

ETAPA DE APLICACIÓN DE AZUFRE SOBRE PRODUCTIVIDAD DE BULBOS DE CEBOLLA (*Allium cepa* L.)

SULFUR APPLICATION STAGE ON PRODUCTIVITY OF ONION BULBS (*Allium cepa* L.)

K. Kiara Barros-Milhomens, I. Dolores Pascual-Reyes*, Aline Torquato Tavares, D. Alves Porto-da-Silva-Lopes, J. André de-Freitas, Ildon Rodrigues-do-Nascimento

Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal. Rua Badejós, Lote 7, Chácaras 69/72, Zona Rural. CEP 77402-970, Gurupi, Tocantins- Brasil. (irais121@hotmail.com).

RESUMEN

El azufre (S) es necesario para el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.). En Brasil los estudios relacionados con la fertilización del cultivo de cebolla son escasos. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de los períodos de aplicación de S en características agronómicas en dos cultivares de cebolla. La hipótesis fue que la aplicación de S incrementa la productividad y afecta la calidad de bulbos de cebolla. El diseño experimental fue bloques al azar con cuatro repeticiones para el arreglo de un factorial triple (5x2x2), cinco etapas de aplicación de S (testigo, trasplante, con seis a siete hojas, en diferenciación del bulbo y bulbificación plena), dos cultivares de cebolla (Dulciana® y Vulkana®) y dos años de cultivo. Las características evaluadas fueron: productividad (Mg ha⁻¹), masa media del bulbo (g), longitud y diámetro del bulbo (mm), forma del bulbo, número de hojas y clasificación del bulbo. La aplicación de S afecta la productividad y calidad de bulbos de cebolla. El trasplante es la etapa más recomendable para la aplicación del S, pues influye positivamente sobre el cultivo de cebolla en todas las características evaluadas. La aplicación de S no afectó la forma del bulbo en las diferentes etapas evaluadas. El mejor rendimiento productivo de las variedades de cebolla se obtuvo con 59.07 Mg ha⁻¹ de azufre en Dulciana® y con 73.34 Mg ha⁻¹ en Vulkana®.

Palabras clave: *Allium cepa* L., bulbo, bulbificación, etapas de fertilización, rendimiento.

INTRODUCCIÓN

La cebolla (*Allium cepa* L.) es la tercera hortaliza más cultivada en Brasil. En el ciclo 2017-2018 el área total cultivada con cebolla fue 43.99 ha,

* Autor para correspondencia ♦ Author for correspondence.

Recibido: junio, 2018. Aprobado: octubre, 2019.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 54: 75-87. 2020.

ABSTRACT

Sulfur (S) is necessary for the cultivation of onions (*Allium cepa* L.). In Brazil, studies related to the fertilization of onion crops are scarce. The objective of this research was to evaluate the effect of application periods of S on agronomic characteristics in two onion cultivars. The hypothesis was that the application of S increases productivity and affects the quality of onion bulbs. The experimental design was randomized blocks with four replicates for a triple factorial arrangement (5x2x2), five stages of application of S (control, transplanting, six to seven leaves, bulb differentiation and full bulbing), two onion cultivars (Dulciana® and Vulkana®) and two years of cultivation. The characteristics evaluated were productivity (Mg ha⁻¹), average mass of the bulb (g), length and diameter of the bulb (mm), shape of the bulb, number of leaves and classification of the bulb. The application of S affects the productivity and quality of onion bulbs. Transplanting is the most recommended stage for the application of S, since it positively influences the onion crop in all the evaluated characteristics. The application of S did not affect the shape of the bulb in the different stages evaluated. The best productive yield of the onion varieties was obtained with 59.07 Mg ha⁻¹ of sulfur in Dulciana® and with 73.34 Mg ha⁻¹ in Vulkana®.

Key words: *Allium cepa* L., bulb, bulbing, fertilization stages, yield.

INTRODUCTION

The onion (*Allium cepa* L.) is the third most cultivated vegetable in Brazil. In the 2017-2018 cycle the total area cultivated with onions was 43.99 ha, an 8.5% decrease when compared to 2016. The total production was 1705.74 Mg and

8.5% de disminución al comparar con el 2016. La producción total fue 1705.74 Mg y la productividad media estimada fue 29.4 kg ha⁻¹ (IBGE, HF BRASIL, 2018; ANACE, 2019).

La cebolla producida en Brasil es insuficiente para atender la demanda interna lo cual ha impulsado la expansión de la producción y el desgaste consecuente de las áreas cultivadas, por el uso intenso de químicos y mecanización. Los cultivares híbridos recientes, con respuestas significativas a prácticas de manejo más eficientes como el uso de fertilización equilibrada, han permitido mejorar la sanidad y calidad del bulbo cultivado y aumentar el área de cultivo (Neto *et al.*, 2014).

En algunas investigaciones, la aplicación de azufre (S) al cultivo de cebolla mostró resultados favorables en la productividad y calidad de los bulbos; el S es el cuarto o quinto macronutriente más exportado, después del nitrógeno (N), potasio (K) y calcio (Ca) (Pôrto *et al.*, 2007; Vidigal *et al.*, 2010). A pesar de su importancia relativa, la recomendación de fertilizantes con S para el cultivo de cebolla no es común, aunque se recomiende la incorporación de fertilizantes con N, P, K y otros nutrientes.

Las técnicas y fuentes para la corrección de deficiencias de S son diversas y cada una expresa respuestas diferentes, que dependen del tipo de suelo (Rein y Souza, 2004). En el caso de la sabana brasileña (o suelos de cerrado, el segundo bioma brasileño por su extensión), el S se encuentra de manera orgánica, y su deficiencia es común por la materia orgánica escasa disponible.

En la cebolla, las cantidades de S exportado difieren con el cultivar. En el híbrido “Superex”, en el período de otoño e invierno, los bulbos exportaron 25 kg ha⁻¹ de S (Pôrto *et al.*, 2007). En el cultivo de verano Alfa tropical® en los bulbos de cebolla se exportaron 12.29 kg ha⁻¹ de S (Vidigal *et al.*, 2010).

En el estado de Tocantins no existe registro histórico de plantaciones de cultivo de cebolla, por lo que es importante adecuar la elección del cultivo a las condiciones edafoclimáticas de las áreas, pues la temperatura y el fotoperíodo pueden promover una reducción en la producción y calidad de los bulbos. Una de las maneras de mejorar la calidad de los bulbos es ajustar la mejor época de aplicación de nutrientes en la fertilización; entre ellos se encuentra el S que, según Kurtz y Ernani (2010), puede promover una mejoría en la calidad del bulbo de cebolla,

the estimated average productivity was 29.4 kg ha⁻¹ (IBGE, HF BRASIL, 2018; ANACE, 2019).

The onion produced in Brazil is insufficient to meet domestic demand, which has driven the expansion of production and the consequent wear of the cultivated areas by the intensive use of chemicals and mechanization. Recent hybrid cultivars, with significant responses to more efficient management practices, such as the use of balanced fertilization, have improved the health and quality of the cultivated bulb and increased the cultivation area (Neto *et al.*, 2014).

In some research, the application of Sulfur (S) to onion crops showed favorable results in productivity and quality of bulbs; S is the fourth or fifth most exported macronutrient, after Nitrogen (N), Potassium (K) and Calcium (Ca) (Pôrto *et al.*, 2007; Vidigal *et al.*, 2010). Despite its relative importance, the recommendation of using fertilizers with S for onion cultivation is not common, even though the incorporation of fertilizers with N, P, K and other nutrients is actually recommended.

