

Planting dates of *Allium cepa* L. hybrids in Gurupi, Tocantins, Brazil

Fechas de cultivo de híbridos de *Allium cepa* L. en Gurupi, Tocantins, Brasil

Aline Torquato-Tavares*; Irais-Dolores Pascual-Reyes; Kellen Kiara Barros-Milhomens; Tiago Alves-Ferreira; Ildon Rodrigues-do-Nascimento

Universidade Federal do Tocantins, Departamento de Produção Vegetal. Rua Badejos, lote 7, Chácaras 69/72, Zona rural, Gurupi, Tocantins, C. P. 66, CEP 77402-970, BRASIL.

*Autor para correspondencia: alinet4t@hotmail.com, tel. +55 (63) 98108-4554.

Abstract

Brazil imports a large amount of onion and the producing states are restricted to the Central-South regions; therefore, it is essential to identify new areas with production potential. In the state of Tocantins, located in northern Brazil, there is no record of commercial onion cultivation for bulb production; consequently, it is important to determine the best date for the establishment of this crop. The aim of this research was to determine the adaptation and yield potential of onion planted on three dates in the town of Gurupi, Tocantins. Three experiments were established using the hybrids NUN 1205, Dulciana, and Cimarron, all of early-maturity, and three transplant dates: May 26, June 26 and July 26, 2015. A randomized complete block experimental design with four replicates was used. The bulb was evaluated in terms of commercial yield, average weight, shape and diameter, as well as plant height, pseudostem diameter and number of leaves. In postharvest, concentration levels of pyruvic acid, pH, size and bulb classification were determined. In July and June, commercial bulb yield was 27.90 and 58.05 t·ha⁻¹, respectively. The average bulb weight varied from 93 to 193 g·bulb⁻¹, where the round shape predominated. The most suitable month for transplanting onion in the region is June, which was when the highest yield was recorded. The classification of the bulbs obtained on the three dates and from the evaluated hybrids covers the demands of the market. In addition, the commercial yield was similar to that obtained in other producing regions. In July, the hybrid Cimarron obtained a lower yield than the national average; for this reason, its production is not recommended in that month.

Keywords: onion, genotypes x environments interaction, yield, bulb quality.

Resumen

Brasil importa gran cantidad de cebolla, y los estados productores se restringen a las regiones centro-sur; por ello, es indispensable identificar nuevas áreas con potencial de producción. En el estado de Tocantins, al norte de Brasil, no existen antecedentes de cultivo comercial de cebolla para la producción de bulbo; por lo que es importante determinar la mejor fecha de establecimiento del cultivo. El objetivo de la presente investigación fue determinar la adaptación y potencial de rendimiento del cultivo de cebolla establecido en tres fechas en la localidad de Gurupi, Tocantins. Se establecieron tres experimentos con los híbridos NUN 1205, Dulciana y Cimarron, todos de ciclo precoz, y tres fechas de trasplante: 26 de mayo, 26 de junio y 26 de julio de 2015. El diseño experimental fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones. El bulbo se evaluó en términos de: rendimiento comercial, peso medio, forma y diámetro; así como, altura de planta, diámetro del pseudotallo y número de hojas. En poscosecha se determinó: grado de concentración de ácido pirúvico, pH, tamaño y clasificación de bulbo. El rendimiento comercial de bulbo fue 27.90 y 58.05 t·ha⁻¹, para julio y junio, respectivamente. El peso medio de bulbo varió de 93 a 193 g·bulbo⁻¹, donde predominó la forma redondeada. La fecha más adecuada para sembrar cebolla en la región es junio, que fue donde se observó el mayor rendimiento. La clasificación obtenida de los bulbos, en las tres fechas e híbridos evaluados, cubre las exigencias del mercado. Además, su rendimiento comercial fue semejante al obtenido en regiones productoras. El híbrido Cimarron tuvo menor producción, comparado con la media nacional, en julio; por lo que no se recomienda su manejo en ese mes.

Palabras clave: cebolla, interacción genotipos x ambientes, rendimiento, calidad de bulbo.



