purple accession of Napier grass.

fue similar para el contenido de magnesio de las accessiones. Mientras tanto, la cantidad de componentes de potasio, fósforo, hierro y zinc fue mayor para las accessiones de mijo, aunque las accessiones de pasto Napier COM-3 y COM-4 contenían cantidades similares a los mijos, el menor de estos nutrientes elementales se encontró en la accesión Omuo-Purple de pasto Napier.

The dry matter yield ranged from 11.67 to 8.67 t/ha and 6.28 to 4.16 t/ha for Napier grass and pearl millet accessions respectively (table 4). Accessions Omuo-Green and COM-CO3 had significantly highest dry matter while pearl millet IP17862 and IP3122 had the least performance in term of dry matter yield. The total crude protein composition of the accessions were statistically comparable with the least found on IP22269 millet accession. The acid detergent fibre (ADF) and neutral detergent fibre (NDF) were less in pearl millet than the Napier grass. While NGB00551 maintained the lead in these parameters among the pearl millet accession, Omuo-Purple had highest values among the Napier grass group. Contrary to variations obtained in dry matter, crude protein, acid and neutral detergent fibers of the accessions, their ash content were similar and not significantly different (table 4).

El rendimiento de materia seca varió de 11.67 a 8.67 t/ha y de 6.28 a 4.16 t/ha para las accensiones de Napier y mijo perla, respectivamente (tabla 4). Las accensiones Omuo-Green y COM-CO3 tuvieron significativamente mayor materia seca, mientras que el mijo perla IP17862 e IP3122 tuvieron el menor rendimiento en términos de rendimiento de materia seca. La composición de proteína bruta total de las accensiones fue estadísticamente comparable con la menor, encontrada en la accensión de mijo IP22269. La fibra detergente ácida (ADF) y la fibra detergente neutra (NDF) fueron menores en mijo perla que en el pasto Napier. Mientras que NGB00551 mantuvo el liderazgo en estos indicadores entre las accensiones de mijo perla, Omuo-Purple tuvo los valores más altos en el grupo del pasto Napier. Contrariamente a las variaciones obtenidas en materia seca, proteína cruda, FDA y FDN de las accensiones, su contenido de cenizas fue similar y no significativamente diferente (tabla 4).

Table 4. Dry matter and nutrient composition of pearl millet and Napier grass for forage assessment

Grass	Accessions	DM(t/ha)	Variables based on %DM			
			CP	ADF	NDF	AS
Pearl millet	NGB00551	6.28 ^c	10.35 ^a	30.12 ^b	43.70 ^b	9.60 ^a
	IP17862	4.99 ^d	9.91 ^a	28.15 ^b	43.25 ^{ab}	9.10 ^a
	IP22269	5.14 ^{cd}	7.51 ^b	27.30 ^b	40.25 ^{bs}	8.91 ^a
	IP3122	4.16 ^d	9.63 ^a	27.90 ^b	43.55 ^b	8.86 ^a
Napier grass	OM-GREEN	10.18 ^a	9.20 ^a	34.60 ^a	51.82 ^a	8.93 ^a
	OM-PURPLE	8.67 ^b	9.01 ^a	35.42 ^a	52.75 ^a	9.90 ^a
	COM-CO3	11.67 ^a	9.03 ^a	32.15 ^a	51.65 ^a	9.21 ^a
	COM-CO4	9.81 ^{ab}	9.31 ^a	33.10 ^a	53.60 ^a	8.98 ^a
SEM		2.10	1.32	3.45	5.12	1.01

SEM = pooled standard error of the means. Means sharing the same case letter do not differ significantly at $p < 0.05$. DM = Dry matter; CP = Crude protein; ADF = Acid detergent fibre; NDF = Neutral detergent fibre; AS = Ash

Discussion

Pearl millet has high protein and energy with low fibre content and Napier grass is economically important for its quality feed for grazing, green chop, hay, or silage (Jennings *et al.* 2010). Comparative evaluation of yield performance and nutritional composition of the two most economic important forage grasses in the genus Pennisetum is very important for their preferential utilization in animal nutrition. Plant height, number of leaf and leaf dimensions are significant growth attributes which are directly linked with productivity and yield parameters of plant. The present results showed Napier grass attained height above 1 m at 10 WAP with high number of leaf per plant which indicated it high forage yielding capacity. The growth pattern observed in this study concurred with Orodho (2006) and Kebede *et al.* (2016) who reported plant height between 1.0-1.2 m in Napier grass at 3 months (12 weeks) after planting.