The techniques and sources for the correction of S deficiencies are diverse and each one expresses different responses, which depend on the type of soil (Rein and Souza, 2004). In the case of the Brazilian savannah (or Cerrado soils, the second largest Brazilian biome), S is found in organic forms, and its deficiency is common given the scarce organic matter available.

In onion, the quantities of S exported differ with the cultivar. In the autumn and winter period, the bulbs of the “Superex” hybrid exported 25 kg ha⁻¹ of S (Pôrto *et al.*, 2007). In the “Alfa Tropical” summer crop, onion bulbs exported 12.29 kg ha⁻¹ of S (Vidigal *et al.*, 2010).

In the state of Tocantins there is no historical record of onion cultivation, so it is important to adapt the alternative of crop to the soil and climatic conditions of the areas, because the temperature and photoperiod can promote a reduction in production and quality of bulbs. One of the ways to improve bulbs quality is to adjust the best time of application of nutrients in fertilization. According to Kurtz and Ernani (2010), S can promote an improvement in the quality of the onion bulb, even in conditions where temperature is the contributing factor to the final quality. The objective of this research was to evaluate the effect of the application stage of S on the

aun en condiciones donde la temperatura es el factor que contribuye para la calidad final. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del período de aplicación de S sobre las características agronómicas de dos cultivares de cebolla. La hipótesis fue que la aplicación de S afectará la calidad del desarrollo del bulbo de cebolla y sus características, e incrementará su producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Dos experimentos se instalaron en el período de otoño-invierno 2015 y 2016, en el área experimental del sector de Oleicultura de la Universidad Federal de Tocantins – UFT, en el municipio de Gurupi, Centro – Sur del estado de Tocantins, localizada en 11° 43' 45" S y 49° 04' 07" O, con una altitud de 280 m. El clima de la región es de tipo tropical seco, clasificado como AW – Tropical con verano húmedo y período de sequía en invierno, de acuerdo con Köppen (1948) y con temperatura media anual de 29 °C. El suelo se clasifica como litosol rojo-amarillo Distrófico (EMBRAPA, 2013).

El diseño experimental fue en bloques completos al azar (DBC), cuatro repeticiones para el arreglo factorial triple (5x2x2). El primer factor fue la aplicación de azufre en cinco etapas: I, testigo (sin fertilización de S); II, trasplante; III, seis a siete hojas definitivas; IV, diferenciación del bulbo y V, bulbificación. En las etapas fertilizadas se aplicaron 300 kg ha⁻¹ de azufre (S) con cuatro repeticiones. El segundo factor fueron dos cultivares de cebolla: Vulkana®, desarrollado especialmente para clima tropical, de alta precocidad, productividad alta, bulbos más firmes; y Dulciana®, presenta características como uniformidad, calidad superior de bulbo, resistencia foliar y a la raíz rosada altas. Ambos cultivares son híbridos simples pertenecientes a Bayer CropScience Vegetable Seeds®. El tercer factor fueron los dos años de siembra, 2015 y 2016.

Los experimentos se condujeron en surcos contruidos a campo abierto. El espaciamiento de 20 y 10 cm entre plantas dentro y entre las líneas, respectivamente, cada parcela contenía cuatro líneas, y las plantas de las dos líneas centrales se consideraron la parcela útil. Las plántulas se produjeron en bandejas de poliestireno expandido de 200 cavidades con sustrato comercial Bioflora®, bajo invernadero y con sistema de riego por aspersión. El trasplante de las plántulas se realizó 30 d después de sembradas en las bandejas.

El riego fue por aspersión conforme con los requerimientos hídricos de la planta durante todo el ciclo del cultivo. El control de malezas se efectuó por deshierbe manual. No hubo incidencia de plagas ni enfermedades durante el experimento.

agronomic characteristics of two onion cultivars. The hypothesis was that the application of S will affect the developmental quality and characteristics of the onion bulbs, increasing their production.

MATERIALS AND METHDOS

Two experiments were installed in the autumn-winter period of 2015 and 2016, in the experimental area of the sector of Oleiculture under the Federal University of Tocantins - UFT, in the municipality of Gurupi, at Center - South of the state of Tocantins, located at 11° 43' 45" S and 49° 04' 07" W, with an altitude of 280 m. According to Köppen (1948), the climate of the region is dry tropical type, classified as AW - Tropical with humid summer and winter drought, with average annual temperature of 29 °C. The soil is classified as a Yellowish-red Dystrophic Lithosol (EMBRAPA, 2013).

The experimental design was arranged in complete randomized blocks (DBC), with four replicates, as a triple factorial (5x2x2). The first factor was the application of Sulfur in five stages: I, control (without S fertilization); II, transplanting; III, six to seven definitive leaves; IV, bulb differentiation; and V, bulbing. In the fertilized stages, 300 kg ha⁻¹ of Sulfur (S) were applied within four replicates. The second factor was the two onion cultivars: Vulkana®, specially developed for tropical climate, with high precocity, high productivity, firmer bulbs; and Dulciana®, presenting characteristics such as uniformity, superior bulb quality, higher leaf resistance and higher pink root resistance. Both cultivars are single hybrids belonging to Bayer CropScience Vegetable Seeds®. The third factor was the two years of planting, 2015 and 2016.

The experiments were conducted in furrows built in open fields. The spacing between plants within and between the lines was of 20 and 10 cm, respectively. Each plot contained four lines, and the plants in the two central lines were considered the useful plot. The seedlings were produced in 200-cavity expanded polystyrene trays with commercial Bioflora® substrate, under greenhouse conditions and with a sprinkler irrigation system. The seedlings were transplanted 30 d after planting in the trays.

The irrigation was carried out by sprinkler according to the water requirements of the plant throughout the cultivation cycle. Weed control was done by manual weeding. There was no incidence of pests or diseases during the experiment.

The dose of S was defined according to data obtained by por Milhomens (2015)¹ in an unpublished research with the same edaphoclimatic conditions (Table 1).

Based on the results of the soil analysis (Table 2), 150 kg ha⁻¹ phosphorus in the form of monoammonium phosphate

La dosis de S utilizada se definió según datos obtenidos por Milhomens (2015)¹ en las mismas condiciones edafoclimáticas (Cuadro 1).

Con base en los resultados del análisis de suelo (Cuadro 2), se aplicaron 150 kg ha⁻¹ de fósforo en forma de fosfato monoamónico (MAP); 120 kg ha⁻¹ de N aplicados en urea y 180 kg ha⁻¹ K en forma de clorato de K, de acuerdo con las necesidades del cultivo y el análisis del suelo. La distribución de NPK se realizó al incorporar el fósforo en el trasplante, mientras que el nitrógeno y el potasio para su integración se dividieron en tres partes (40% en el trasplante y el resto a los 30 y 60 días después del trasplante, ddt). La aplicación del azufre fue entre los surcos de la cama de siembra de forma manual.

(MAP) were applied; 120 kg ha⁻¹ N were applied as urea and 180 kg ha⁻¹ K as K chlorate, according to the needs of the crop and the soil analysis. NPK distribution was made by incorporating phosphorus at transplant, while Nitrogen and Potassium for integration were divided into three parts (40% at transplant and the rest at 30 and 60 dat, days after transplant). The application of Sulfur was carried out manually between the furrows of the planting bed.