Introduction

Globally, onion is the fourth most economically important vegetable crop and the third in terms of production volume. China is the leading producer and in 2013 accounted for 26 % of global production, while Brazil was the ninth largest producer with only 2 % (Salvador, 2015). In Brazil, onion is the third most important vegetable in terms of economic value, surpassed by potato (*Solanum tuberosum*) and tomato (*Solanum lycopersicum*) in production volume.

In onion production, variety selection is conditioned initially by the photoperiod and temperature requirements for the bulb formation process, which are specific to each genotype and characteristic of each producing region (Menezes & Vieira-Neto, 2012). Its phenological cycle depends on the variety, climate, and production system. The growth period can be divided into four stages: pre-planting, vegetative growth, bulb formation and maturation (Duarte-Costa & Milanez-de Resende, 2007).

For the selection of the planting area or region, genotype x environment interaction should be considered, relating mainly to the photoperiod and temperature, which are directly affected by the planting dates (Faria et al., 2012).

In Brazil, according to Oliveira, Mendonça, and Santos (2009), it is possible to cultivate two type of genotypes: the so-called “short day” ones (11-12 h daylight photoperiod) that can be established in any region of the country, and “intermediate day” ones (12-14 h daylight photoperiod) which are more suited to the southern region.

In relation to the temperature required by the crop, the ideal range is from 20-25 °C. High temperatures (above 32 °C) during the pre-planting stage of development can lead to formation of premature bulbs, which is a disadvantage. By contrast, exposure of plants to prolonged periods of low temperatures (below 10 °C) may induce premature flowering (bolting), which is highly undesirable when pursuing commercial bulb production rather than seed production (Vilela-de Resende, Bona-Pires, Pinheiro-Camargo, & Marchese, 2007).

Onion breeding programs in Brazil have developed hybrids with tropical germplasm that can expand planting areas into regions where there is no history of commercial cultivation. The aim of this is to reduce supply fluctuations throughout the year in the domestic market by increasing production and thereby reducing imports of this crop.

Introducción

A nivel mundial, la cebolla es la cuarta hortaliza de mayor importancia económica y la tercera en volumen de producción. China es el principal productor y en 2013 representó 26 % de la producción mundial; en tanto que Brasil fue el noveno productor con tan solo 2 % (Salvador, 2015). En Brasil, la cebolla es la tercera hortaliza más importante en cuanto al valor económico, superada en el volumen de producción por la papa (*Solanum tuberosum*) y el tomate (*Solanum lycopersicum*).

En la producción de cebolla, la elección de la variedad está condicionada, inicialmente, a los requerimientos de fotoperiodo y temperatura necesarios en el proceso de la bulbificación; los cuales son específicos en cada genotipo y característicos de la región productora (Menezes & Vieira-Neto, 2012). Su ciclo fenológico depende de la variedad, el clima y el sistema de plantación. El periodo de crecimiento puede dividirse en cuatro estadios: inicial, vegetativo, bulbificación y maduración (Duarte-Costa & Milanez-de Resende, 2007).

Para la elección del área o región de siembra, se debe considerar la interacción de genotipo x ambiente, principalmente la relacionada con el fotoperiodo y la temperatura, afectadas directamente por las fechas de siembra (Faria et al., 2012).

De acuerdo con Oliveira, Mendonça, y Santos (2009), en Brasil es posible el cultivo de dos clases de genotipos: los denominados de “días cortos” (fotoperiodo de 11 a 12 h luz por día) pueden ser establecidos en cualquier región del país, y los de “días intermedios” (fotoperiodo de 12 a 14 h luz por día), que están más adaptados a la región sur.

En relación con la temperatura requerida por el cultivo, el intervalo ideal es de 20 a 25 °C. Temperaturas elevadas (mayores a 32 °C) en la fase inicial de desarrollo pueden provocar la bulbificación prematura, lo cual es un inconveniente. En contraste, la exposición de las plantas a periodos prolongados de temperaturas bajas (menores a 10 °C) puede inducir el florecimiento prematuro (*bolting*), que es altamente indeseable cuando se persigue la producción comercial de bulbos y no de semillas (Vilela-de Resende, Bona-Pires, Pinheiro-Camargo, & Marchese, 2007).