Discusión

El mijo perla tiene una gran cantidad de proteína y energía con bajo contenido de fibra y el pasto Napier es económicamente importante por su calidad de alimento para pastoreo, materia verde, heno o ensilaje (Jennings *et al.*, 2010). La evaluación comparativa del comportamiento del rendimiento y la composición nutricional de las dos gramíneas forrajeras más importantes económicamente del género Pennisetum es fundamental para su utilización preferencial en la nutrición animal. La altura de la planta, el número de hojas y las dimensiones de la hoja son atributos significativos de crecimiento que están directamente relacionados con los indicadores de productividad y rendimiento de la planta. Los resultados actuales mostraron que el pasto Napier alcanzó una altura superior a 1 m a 10 semanas después de la siembra con un alto número de hojas por planta, lo que indica una alta capacidad de producción de forraje. El patrón de crecimiento observado en este estudio coincidió con Orodho (2006) y Kebede *et al.* (2016)

Furthermore, the vegetative growth obtained for pearl millet in the present study was similar to earlier report (Amodu *et al.* 2007). The intra-specific variation in vegetative parameters in the accessions may be due to differential response to environment, disparity in genetic makeup or internal genetic control of the accessions (Animasaun *et al.* 2017). Since forage yield is directly proportional to vegetative growth, thus, Napier grass had higher green forage yield than the pearl millet. More vigorous vegetative growth which translated to bigger stem diameter, more number of leaves per plant and greater leaf area account for such higher biomass yield as previously noted by Ayub *et al.* (2012).

Glabrous nature or reduced trichome density in pearl millet accessions could confer better palatability and feeding preference by the ruminants. Napier grass Omuo-Green and Omuo-Purple accessions which were sourced from natural populations are densely hairy, this suggests a wild adaptive characters to prevent excessive browsing by the herbivores. However, if so, it becomes a limitation in its utilization as fodder and may require modification through breeding process.

Comparative shoot nutrient composition analysis of the pearl millet and Napier grass accessions showed that pearl millet is richer in soluble sugar, carbohydrate and elemental minerals viz: calcium, magnesium, potassium, iron and zinc. The presence of these important nutritional minerals in pearl millet gives credence to its preferential utilization as forage crop (Tabosa *et al.* 1999 and FAO, 2015). Moreover, according to Jennings *et al.* (2010), pearl millet does not produce hydrocyanic acids (unlike sorghums), hence, there is no risk of poisonous prussic acid, making it a safe fodder (Tabosa *et al.* 1999). Nevertheless, the nutritive elements in Napier grass significantly influence its usage as forage grass by small farm holders (Devasena *et al.* 1993). Since the two species have the capability to exchange alleles, their hybrid would carry desirable characteristics that enhance its forage utilization (Dowling *et al.* 2013).

Significant variation in amount of dry matter, crude protein, neutral detergent fibre (NDF), acid detergent fibre (ADF) and ash content have been reported in earlier studies (Ansah *et al.* 2010 and Rengsirikul *et al.* 2013). Phenotypically Napier grass has relatively wider, longer leaves and larger stem girth and cell wall fractions (NDF, ADF) compared to the pearl millet, but lesser crude protein percentage. This finding is in line with the report of Gwayumba *et al.* (2002) who demonstrated that Bana Napier grass with higher crude protein had lower ADF and NDF values than the French Cameroon Napier grass.

The nutritional quality of forage crop could be strongly influenced by a number of factors such as

que informaron la altura de la planta entre 1.0-1.2 m en el pasto Napier a los 3 meses (12 semanas) después de la siembra. Además, el crecimiento vegetativo obtenido para el mijo perla en el presente estudio fue similar al informe anterior (Amodu *et al.* 2007). La variación intraespecífica en los indicadores vegetativos en las accensiones puede deberse a la respuesta diferencial al medio ambiente, la disparidad en la composición genética o el control genético interno de las accensiones (Animasaun *et al.* 2017). Como el rendimiento de forraje es directamente proporcional al crecimiento vegetativo, el pasto Napier tuvo mayor rendimiento de forraje verde que el mijo perla. Un crecimiento vegetativo más vigoroso que se tradujo en un mayor diámetro del tallo, mayor número de hojas por planta y mayor área foliar dan cuenta de mayor rendimiento de biomasa como lo notó anteriormente Ayub *et al.* (2012).

La naturaleza glabra o la densidad reducida del tricoma en las accensiones de mijo perla podrían conferir mejor palatabilidad y preferencia de alimentación por parte de los rumiantes. Las accensiones del pasto Napier, Omuo-Green y Omuo-Purple, que provienen de poblaciones naturales tienen densa vellosidad, lo que sugiere un carácter silvestre adaptable para evitar el ramoneo excesivo de los herbívoros. Sin embargo, si es así, se convierte en una limitación en su utilización como forraje y puede requerir modificaciones a través del mejoramiento genético.