In the two years of evaluation, when the plants started senescence (100 dat on average), irrigation was suspended and harvesting was carried out when the plants in each plot had soft stem and bent or inclined foliage, according to the ripening cycle of the crop. After harvesting, the bulbs were transported and

Cuadro 1. Precipitación (mm), humedad relativa (HR) (%) y temperatura media (°C) durante la ejecución del estudio en Gurupi-To, Brasil, en los años 2015 y 2016.

Table 1. Precipitation (mm), relative humidity (RH) (%) and mean temperature (°C) during the conduction of the study in Gurupi-To, Brazil, in the years 2015 and 2016.x

Mes	Precipitación		% HR		Temperatura media	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Marzo	7.1	4.5	83.2	85.8	27.0	25.4
Abril	2.2	6.0	76.1	66.2	27.4	26.0
Mayo	0.0	1.3	68.8	79.9	27.0	25.8
Junio	0.0	0.0	66.1	71.9	25.2	24.6
Julio	0.0	0.0	56.7	58.0	25.2	26.8
Agosto	0.0	0.0	52.0	56.1	27.3	25.8
Septiembre	1.4	0.2	56.0	51.8	28.5	29.2
Octubre	1.8	0.9	67.8	57.3	28.2	29.7
Total	12.5	12.9	526.7	527	23.8 [†]	26.7 [†]

[†] Media durante ese período ♦ Mean during that period.

INMET, 2017. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: In: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesConvencionais>> Acesso em: 02 de fevereiro de 2017.

Cuadro 2. Atributos químicos y granulometría del suelo utilizado en el experimento, en Gurupi-To, Brasil (2015 y 2016).

Table 2. Chemical attributes and granulometry of the soil used in the experiment, in Gurupi-To, Brazil (2015 and 2016).

Año	pH CaCl ₂	P [†]	S-SO ₄ ⁻² K		K	Ca	Mg	Al	H+Al	M.O.	C.O.	Arcilla	Silte	Arena Total
			mg dm ⁻³		cmolc dm ⁻³					kg ⁻¹		%		
2015	5.3	26.3	-	32	0.08	1.7	0.9	0.0	2.20	19	11	24.8	1.2	74.0
2016	5.1	20.2	4	63	0.16	1.9	1.2	0.0	1.18	21	12	27.2	5.0	67.8

MO, materia orgánica; CO, carbono orgánico; [†]P, fósforo asimilable por Mehlich (método usado para la extracción de Fósforo (P) y Potasio (K) intercambiables) ♦ MO, organic matter; CO, organic carbon; [†]P, Mehlich assimilable phosphorus (method used for the extraction of exchangeable Phosphorus (P) and Potassium (K)).

¹Milhomens, K.K.B. 2015. Comunicación personal; dato de investigación (inédito).

En los dos años de evaluación, cuando las plantas comenzaron la senescencia (en promedio 100 ddt), se suspendió el riego y la cosecha se efectuó cuando las plantas en cada parcela se encontraban con el tallo blando y su follaje doblado o inclinado, de acuerdo con el ciclo de maduración del cultivo. Después de la cosecha, se transportaron los bulbos y se “curaron” (secado del bulbo) antes del almacenamiento por un período de 20 d, después se eliminaron los restos de las raíces y de la parte aérea de los bulbos.

Las variables evaluadas fueron: 1) productividad de bulbos comerciales (Mg ha^{-1}), obtenida del peso de los bulbos comerciales recolectados en la parcela útil, y los resultados convertidos para Mg ha^{-1} ; 2) masa media del bulbo (g), relación entre masa total de los bulbos por el número total de bulbo recolectados en la parcela útil; 3) longitud del bulbo (mm), medida longitudinal de los bulbos obtenida con auxilio de una regla vernier digital; 4) diámetro del bulbo (mm), medida radial del bulbo obtenido con una regla vernier digital; 5) forma del bulbo, obtenida por la división del tamaño del bulbo entre el diámetro del bulbo, según la escala establecida por CEAGESP (2001) como sigue: grupo I (redondo, oblongo o periforme), cuando el valor medio es igual o superior a 0.9 mm; grupo II (ovalado), cuando el valor medio es igual o inferior a 0.89 mm, y grupo III (alargado), cuando el valor medio es igual o superior a 1.1 mm; 6) número de hojas; 7) clasificación de los bulbos: basada en el diámetro del bulbo, según la escala propuesta por CEAGESP (2001); en donde: clase 0 o residuo, menor de 15 mm; clase I, de 15 a 35 mm; clase II, de 35 a 50 mm; clase III completo, de 50 a 60 mm; clase III-lleno, de 60 a 70 mm; clase IV, de 70 a 90 mm, y clase V, mayor de 90 mm.

Con los datos de cada parcela en cada año se efectuó el análisis de varianza individual y en seguida el análisis conjunto (después de verificar que la varianza residual de los dos años de evaluación eran homogéneas) (Pimentel-Gomes, 1985), con lo cual, el análisis conjunto equivale a un factorial de dos factores. Por lo tanto, en las interacciones, la comparación de las medias se realizó con la prueba de Tukey (1949) con nivel de diferencia estadística en $p \leq 0.05$. Los análisis estadísticos se hicieron con el paquete estadístico software SISVAR versión 5.3. (Ferreira, 2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El período de aplicación del S afectó la productividad de bulbo. En el primer año la aplicación de azufre en la etapa de bulbificación en el cultivo Vulkana® dio como resultado productividad mayor cuando se comparó con el cultivo Dulciana®. Sin embargo, la aplicación de S en las demás etapas no mostró diferencia significativa entre los dos cultivares (Figura 1).

‘cured’ (drying of the bulb) before storage for a period of 20 d, after which the remains of the roots and the aerial part of the bulbs were removed.

The variables evaluated were: 1) productivity of commercial bulbs (Mg ha^{-1}), obtained from the weight of commercial bulbs harvested in the usable plot, and the results converted to Mg ha^{-1} ; 2) average bulb mass (g), ratio of total bulb mass to total number of bulbs harvested in the usable plot; (3) bulb length (mm), longitudinal measurement of the bulbs obtained with the aid of a digital Vernier ruler; (4) bulb diameter (mm), radial measurement of the bulb obtained with a digital Vernier ruler; (5) shape of bulb, obtained when dividing the size of the bulb by the bulb diameter, according to the scale established by CEAGESP (2001) as follows: group I (round, oblong or peripheral), where the mean value is equal to or greater than 0.9 mm; group II (oval), when the mean value is equivalent or less than 0.89 mm, and group III (elongated), when the mean value is 1 or more than 1 mm; 6) number of leaves; 7) classification of bulbs: based on the bulb diameter, according to the scale proposed by CEAGESP (2001); where: Class 0 or waste, less than 15 mm; Class I, from 15 to 35 mm; Class II, from 35 to 50 mm; Class III, from 50 to 60 mm; Class III-full, from 60 to 70 mm; Class IV, from 70 to 90 mm, and Class V, greater than 90 mm.

With the data from each plot in each year, the analysis of individual variance was performed and also it was the pooled ANOVA after verifying that the residual variance of the two years of assessment were homogeneous (Pimentel-Gomes, 1985). In this way, the pooled analysis is equivalent to a two-factor factorial. Therefore, in the interactions, the comparison of means was made with the Tukey test (1949) with a level of statistical difference at $p \leq 0.05$. The statistical analyses were carried out with SISVAR software version 5.3. (Ferreira, 2008).