Los programas de mejoramiento de cebolla en Brasil han desarrollado híbridos con germoplasma tropical que pueden ampliar las áreas de siembra en regiones donde no existen antecedentes de cultivo comercial. Con esto, se pretende reducir las fluctuaciones de oferta en el mercado nacional durante todo el año al incrementar la producción y con ello reducir la importación de esta hortaliza.

Tocantins is a new agricultural frontier, where annual crops such as corn and soybean are established during the summer in the Brazilian *cerrado* (second-largest biome in Brazil), and from May to September, either watermelon or melon is grown by producers.

Warm temperatures during the day and moderate during the night can favor the differentiation of onion bulbs that contain tropical germplasm. However, the lack of technical information about the crop in the region makes it necessary to evaluate onion genotypes to create recommendations that may be useful to producers in the region.

In view of these facts, the aim of the present study was to determine the adaptation and yield potential of onion established on three planting dates in the town of Gurupi, Tocantins, Brazil.

Materials and methods

Three experiments were conducted in 2015 in the experimental olericulture plot at the Federal University of Tocantins (UFT, for its initials in Spanish), located in Gurupi in the Central-South part of the state of Tocantins (11° 44' 42" South latitude, 49° 03' 05" West longitude, 276 masl). Based on the Köppen (1948) climate classification system, the region has an Aw climate, defined as tropical wet with a rainy season during the summer and a dry season in winter. The soil of the region is a red-yellow lithosol (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária [Embrapa], 2006).

During the experiments the observed minimum and maximum temperatures were 16.5 and 38.7 °C, respectively; the mean temperature was slightly variable, between 24 and 29 °C. Rainfall and temperature were obtained from the UFT weather station at the Gurupi campus (Figure 1, Instituto Nacional de Meteorología [INMET], 2015).

The onion hybrids used in the study were NUN 1205®, Dulciana® and Cimarron®, all obtained from Nunhems Bayer CropScience Vegetable Seeds®. All these hybrids have a cycle of 90-95 days in warm climates and a photoperiod of 11-12 h daylight. The hybrids were transplanted on May 26, June 26 and July 26. On all planting dates, a randomized complete block experimental design with four replicates was used. The experimental plot consisted of three rows separated by 0.15 m, with 60 plants spaced 0.10 m apart. The 20 plants in the middle row were used as the experimental unit.

The seedlings were produced in 200-cavity expanded polystyrene trays, with each cavity containing commercial Plantmax® substrate (composed of equal parts of pine bark, charcoal, peat moss and vermiculite). The trays were kept in shade houses under sprinkler

Tocantins es una nueva frontera agrícola, con el establecimiento de cultivos anuales: maíz y soya durante el verano en condiciones de cerrado (segundo mayor bioma brasileiro), y de mayo a septiembre, la alternativa de los productores es el cultivo de sandía y melón.

Las temperaturas cálidas durante el día y templadas durante la noche pueden favorecer la diferenciación de bulbo de cultivos de cebolla con germoplasma tropical. Sin embargo, la falta de información técnica sobre el cultivo en la región hace necesario evaluar genotipos de cebolla para generar recomendaciones que puedan ser de utilidad para los productores de la región.

Ante estos hechos, el objetivo de la presente investigación fue determinar la adaptación y potencial de rendimiento del cultivo de cebolla en tres fechas en la localidad de Gurupi, Tocantins, Brasil.

Materiales y métodos

Se realizaron tres experimentos en 2015 en el área experimental de olericultura de la Universidad Federal de Tocantins (UFT), en el municipio de Gurupi, centro sur del estado de Tocantins (11° 44' 42" latitud sur, 49° 03' 05" longitud oeste, 276 msnm). La clasificación climática es de tipo Aw según Köppen (1948), definido como húmedo tropical con estación de lluvia en verano y seco en invierno. El suelo de la región es litosol rojo-amarillo (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária [Embrapa], 2006).