El análisis comparativo de composición de nutrientes de brotes de las accensiones de mijo perla y de pasto Napier mostró que el mijo perla es más rico en azúcar soluble, carbohidratos y minerales, como el calcio, magnesio, potasio, hierro y zinc. La presencia de estos minerales nutricionales importantes en el mijo perla da crédito a su utilización preferencial como cultivo forrajero (Tabosa *et al.* 1999 y FAO, 2015). Además, de acuerdo con Jennings *et al.* (2010), el mijo perla no produce ácido cianhídrico (a diferencia de los sorgos), por lo tanto, no hay riesgo de ácido prúsico tóxico, por lo que es un forraje seguro (Tabosa *et al.* 1999). Sin embargo, los elementos nutritivos en el pasto Napier influyen significativamente en su uso como pasto forrajero por los pequeños productores (Devasena *et al.* 1993). Dado que las dos especies tienen la capacidad de intercambiar alelos, su híbrido tendría características deseables que mejorarían la utilización de su forraje (Dowling *et al.* 2013).

En estudios anteriores se han reportado variaciones significativas en la cantidad de materia seca, proteína cruda, FDN, FDA y contenido de cenizas (Ansah *et al.* 2010 y Rengsirikul *et al.* 2013). Fenotípicamente, el pasto Napier tiene hojas relativamente más anchas y más largas, mayor circunferencia del tallo y fracciones de la pared celular (NDF, ADF) en comparación con el mijo perla, pero menor porcentaje de proteína cruda. Este hallazgo es similar al informe de Gwayumba *et al.* (2002), quienes demostraron que el pasto Napier Bana con mayor proteína cruda tenía valores más bajos de FDA y FDN que el pasto Napier francés de Camerún.

La calidad nutricional de los cultivos forrajeros podría

management practices, harvesting age, and frequency of harvest among others (Keba *et al.* 2013). Most grasses harvested during the early stage (usually between 10 to 12 weeks) would likely contain relatively higher crude protein content, meanwhile, plant structural components (NDF and ADF) may increase with the days of harvest (Mirza *et al.* 2002), and high content of NDF and ADF could reduce dry matter digestibility in ruminants (Keba *et al.* 2013). The nutritional quality of the grasses harvested at 10 WAP in the present study were believed to be of good quality and fall in range with those reported for Napier grass (Wangchuk *et al.* 2015) and pearl millet (Al-Suhaibani, 2011). The time of harvest (10 WAP), possibly accounted for the relatively low amount of NDF found in the studied Napier grass accessions and the values were lesser than the those obtained in overgrown Napier grass (Mukhtar *et al.* 2003). Considering the fact that pearl millet has relatively high crude protein but less amounts of NDF and ADF which implies higher digestibility, it is considered to be more suitable as a forage for dairy farming.

Conclusions

Two important forage grasses of the genus *Pennisetum* were compared for yield, dry matter and nutrient composition. Analysis of the data revealed pearl millet contained higher amount of carbohydrate and nutrient elements than the Napier grass accessions. Among the pearl millet accessions, NGB00551 had highest dry matter yield and nutritive values while COM-CO3 showed best performance among the Napier grass accessions. In general, pearl millet has relatively higher crude protein but less amounts of neutral and acid detergent fibers which implies higher digestibility and would therefore be more suitable as a forage than Napier grass. However, to improve the efficient utilization of both Napier grass and pearl millet varieties, hybridization would be necessary.

verse fuertemente influenciada por una serie de factores tales como las prácticas de manejo, la edad de cosecha y la frecuencia de cosecha, entre otros (Keba *et al.* 2013). La mayoría de las gramíneas recolectadas durante la etapa temprana (generalmente entre 10 a 12 semanas) probablemente tendrían un contenido relativamente mayor de proteína cruda, mientras tanto, los componentes estructurales de la planta (FDN y FDA) pueden aumentar con los días de cosecha (Mirza *et al.* 2002) y un alto contenido de FDN y FDA podría reducir la digestibilidad de la materia seca en los rumiantes (Keba *et al.* 2013). Se cree que es buena la calidad nutricional de los pastos cosechados 10 semanas después de la siembra en el presente estudio y está dentro del rango de los reportados para el pasto Napier (Wangchuk *et al.* 2015) y el mijo perla (Al-Suhaibani 2011). El tiempo de cosecha (10 semanas después de la siembra), posiblemente representó la cantidad relativamente baja de FDN encontrada en las accensiones de pasto Napier estudiadas y los valores fueron menores que los obtenidos en pasto Napier demasiado grande (Mukhtar *et al.* 2003). Teniendo en cuenta el hecho de que el mijo perla tiene una proteína cruda relativamente alta pero menos cantidades de FDN y FDA, lo que implica una mayor digestibilidad, se considera que es más adecuado como forraje para la producción lechera.