RESULTS AND DISCUSSION

The application period of S affected bulb productivity. In the first year the application of Sulfur in the bulbing stage in the Vulkana® crop resulted in higher productivity when compared to the Dulciana® crop. However, the application of S at the other stages showed no significant difference between the two cultivars (Figure 1).

According to Nasreen *et al.* (2003), the S does not only increase the productivity of onion, but also improves the quality of the bulbs.

In the first year the Dulciana® cultivar showed higher productivity when S was applied in the differentiation stage and lower productivity when S was applied in the bulbing stage. Therefore, this

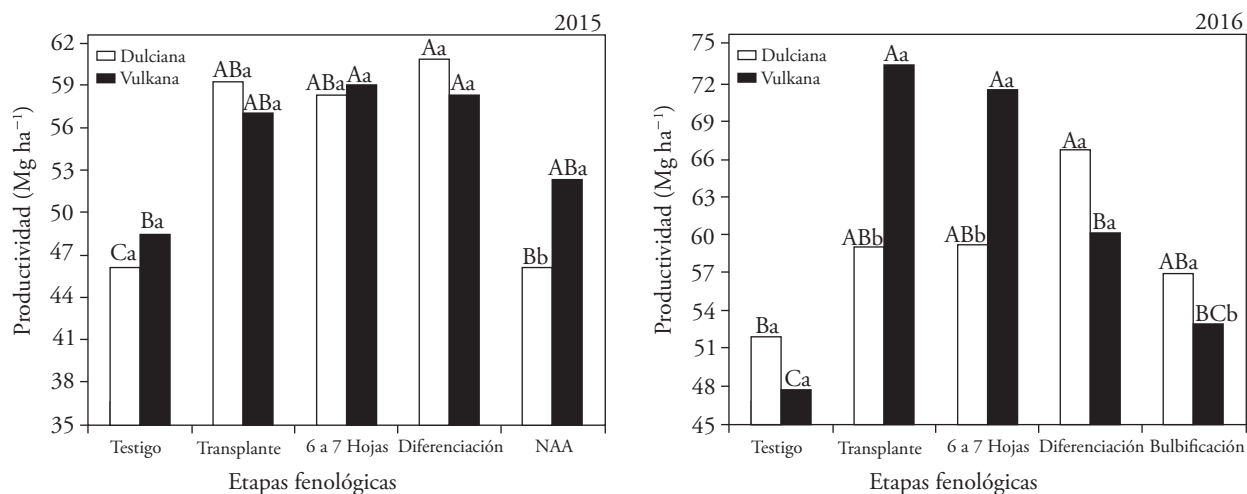


Figura 1. Productividad comercial de bulbos de cebolla (Mg ha^{-1}) en función de la aplicación de azufre en diferentes etapas de desarrollo de las plantas. Letras mayúsculas para el análisis de todas las etapas fenológicas de los cultivares Dulciana® o Vulkana®; letras minúsculas para cada cultivar -Dulciana® y Vulkana®- en cada etapa fenológica (Tukey, $p \leq 0.05$).

Figure 1. Commercial productivity of onion bulbs (Mg ha^{-1}) as a function of Sulfur application at different stages of plant development. Uppercase letters, analysis of all phenological stages of Dulciana® and Vulkana® cultivars; lowercase letters, each cultivar Dulciana® or Vulkana® at each phenological stage (Tukey, $p \leq 0.05$).

Según Nasreen *et al.* (2003), el S no solamente aumenta la productividad de la cebolla, sino también mejora la calidad de los bulbos.

En el primer año el cultivar Dulciana® mostró mayor productividad cuando el S se aplicó en la etapa de diferenciación y productividad menor, cuando se aplicó en la etapa de bulbificación. Por lo tanto, este cultivar tuvo una media menor entre los tratamientos, debido a que los bulbos ya se encontraban formados y la cantidad absorbida de S para formación ya no fue significativa. En el cultivar Vulkana® existió mayor productividad aplicando S en las etapas de seis a siete hojas y en la diferenciación de los bulbos (Figura 1).

La disponibilidad de nutrientes en el suelo afecta la productividad de la cebolla. Como el S es un nutrimento de suma importancia durante la diferenciación y formación de los bulbos, la aplicación tardía del S no completa la exigencia de la planta; en consecuencia, afecta la productividad (Figura 1). En el segundo año de producción se observó diferencia entre los tratamientos, que dio como resultado una productividad mayor con la aplicación del S en la etapa de trasplante (cultivar Vulkana®).

En el cultivar Dulciana® ocurrió una productividad mayor con la aplicación del S en la etapa de di-

cultivar had a lower average between treatments, because the bulbs were already formed, thus the amount of S absorbed was no longer significant. In the Vulkana® cultivar, there was higher productivity by applying S at the six to seven leaves stage and in bulb differentiation stage (Figure 1).

The availability of nutrients in the soil affects the productivity of the onion. Since S is a very important nutrient during differentiation and bulb formation, late application of S does not fulfill plant requirements; consequently, late application affects productivity (Figure 1). In the second year of production, a difference was observed between treatments, resulting in higher productivity with the application of S at the transplant stage (Vulkana® cultivar).

In the Dulciana® cultivar, a higher productivity occurred with the application of S in the differentiation stage; in the Vulkana® cultivar occurred in the transplanting and in the six to seven leaves stages with means higher than the control (treatment without application of S) (Figure 1). The onion crop presents great demand of S (48 to 60 kg ha^{-1}) and the greatest extraction of this nutrient by the crop occurs at the end of its cycle (90 to 150 days after planting), in the bulbing stage (Porto *et al.*, 2007);

ferenciación; en el cultivar Vulkana®, en las etapas de trasplante y de seis a siete hojas con medias superiores al testigo (tratamiento sin aplicación de S) (Figura 1). El cultivo de cebolla presenta gran exigencia de S (48 a 60 kg ha⁻¹) y la extracción mayor de este nutrimento por el cultivo ocurre al final de su ciclo (90 a 150 días después de la sembra), en la etapa de bulbificación (Porto *et al.*, 2007); mientras que en cebollas precoces ocurre después de los 30 ddt. Es posible proporcionar el S para suplir la necesidad de este mineral por el cultivo, para disminuir el costo del productor sin causar desequilibrio nutrimental en el suelo. Goto *et al.* (2001), afirmaron que la acumulación y distribución de los nutrimentos minerales en la cebolla depende también de su etapa de desarrollo.

Al comparar los dos cultivares de cebolla en los períodos distintos de aplicación de S, en el cultivar Vulkana® en las etapas de trasplante y de seis a siete hojas, existió diferencia estadística, con mayor productividad de Vulkana® en relación con el cultivar Dulciana®. Sin embargo, en la etapa de bulbificación, Dulciana® aprovechó mejor la disponibilidad de los nutrimentos, y obtuvo una productividad mayor en relación a Vulkana®, esto puede ser un factor genético del cultivar (Figura 1). Vidigal *et al.* (2002) afirmaron que la cebolla acumula cerca del 59.9% de S en el bulbo hasta la cosecha. La cantidad absorbida varía entre los cultivares y se distribuye de forma diferente en la planta (Neto *et al.*, 2014), como ocurrió en los cultivares BRS Alfa San Francisco® y Franciscana IPA 10®, al tener acumulados en los bulbos: N > K > Ca > S > P > Mg (Santos *et al.*, 2007).