Durante la conducción de los experimentos, las temperaturas mínima y máxima observadas fueron 16.5 y 38.7 °C, respectivamente; la temperatura media fue poco variable, entre 24 y 29 °C. Las precipitaciones y temperaturas fueron obtenidas de la estación climatológica de la UFT, del campus de Gurupi (Figura 1, Instituto Nacional de Meteorología [INMET], 2015).

Los híbridos de cebolla empleados fueron de ciclos de 90 a 95 días en climas cálidos: NUN 1205®, Dulciana® y Cimarron®, todos de la empresa Nunhems Bayer CropScience Vegetable Seeds®, con fotoperiodo de 11 a 12 h luz por día. Los trasplantes de los híbridos fueron realizados el 26 de mayo, 26 de junio y 26 de julio. En todas las fechas se empleó el diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La parcela experimental consistió de tres surcos separados por 0.15 m, con 60 plantas distanciadas a 0.10 m. La parcela útil fueron las 20 plantas del surco central.

Las plántulas se produjeron en bandejas de poliestireno expandido de 200 alveolos, con sustrato comercial Plantmax® (compuesto en partes iguales de cáscara de pino, carbón, turba y vermiculita) y mantenidas en casa sombra con riego por aspersión. El trasplante se realizó 30 días después de la siembra (dds).

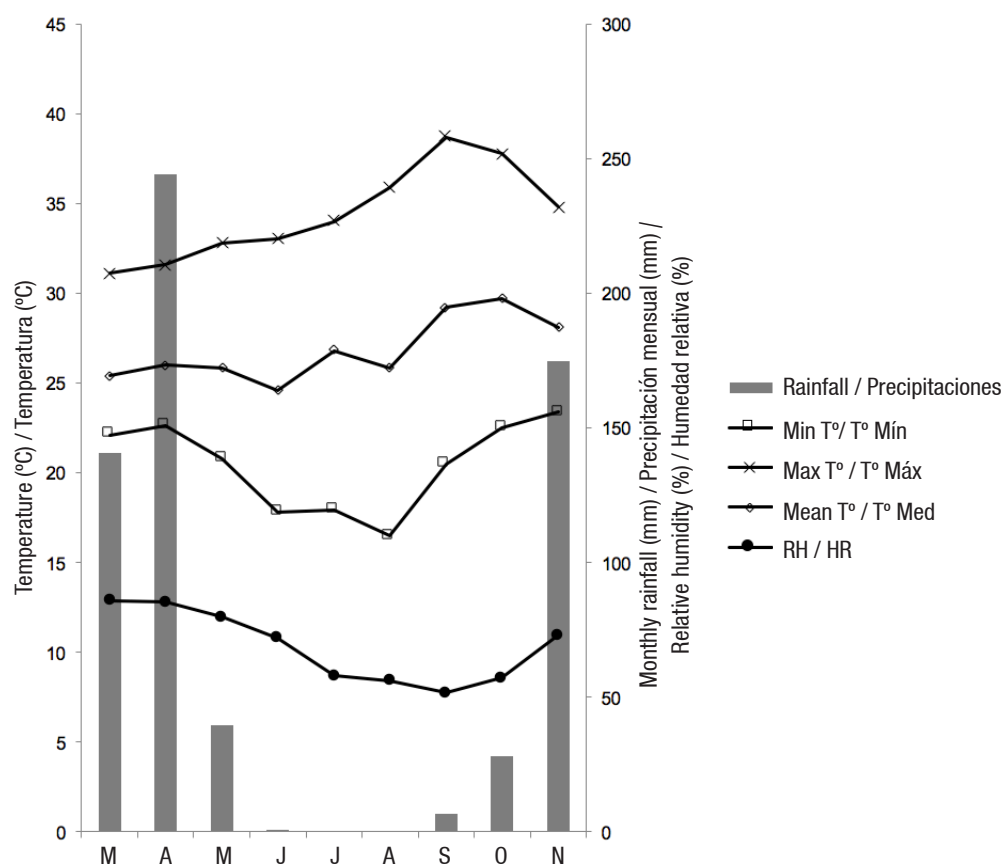


Figure 1. Mean monthly values of minimum, maximum and average temperatures, relative humidity (RH) and total rainfall during the period of the experiments in Gurupi, Tocantins, Brazil, 2015.