Conclusiones

Se compararon dos gramíneas forrajeras importantes del género *Pennisetum* para rendimiento, materia seca y composición de nutrientes. El análisis de los datos reveló que el mijo perla contenía mayor cantidad de carbohidratos y elementos nutritivos que las accensiones de pasto Napier. Entre las accensiones de mijo perla, NGB00551 tuvo mayor rendimiento de materia seca y valores nutritivos, mientras que COM-CO3 mostró el mejor rendimiento entre las accensiones de pasto Napier. En general, el mijo perla tiene una proteína bruta relativamente más alta pero menor cantidad de FDN y FDA, lo que implica mayor digestibilidad y, por lo tanto, sería más adecuado como forraje que el pasto Napier. Sin embargo, para mejorar la utilización eficiente de las variedades de pasto Napier y mijo perla, sería necesaria la hibridación.

References

- Al-Suhaibani, N. A 2011. Better forage and grain yield quality of pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) under different irrigation water supplies and plant densities. *World Applied Sciences Journal*, 15 (8): 1136-1143.
- Amodu, J. T., Adeyinka, I. A., Kallah, M. S. & Alawa, J. P. 2007. Evaluation of pearl millet accession for yield and nutrient composition. *Journal of Biological Sciences*, 7: 379-383. <http://dx.doi.org/10.3923/jbs.2007.379.383>
- Animasaun, D. A., Morakinyo, J. A., Krishnamurthy, R. & Mustapha O. T. 2017. Genetic divergence of Nigerian and Indian pearl millet accessions based on agronomical and morphological traits. *Journal of Agricultural Sciences*, 62(2): 115-131. <https://doi.org/10.2298/JAS1702115A> UDC: 633.17:575.22(669)
- Anindo, D. O. & Potter, H. L. 1994. Seasonal variation in productivity and nutritive value of Napier grass at Muguga, Kenya. *East African Agriculture and Forestry Journal*, 59: 177-185.
- Ansah, T., Osafo, E. L. K. & Hanne, H. H. 2010. Herbage yield and chemical composition of four varieties of Napier (*Pennisetum purpureum*) grass harvested at three different days after planting. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1: 923-929. DOI: 10.5251/abjna.2010.1.5.923.929
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Agricultural Chemists. 15th Edition, Arlington.
- Ayub, M., Khalid, M., Tariq, M., Elahi, M. & Nadeem, M. A. 2012. Comparison of sorghum genotypes for forage production