Diferencia significativa se observó en la característica masa del bulbo en el primer año. Al respecto, la aplicación del S en el período de trasplante en Dulciana® resultó en una mayor masa del bulbo en comparación con el testigo (sin adición del S) (Figura 2).

Santos *et al.* (2007) evaluaron la acumulación de masa seca y el contenido de nutrientes en cebolla en los cultivares BRS Alfa San Francisco® y Franciscana IPA 10® en suelo Vertisol en el municipio de Juazeiro-BA. Estos autores observaron que la ganancia de la materia seca de los bulbos se intensificaba en la mitad del ciclo, a la par de la reducción de la materia seca de las hojas, con el máximo en la cosecha.

En Vulkana® en el primer año todas las dosis de S incrementaron significativamente la producción en comparación con el testigo (Figura 2). Sin embargo, en el segundo año se observó diferencia significativa,

while in early onions it occurs 30 dat. It is possible to provide S supplying the need for this mineral by the crop, to decrease the cost of the producer without causing nutritional imbalance in the soil. Goto *et al.* (2001), stated that the accumulation and distribution of mineral nutrients in onions also depends on their development stage.

When comparing the two onion cultivars in the different periods of application of S, there was a statistical difference in the Vulkana® cultivar with higher productivity than the Dulciana® cultivar at transplanting and in the six to seven leaves stage. However, in the bulbing stage, Dulciana® made better use of the availability of nutrients and obtained a higher yield than Vulkana®; this difference in use can be a genetic factor of the cultivar (Figure 1). Vidigal *et al.* (2002) stated that onions accumulate about 59.9% S in the bulb until harvest. The amount absorbed varies among cultivars and it is distributed differently in the plant (Neto *et al.*, 2014), as it occurred in the BRS Alfa San Francisco® and Franciscana IPA 10® cultivars, which accumulated in their bulbs: N > K > Ca > S > P > Mg (Santos *et al.*, 2007).

Significant difference was observed in the characteristic bulb mass in the first year. In this regard, S application in the transplant period on Dulciana® resulted in a higher bulb mass compared to the control (without addition of S) (Figure 2).

Santos *et al.* (2007) evaluated the dry mass accumulation and nutrient content in onions in BRS Alfa San Francisco® and Franciscana IPA 10® cultivars grown on Vertisol soil in the municipality of Juazeiro-BA. These authors observed that bulb dry matter gain intensified in the middle of the cycle, accompanying the reduction of leaf dry matter and reaching a maximum per harvest.

In Vulkana®, all S doses significantly increased production in the first year compared to the control (Figure 2). However, in the second year a significant difference was observed, obtaining higher bulb mass averages only in the treatments where S was applied, in the transplanting and in in the six to seven leaves stage.

In the Dulciana® cultivar, a significant difference was observed in the second year when S was applied at the transplanting and in the six to seven leaves stage, with higher averages compared to Vulkana® (Figure 2).

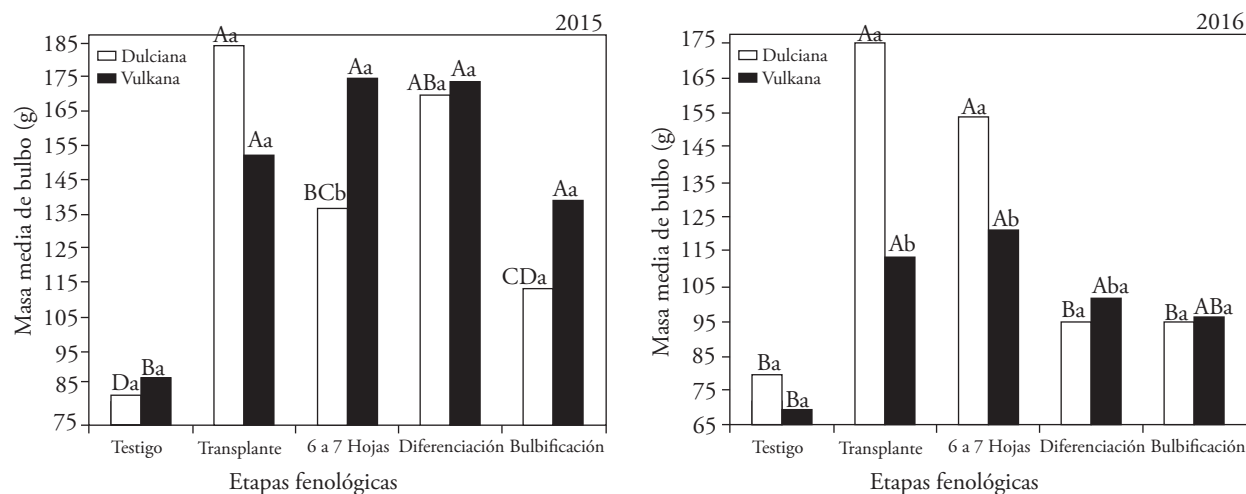


Figura 2. Masa media de bulbos comerciales de cebolla (g) en función de la aplicación de S en diferentes etapas de desarrollo de las plantas. Letras mayúsculas para el análisis de todas las etapas fenológicas de los cultivares Dulciana® o Vulkana®; letras minúsculas para cada cultivar -Dulciana® y Vulkana®- en cada etapa fenológica (Tukey, $p \leq 0.05$).

Figure 2. Mean mass of commercial onion bulbs (g) as a function of application of S at different stages of plant development. Uppercase letters, analysis of all phenological stages of Dulciana® and Vulkana® cultivars; lowercase letters, each cultivar -Dulciana® or Vulkana®- at each phenological stage (Tukey, $p \leq 0.05$).

mayores promedios de masa de bulbo sólo se obtuvieron en los tratamientos donde se aplicó el S, en las etapas de trasplante y de seis a siete hojas.

En el cultivar Dulciana® en el segundo año se observó diferencia significativa cuando el S se aplicó en las etapas de trasplante y de seis a siete hojas, con medias superiores en comparación con Vulkana® (Figura 2).

Respecto al diámetro del bulbo, en el primer año de plantación del cultivar Dulciana® no existió diferencia estadística relacionada con el período de aplicación de S (61.99 y 63.91 mm). Sin embargo, en el segundo año los tratamientos con aplicación de S exhibieron diámetros mayores (58.44 y 63.32 mm) en comparación con el tratamiento testigo (59.80 mm y 54.82) en el primer y segundo año, respectivamente (Figura 3).

La obtención de bulbos mayores, además de estar directamente relacionada con el aumento en el rendimiento, también aumenta la lucratividad, ya que bulbos con diámetro inferior a 50 mm presentan menor valor de mercado que los bulbos mayores. Los bulbos de peso medio, alrededor de 150 g, son los preferidos comercialmente (Kurtz *et al.*, 2012).

Esos resultados demostraron que la nutrición adecuada para el cultivo de cebolla, en especial en

Regarding bulb diameter, in the first year of the Dulciana® cultivar planting, there was no statistical difference related to the period of application of S (61.99 and 63.91 mm). However, in the second year the treatments with application of S showed larger diameters (58.44 and 63.32 mm) compared to the control treatment (59.80 mm and 54.82) in the first and second year, respectively (Figure 3).

Obtaining larger bulbs, directly related to the increase in yield, also increases profitability, since bulbs with a diameter of less than 50 mm have a lower market value than larger bulbs. Bulbs with an average weight, around 150 g, are preferred by costumers (Kurtz *et al.*, 2012).