Figura 1. Valores medios mensuales de la temperatura del aire mínima, máxima y media, humedad relativa del aire (UR) y precipitaciones totales en el periodo de conducción de los experimentos en Gurupi, Tocantins, Brasil, 2015.

irrigation. The seedlings were transplanted 30 days after sowing (das).

According to the crop requirements, fertilizer was applied 30 and 50 days after transplanting (dat) with 75 kg·ha⁻¹ of N and 75 kg·ha⁻¹ of P. Sprinkler irrigation and weed, pest and disease control were carried out according to crop recommendations (Duarte-Costa & Milanez-de Resende, 2007).

In the three experiments, harvesting was carried out when the plants showed advanced signs of senescence, such as yellowing and dry leaves, and when more than 80 % presented soft stem and their leaves were bent or inclined. After harvest, the bulbs were “cured” (dried before storage) for 30 days; then the remains of the roots and aerial parts of the bulbs were removed.

The characters evaluated in the field were:

a) Commercial yield (YIELD, t·ha⁻¹).

b) Plant height (PH, cm): measured from ground level to the most distal part of the plant.

La fertilización se llevó a cabo, de acuerdo con las exigencias del cultivo, a los 30 y 50 días después del trasplante (ddt) con 75 kg·ha⁻¹ de N y 75 kg·ha⁻¹ de P. El riego se realizó por aspersión, y el control de malezas, plagas y enfermedades conforme a las recomendaciones del cultivo (Duarte-Costa & Milanez-de Resende, 2007).

En los tres experimentos, se cosechó cuando las plantas presentaban señales avanzadas de senescencia, tales como amarillamiento y secado de hojas, y cuando más de 80 % de las plantas tuvieron el tallo blando y su follaje se dobló o inclinó. Después de la cosecha, los bulbos se “curaron” (secado del bulbo antes de prepararse para su almacenamiento) por 30 días; posteriormente, se eliminaron los restos de las raíces y de la parte aérea de los bulbos.

Los caracteres evaluados en campo fueron:

a) Rendimiento comercial (REN, t·ha⁻¹).

b) Altura de la planta (AP, cm): medida desde el nivel del suelo hasta la parte más distal de la planta.

c) Average bulb weight (ABW, g): coefficient of yield divided by the number of bulbs.

d) Bulb shape (BS, mm): obtained by dividing bulb size by its diameter, according to the following scale: group I (round, oblong or pyriform), when the average value is equal to or greater than 0.9 mm; group II (oval), when the average value is equal to or less than 0.89 mm, and group III (elongated), when the average value is equal to or greater than 1.1 mm (*Companhia de entrepostos e armazéns gerais do Estado de São Paulo [CEAGESP], 2001*).

e) Bulb diameter (BD, mm).

f) Pseudostem diameter (PSD, mm).

g) Number of fully developed leaves (NL).

The evaluated post-harvest characteristics were:

a) Concentration of pyruvic acid (CPA, μmol pyruvic acid·g⁻¹ of fresh matter): this was estimated using 2,4-dinitrophenylhydrazine (DNPH) according to the method described by Schwimmer and Weston (1961), and modified by Anthon and Barrett (2003). This method uses spectrophotometry to determine the total amount of 2,4-dinitrophenylhydrazine that reacts with the carbonyl group and evaluates the enzymatic development of pyruvic acid as a form of measurement of its concentration in onions. Absorbances were obtained in a spectrophotometer at 420 nm.

b) pH: determined following the method described by the Official Methods of Analysis (AOAC, 2000).

c) Bulb classification: based on bulb diameter and according to the scale described by CEAGESP (2001), the following classes were used: class 0 or non-commercial, less than 15 mm; class I, 15 - 35 mm; class II, 35 - 50 mm; class III, 50 - 60 mm; class III mature, 60 - 70 mm; class IV, 70 - 90 mm, and class V, greater than 90 mm.

Data were submitted to an individual analysis of variance, followed by a joint analysis. The means were compared with the Tukey test (1949), $P \leq 0.05$. Statistical analysis was carried out using SISVAR software version 5.3. (Ferreira, 2008).