- and quality. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 22: 733-737.
- Burkill, H. M. 1994. *The useful plants of West Tropical Africa*. Royal Botanic Gardens. Kew, UK p. 636.
- But, R., 2004. *Soil Survey Laboratory Manual Report*. No.42 USDA, National Resources Conservation Service. Washington.
- Cottenie, A. M., Kjekens L. V. & Camerlynch R. 1982. *Chemical analysis of plant and soil laboratory of analytical agro-chemistry*. State University of Gent, Belgium, 42: 280-284.
- Devasena, B., Krishna, N., Prasad, J. R. and Reddy, D. V. 1993. *Chemical composition and nutritive value of Brazilian Napier grass*. *Indian Journal of Animal Science*, 63:776-777.
- Dowling, C. D., Burson, B. L., Foster, J. L., Tarpley, L. & Jessup, R.W. 2013. *Confirmation of pearl millet-Napier grass hybrids using EST-derived simple sequence repeat (SSR) markers*. *American Journal of Plant Science*, 4: 1004–1012.
- EPA. 2013. *EPA issues supplemental final rule for new qualifying renewable fuels under the RFS program*. US Environmental Protection. Agency, Transport. Air Qual., EPA-420-F-13-040.
- FAO. 2015. *Grassland Index*. A searchable catalogue of grass and forage legumes. FAO, Rome, Italy.
- FAO & ICRISAT 1996. *The world Sorghum and millet economics; facts, trends and outlook*. Food and Agricultural Organization of the United Nations: Rome, Italy and International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics: Patanchera 502 324, Andhra Pradesh, India p.23-26
- Farrell, G., Simons, S. A. & Hillocks R. J. 2002. *Pests, diseases and weeds of Napier grass, Pennisetum purpureum: a review*. *Journal of Pest Management*, 48 (1): 39-48.
- Gwayumba, W., Christensen, D., McKinnon, J. & Yu, P. 2002. *Dry matter intake, digestibility and milk yield by Friesian cows fed two Napier grass varieties*. *Asian-Australia. Journal of Animal Science*, 15: 516–521.
- Humphreys, L. R. 1994. *Tropical forages: Their role in sustainable agriculture*. Longman, Harlow, UK. pp. 414.
- Indian Metrological Society 2016. *India metrological data; 2014-2016*. IMS, New Delhi, India
- Jennings, E. D., Vendramini, J. & Blount, A. 2010. *Pearl millet (Pennisetum glaucum): overview and management*. Agronomy Department, University of Florida/IFAS Extension SS-AGR-337. <http://edis.ifas.ufl.edu>.
- Keba, H. T., Madakadze, I. C., Angassa, A. & Hassen, A. 2013. *Nutritive value of grasses in semi-arid rangelands of Ethiopia: Local experience based herbage preference evaluation versus laboratory analysis*. *Asian-Australia. Journal Animal Science*, 26: 366.
- Kebede, G., Feyissa, F., Assefa, G., Alemayehu, M., Mengistu, A., Kehaliew, A., Melese, K., Mengistu, S., Tadesse, E., Wolde, S. and Abera, M. 2016. *Evaluation of Napier grass (Pennisetum purpureum (L.) Schumach) accessions for agronomic traits under different environmental conditions of Ethiopia*. *International Journal of Advanced Research*, 4 (4): 1029-1035.
- Mannetje, L. T. 1992. *Pennisetum purpureum Schumach*. Record from Proseabase. Mannetje, L. T & Jones, R. M. (eds). PROSEA (Plant Resources of South-East Asia) Foundation, Bogor, Indonesia.
- Mirza, S. N. Muhammad, N. & Qamar, I. A. 2002. *Effect of growth stages on the yield and quality of forage grasses*. *Pakistan Journal Agricultural Research*, 17: 145–147.
- Mukhtar, M., Ishii, Y., Tudsri, S., Idota, S. & Sonoda, T. 2003. *Dry matter productivity and over wintering ability of the dwarf and normal Napier grasses as affected by the planting density and cutting frequency*. *Plant Production Science*, 6: 65–73.
- Nelson N, 1944. *A photometric adaptation of the somogyi method for the determination of glucose*. *J. Biol. Chem.*, 153: 375-380.
- Newman, Y., Jennings, E., Vendramini, J. & Blount, A. 2010. *Pearl millet (Pennisetum glaucum): overview and management*. University of Florida IFAS Extension. Publication, SS-AGR-337. <http://edis.ifas.ufl.edu/ag347> (accessed 31 Jul. 2014).
- Orodho, A. B. 2006. *The role and importance of Napier grass in the smallholder dairy industry in Kenya* Food and Agriculture Organization: Rome, Italy. pp. 2011.
- Rengsirikul, K., Ishii, Y., Kangvansaichol, K., Sripichitt, P., Punsuvon, V., Vaitanomsat, P., Nakamane, G. & Tudsri, S. 2013. *Biomass yield, chemical composition and potential ethanol yields of eight cultivars of Napier grass (Pennisetum purpureum Schumach.) harvested 3-monthly in central Thailand*. *Journal of Sustainable Bioenergy System*, 3: 107.
- Skerman, P. J. & Riveros, F. 1990. *Tropical Grasses*. FAO, Rome. pp.832.
- Tabosa, J. N., Andrews, D. J., Tavares-Filho J. J. & Azevedo-Neto, A. D. 1999. *Comparison among forage millet and sorghum varieties in semi-arid Pernambuco, Brazil yield and quality*. *International Sorghum Millet Newsletter*, 40: 3-6.
- Tessema, Z. 2005. *Variation in growth, yield, chemical composition and in vitro dry matter digestibility of Napier grass accessions (Pennisetum purpureum)*. *Tropical Science*, 45: 67–73. DOI: 10.1002/ts.51
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B. & Lewis, B. A. 1991. *Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition*. *Journal of Dairy Science*. 74: 3583–3597.
- Wangchuk, K., Rai, K., Nirola, H., Thukten, Dendup, C. & Mongar, D. 2015. *Forage growth, yield and quality responses of Napier hybrid grass cultivars to three cutting intervals in the Himalayan foothills*. *Tropical Grasslands – Forrajes Tropicales*, 3: 142–150.
- Yeoh, H. H. & Wee, Y. C. 1994. *Leaf protein contents and nitrogen to-protein conversion factors for 90 plant species*. *Food Chemistry*, 49: 245–250. DOI: 10.1016/0308-8146(94)90 167-8.