These results showed that adequate nutrition for onion cultivation, especially regarding the appropriate dose of S at the ideal stage of the plant, improves the health and quality of the bulbs directly (Kurtz and Ernani, 2010). However, bulbs that are too large should be avoided, since in addition to a lower commercial acceptance, they are more susceptible to rot (Batal *et al.*, 1994).

During the first year of planting, the Vulkana® cultivar had significant differences between the treatments (Tukey, $p \leq 0.05$). The application of S in the transplanting and in the six to seven leaves stage

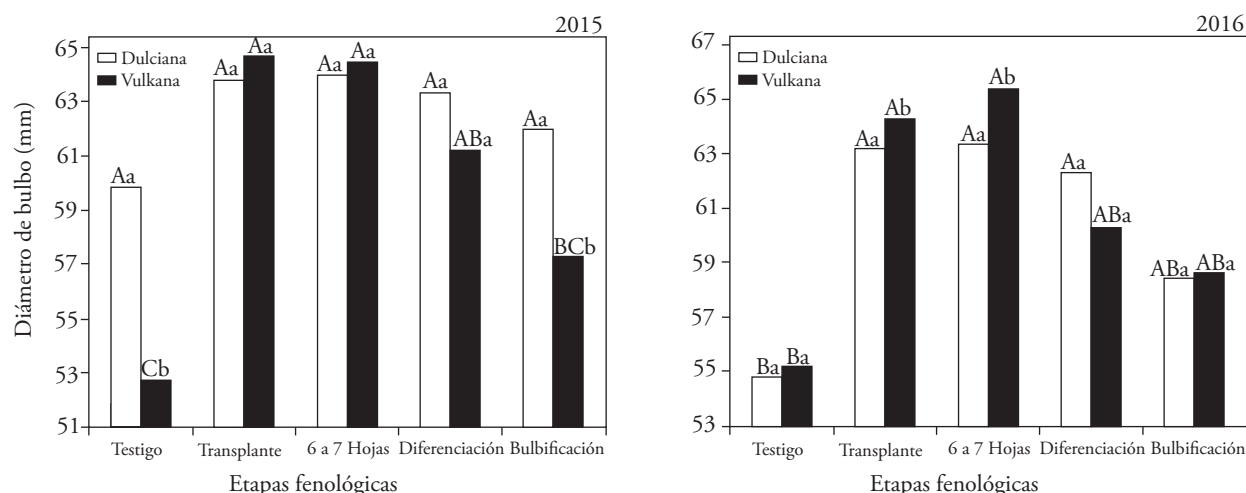


Figura 3. Diámetro de bulbos comerciales de cebolla (mm) en función de la aplicación de S en diferentes etapas de desarrollo de las plantas. Letras mayúsculas para el análisis de todas las etapas fenológicas de los cultivares Dulciana® o Vulkana®; letras minúsculas para cada cultivar -Dulciana® y Vulkana®- en cada etapa fenológica (Tukey, $p \leq 0.05$).

Figure 3. Diameter of commercial onion bulbs (mm) according to the application of S at different stages of plant development. Uppercase letters, analysis of all phenological stages of Dulciana® and Vulkana® cultivars; lowercase letters, each cultivar Dulciana® or Vulkana® at each phenological stage (Tukey, $p \leq 0.05$).

relación a dosis adecuada de S en la etapa ideal de la planta, mejora la sanidad y calidad de los bulbos de manera directa (Kurtz y Ernani, 2010). Sin embargo, los bulbos demasiado grandes se deben evitar, ya que además de tener menor aceptación comercial, son más susceptibles a la pudrición (Batal *et al.*, 1994).

Durante el primer año de plantación, el cultivar Vulkana® tuvo diferencias significativas entre los tratamientos (Tukey, $p \leq 0.05$). La aplicación de S en las etapas de trasplante y de seis a siete hojas, dio como resultado diámetros mayores y en el de bulbificación, medias menores de diámetro de bulbo (Figura 3). Cuando se compararon los tratamientos por cada cultivar, en el primer año de plantación en Dulciana® se observó diferencia significativa (Tukey, $p \leq 0.05$) solo con la aplicación de S en la etapa de bulbificación; lo cual promovió un diámetro de bulbo mayor en relación a Vulkana® (Figura 3).

En el segundo año los tratamientos con aplicación de S en la etapa de trasplante, en la etapa de seis a siete hojas y en la etapa de diferenciación, resultaron tener mayores medias de diámetro de bulbo en los dos cultivares. El tratamiento testigo (sin adición de S) obtuvo los menores diámetros de bulbo (Figura 3).

Tiecher *et al.* (2012) afirmaron que a medida que el azufre se reduce en el suelo a la forma de sulfato, el

resulted in larger diameters, and in the bulbing stage, smaller average in bulb diameter (Figure 3). When the treatments for each cultivar were compared, a significant difference was observed in Dulciana® (Tukey, $p \leq 0.05$) in the first year of planting only with the application of S in the bulbing stage; which promoted a larger bulb diameter compared to Vulkana® (Figure 3).

In the second year, treatments with application of S in the stage of transplant, in the stage of six to seven leaves and in the stage of differentiation, turned out to have greater averages of bulb diameter in the two cultivars. The control treatment (without addition of S) obtained the lowest bulb diameters (Figure 3).

Tiecher *et al.* (2012) stated that as Sulfur is reduced in the soil to the form of sulfate, cultivated onion absorbs it rapidly to synthesize the structural compounds required to bulb formation. The application of S should be carried out up to the stage of six to seven leaves but not beyond, so that the onion plant can develop the bulbs successfully, as it was observed in this study.

In the second year, the S applied did not modify statistically any of the cultivars in the phenological stages (Figure 3).

cultivo de cebolla lo absorbe cuanto antes, esto para la síntesis de los compuestos estructurales que toman parte en la a la formación del bulbo. La aplicación de S se debe realizar no más allá de la etapa de seis a siete hojas, para que la planta de cebolla pueda desarrollar satisfactoriamente los bulbos, como se observó en los resultados de este estudio.

En el segundo año el S aplicado no modificó significativamente ninguno de los cultivares en las etapas fenológicas (Figura 3).

En el cultivar Dulciana® existió diferencia significativa en el número de hojas en el primer año. La aplicación de S en el trasplante, en la etapa de seis o siete hojas y en la de diferenciación fue superior a los demás. Sin embargo, en el segundo año, con la aplicación de S existió respuesta significativa apenas en la etapa de trasplante y en la de diferenciación, con mayor calidad de hojas (Figura 4).

En el primer año existió diferencia significativa en el cultivar Vulkana®, con mayor cantidad de hojas cuando se aplicó S en la etapa de trasplante de las plántulas y número de hojas menor cuando no se aplicó S (Figura 4). En el segundo año de producción el número de hojas mayor fue con la aplicación de S en la etapa de seis a siete hojas (Figura 4).

La cantidad de hojas por planta se relaciona de modo directo con el rendimiento que se explica por

The Dulciana® cultivar showed significant difference in the number of leaves in the first year. The application of S at the transplant, at the six to seven leaves stage and at the differentiation stage was superior to the others. However, in the second year, there was significant response to the application of S only at the transplanting stage and at the differentiation stage, expressed in a higher leaf quality (Figure 4).

In the first year there was significant difference in the Vulkana® cultivar, with more leaves when S was applied at the seedling transplant stage and fewer leaves when S was not applied (Figure 4). In the second year of production the highest number of leaves was recorded with the application of S at the six to seven leaves stage (Figure 4).

The number of leaves per plant is directly related to yield, which is explained by a larger photosynthetic area, and the fact that the bulb is formed by the accumulation of reserves at the base of the pod of each corresponding leaf. That is, the greater the number of leaves, the greater the number of pods that will be thickened by the accumulation of reserves, and this will increase the size of the bulb (Kurtz *et al.*, 2012).

When comparing treatments in the first year of production, the cultivar Vulkana® had a higher number of leaves compared to Dulciana® at the

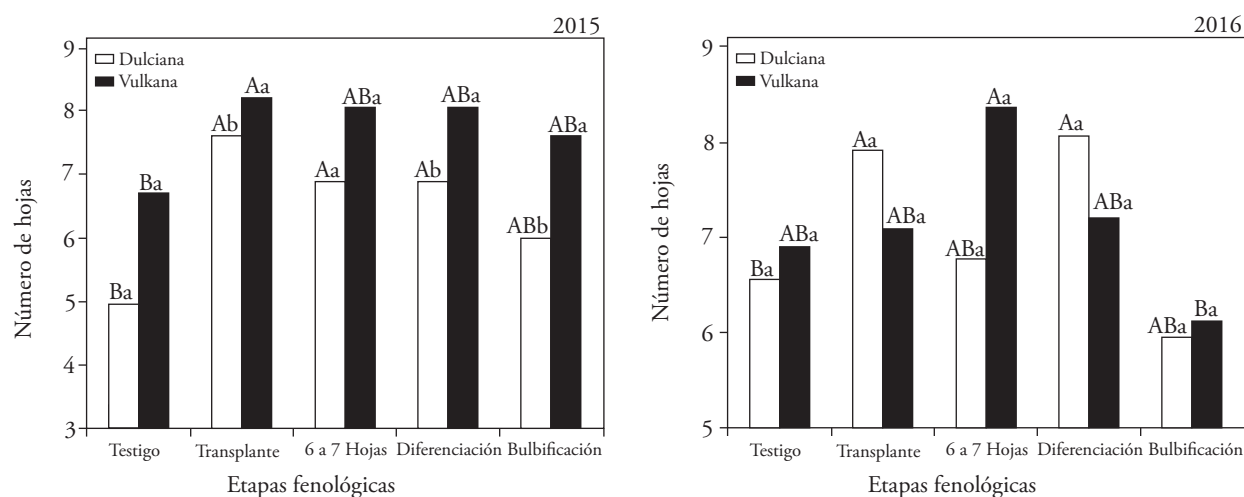


Figura 4. Número de hojas de cebolla en función de la aplicación de S en diferentes etapas de desarrollo de las plantas. Letras mayúsculas para el análisis de todas las etapas fenológicas de los cultivares Dulciana® o Vulkana®; letras minúsculas para cada cultivar -Dulciana® y Vulkana®- en cada etapa fenológica (Tukey, $p \leq 0.05$).

Figure 4. Number of onion leaves as a function of application of S at different stages of plant development. Uppercase letters, analysis of all phenological stages of the Dulciana® and Vulkana® cultivars; lowercase letters, each Dulciana® or Vulkana® cultivar at each phenological stage (Tukey, $p \leq 0.05$).

un área fotosintética mayor, y por el hecho de que el bulbo se forma por la acumulación de reservas en la base de la vaina de cada hoja correspondiente. Es decir, mientras mayor sea la cantidad de hojas, el número de vainas que sufrirán engrosamiento por la acumulación de reservas será mayor, y esto aumentará el tamaño del bulbo (Kurtz *et al.*, 2012).

Al comparar los tratamientos en el primer año de producción, en el cultivar Vulkana® se encontró mayor número de hojas en comparación con Dulciana® en las etapas de trasplante, diferenciación y bulbificación. En el segundo año el cultivar Vulkana® en la etapa de seis a siete hojas presentó número mayor de hojas (Tukey, $p \leq 0.05$) respecto a Dulciana®; en los demás etapas no existió diferencia estadística (Figura 4).

En este estudio, con independencia del período de aplicación de S, todos los bulbos producidos se clasificaron como comerciales. La aplicación de S en el trasplante, en el de seis a siete hojas y en el de diferenciación de bulbos, en el cultivar Dulciana®, se clasificó dentro de la clase III-completo (60 a 70 mm de diámetro de bulbo). Los tratamientos testigo y S en bulbificación se clasificaron en la clase III, con 50 a 60 mm de diámetro de bulbo (Cuadro 3).

En el cultivar Vulkana®, todos los tratamientos con adición de S se clasificaron en la Clase III-completo (Cuadro 3).

El S es un nutrimento esencial en las plantas, pues participa en la formación de diversas moléculas orgánicas, tales como los aminoácidos cisteína, que componen la mayoría de las proteínas (Rheinheimer *et al.*, 2007). Los resultados obtenidos en este estudio

transplantando, diferenciación and bulbing stages. In the second year, the Vulkana® cultivar showed a higher number of leaves in the six to seven leaves stage (Tukey, $p \leq 0.05$) compared to Dulciana®; there was no statistical difference in the other stages (Figure 4).

In this study, all bulbs produced were classified as commercial, regardless of the period of S application. The application of S at the transplant, at the six to seven leaves stage and at the bulb differentiation stage was classified within class III-full in the Dulciana® cultivar (60 to 70 mm in bulb diameter). The control and S treatments in bulbing were classified in class III, with 50 to 60 mm in bulb diameter (Table 3).

In the Vulkana® cultivar, all treatments with addition of S were classified in Class III-full (Table 3).

S is an essential nutrient in plants, as it participates in the formation of diverse organic molecules, such as the amino acid cysteine, which make up most of proteins (Rheinheimer *et al.*, 2007). The results obtained in this study showed the importance of the use of S in a specific period, considering the characteristics preferred by consumers.

The shape of the bulb is a morphological characteristic of great importance, since it is one of the variables used to evaluate genetic divergences among onion populations (Buzar *et al.*, 2007). In addition, the Brazilian consumer prefers onions with globular shape and dark brown coloring (LEITE *et al.*, 2002). There were no differences in this characteristic in the two cultivars evaluated in relation to the period of application of S (Table 3). All treatments were classified in group I (Oblong).

Cuadro 3. Clasificación y forma de bulbo en diferentes períodos de aplicación de S en dos años de plantación en cultivo de cebolla. Gurupi-To, Brasil (2015-2016).

Table 3. Bulb classification and shape in different periods of application of S in two years of planting in onion crop. Gurupi-To, Brazil (2015-2016).

Etapas fenológicas	Clasificación de los bulbos		Forma de los bulbos	
	Dulciana®	Vulkana®	Dulciana®	Vulkana®
Testigo	Clase III	Clase III	Oblongo	Oblongo
Trasplante	III-lleño	III-lleño	Oblongo	Oblongo
6 a 7 hojas	III-lleño	III-lleño	Oblongo	Oblongo
Diferenciación	III-lleño	III-lleño	Oblongo	Oblongo
Bulbificación	Clase III	III-lleño	Oblongo	Oblongo

mostraron la importancia del uso de S en un período específico, al tomar en cuenta las características preferidas por los consumidores.

La forma del bulbo es una característica morfológica de gran importancia, ya que es una de las variables utilizadas para evaluar divergencias genéticas entre las poblaciones de cebolla (Buzar *et al.*, 2007). Además, que el consumidor brasileño prefiere cebollas que presenten bulbos con forma globular y coloración café oscuro (LEITE *et al.*, 2002). En esta característica no existieron diferencias en los dos cultivos evaluados en relación con el período de aplicación del S (Cuadro 3). Todos los tratamientos se clasificaron en el grupo I (Oblongo).

CONCLUSIONES

La aplicación de azufre afecta la productividad y la calidad del bulbo de cebolla. El trasplante es la etapa más recomendable para la aplicación del nutriente, pues influye positivamente al cultivo de cebolla en todas las características evaluadas.

La forma del bulbo no mostró efectos por la aplicación de S en las diferentes etapas evaluadas. El mejor rendimiento productivo de las variedades de cebolla se obtuvo con 59 toneladas de azufre por hectárea, en el caso del cultivar Dulciana® y con 73, en el cultivar Vulkana®.

LITERATURA CITADA

- ANACE (Asociación Nacional de Productores de Cebolla). Revista Mais cebola. <http://www.anacebrasil.com.br/revistas/>. (Consulta: marzo 2019).
- Batal, K.M., K. Bondari, D.M. Granberry y B.G. Mullinix. 1994. Effects of source, rate, and frequency of N application on yield, marketable and rot incidence of sweet onion (*Allium cepa* L. cv. granex-33). J. Hort. Sci. 69: 1043 - 1051.
- Buzar A. G. R, V. R. Oliveira, y L. S. Boiteux. 2007. Estimativa da diversidade genética de germoplasma de cebola via descritores morfológicos, agronômicos e bioquímicos. Hort. Brasileira 25: 527-532.
- CEAGESP (Companhia de entrepostos e armazéns gerais do Estado de São Paulo). 2001. Programa brasileiro para a melhoria dos padrões comerciais e embalagens de hortigranjeiros: Classificação da cebola (*Allium cepa*). URL <http://www.ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/cebola.pdf> [Consultado: septiembre 2017].
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) 2013. Sistema brasileiro de classificação de solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro. 353 p.
- Ferreira D.F. 2008 Software SISVAR-Sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras Minas Gerais. Universidade

CONCLUSIONS

The application of Sulfur affects the productivity and quality of the onion bulb. Transplanting is the most recommended stage for the application of the nutrient, as it positively influences all the characteristics evaluated in the onion cultivation.

The shape of the bulb did not show effects by Sulfur application at the different stages evaluated. The best productive yield of the onion varieties was obtained with 59 tons of Sulfur per hectare, in the case of the Dulciana® cultivar, and with 73 tons on the Vulkana® cultivar.

—End of the English version—



Federal de Lavras (UFLA). URL http://www.dex.ufla.br/~danielff/en/softwares/sisvar_en.html [Consultado: septiembre 2015].

- Goto R., V.F. Guimarães y M. de M. Echer. 2001. Aspectos fisiológicos e nutricionais no crescimento e desenvolvimento de plantas hortícolas. In: Folegatti, M.V; E. Casarini, F. F. Blanco, R. P. C. do Brasil, R.P.C., e R. S. Resende. (coords.) Fertilização: flores, frutas e hortaliças. Guaíba: Agropecuária 2: 241 – 268.
- HF BRASIL. Anuário 2017-2018. Piracicaba: HF BRASIL, 2018. Edição Especial, 16 (dez.-jan) 174. URL <http://dooplayer.com.br/69826883-Dezembro-de-2017-janeiro-de-hortifrutibrasil-3.html>. Consultado: marzo 2019.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). 2018. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria.html>. Consultado: marzo 2019.
- INMET, 2017. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponible en: In: < <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesConvencionais>> Consultado el 02 de febrero de 2017.
- Köppen W. 1948. Climatología: con un estudio de los climas de la tierra. México, Fondo de Cultura Económica. 479 p.
- Kurtz C. y P. R. Ernani. 2010. Produtividade de cebola influenciada pela aplicação de micronutrientes. Revista Brasileira de Ciências do Solo. Viçosa 34:133- 142.
- Kurtz, C., P.R. Ernani, P. Roberto, M. Coimbra, J. Luís y P. Eder. 2012. Rendimiento e conservação de cebola alterados pela dose e parcelamento de nitrogênio em cobertura. Ver, Bras. Ciência do Solo. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180222945017> ISSN: 0100-0683 Consultada: marzo 2019.
- Leite, D. 2002. Programa de melhoramento genético de cebola na Embrapa Clima Temperado. Jornada científica de cebola do mercosul 5: 72-73.

- Nasreen S., S. M. I. Haq y M. A. Hossain. 2003. Sulphur effects on growth responses and yield of onion. *Asian Journal of Plant Sciences* 2: 897-902.
- Neto P. A., L. C. Grangeiro, A. M. S. Mendes, N. D. Costa, S. T. P. Marrocos y V. F. L. Sousa. 2014. Crescimento e acúmulo de macronutrientes na cultura da cebola em Baraúna (RN) e Petrolina (PE). *Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental* 18: 370-380.
- Pimentel-Gomes F. 1985. *Curso de Estatística Experimental*. São Paulo: Nobel. 467 p.
- Pôrto D. R. Q., A. B. Cecílio-Filho, A. May y P. F. Vargas. 2007. Acúmulo de macronutrientes pela cultivar de cebola "Superex" estabelecida por semeadura direta. *Ciência Rural Santa Maria* 37: 949-955.
- Rein T.A. y D.M.G. Sousa. 2004. Adubação com enxofre. *In*: Sousa, D.M.G., e E. Lobato. (eds.) *Cerrado: correção do solo e adubação*. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica: 227-244.
- Rheinheimer D. S., J. W. A. Raschel, B. D. Osorio-Filho y L. S. Silva. 2007. Resposta à aplicação e recuperação de enxofre em cultivos de casa de vegetação em solos com diferentes teores de argila e matéria orgânica. *Ciência Rural Santa Maria* 37: 363-371.
- Santos E. E. F., D. M. Fernandes, D. J. Silva y L. T. Bull. 2007. Acúmulo de macronutrientes por cultivares de cebola, em um vertissolo no médio São Francisco. *In*: Congresso Brasileiro de Ciência do solo 31. 2007. Conquistas e desafios da ciência do solo brasileira: anais. Porto Alegre: SBCS. URL <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/139915/1/OPB1505.pdf> Consultada: marzo 2019.
- Tiecher T., D. R. Santos, J. W. A. Rasche, G. Brunetto, F. J. Mallmann y R. Piccin. 2012. Resposta de culturas e disponibilidade de enxofre em solos com diferentes teores de argila e matéria orgânica submetidos à adubação sulfatada. *Bragantia* 71: 518-527.
- Tukey J. W. 1949. Comparing individual means in the analysis of variance. *Biometrics*. 5(2): 99-114.
- Vidigal S.M., P.R.G. Pereira y D.D. Pacheco. 2002. Nutrição mineral e adubação da cebola. *In*: *Informe agropecuário: Cultura da cebola*, 23(218): 36-50.
- Vidigal S.M., M.A. Moreira y P.R.G. Pereira. 2010. Crescimento e absorção de nutrientes pela cebola cultivada no verão por semeadura direta e por transplântio de mudas. *Bioscience Journal* 26: 59-70.