Results and discussion

The analysis of variance showed significant effects among the hybrids on the evaluated characters, with the exception of PH and pH, revealing genetic variations among them. In the case of dates, only YIELD, PH, ABW, and BD were affected ($P \leq 0.05$, Table 1).

In May (first evaluation), there were significant differences in yield between evaluated dates and hybrids.

c) Peso medio de bulbos (PMB, g): cociente del rendimiento entre el número de bulbos.

d) Forma del bulbo (FB, mm): obtenida a la dividir el tamaño del bulbo entre el diámetro de bulbo, según la escala: 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 (*Companhia de entrepostos e armazéns gerais do Estado de São Paulo [CEAGESP], 2001*).

e) Diámetro del bulbo (DB, mm).

f) Diámetro del pseudotallo (DPT, mm).

g) Número de hojas completamente desarrolladas (NH).

Las características de poscosecha evaluadas fueron:

a) Concentración de ácido pirúvico (CAP, μmol ácido pirúvico·g⁻¹ de materia fresca): estimada usando 2,4-dinitrofenilhidrazina (DNFH) por el procedimiento descrito por Schwimmer y Weston (1961), y modificado por Anthon y Barrett (2003). Este método determina, por espectrofotometría, la cantidad total de 2,4-dinitrofenilhidrazina que reacciona con el grupo carbonilo y evalúa el desarrollo enzimático del ácido pirúvico como medida su concentración en cebollas. Las absorbancias fueron leídas en un espectrofotómetro a 420 nm.

b) pH: medido de acuerdo con el método del *Official Methods of Analysis* (AOAC, 2000).

c) 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, 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.

Los datos obtenidos se sometieron al análisis de varianza individual, seguido de un análisis conjunto. Las medias fueron comparadas con la prueba de Tukey (1949), $P \leq 0.05$. Los análisis estadísticos se hicieron con el *software* SISVAR versión 5.3. (Ferreira, 2008).

Resultados y discusión

Los análisis de varianza mostraron efectos significativos entre los híbridos sobre los caracteres evaluados, a excepción de AP y pH, evidenciando las variaciones genéticas entre ellos. En el caso de fechas, únicamente REN, AP, PMB y DB fueron afectadas ($P \leq 0.05$, Cuadro 1).

Hubo diferencia significativa en el rendimiento entre fechas evaluadas e híbridos en mayo (primera fecha).

Table 1. Analysis of variance of evaluated characters of three onion hybrids established on three transplant dates in Gurupi, Tocanti, Brazil, 2015.**Cuadro 1. Análisis de varianza de caracteres evaluados de tres híbridos cebolla establecidos en tres fechas de trasplante en Gurupi, Tocanti, Brasil, 2015.**

SV/FV	DF/ GL	Mean squares/Cuadrados medios								
		YIELD/REN	PH/AP	ABW/PMB	PSD/DPT	NL/NH	CPA/CAP	pH	BS/FB	BD/DB
Planting dates/ Fechas	2	1849.74**	539.29**	20552.69**	0.12	4.56	10.71	0.02	0.07*	3.16**
Hybrids/ Híbridos	2	346.99*	66.61	3855.44*	0.94**	6.73*	28.29*	0.01	0.29**	3.52**
Planting date x Hybrids/ Fechas x Híbridos	4	114.19	51.49	1268.77	0.04	1.00	6.94	0.05	0.01	0.45
Block (date)/ Bloque (Fechas)	9	412.17**	136.99	4579.73**	0.08	2.59	3.89	0.03	0.01	0.75
Error	18	69.26	61.88	769.59	0.09	1.53	5.50	0.02	0.01	0.48
Total	35	2380.16	856.26	31026.22	1.27	16.41	55.33	0.58	0.39	8.36
C.V. (%)		19.03	16.99	19.03	30.66	19.37	38.70	3.31	11.44	11.67
Mean/ Media		43.74	46.3	145.8	0.99	6.39	6.06	4.99	1.21	5.97

**, *: significant with $P \leq 0.01$ and 0.05 , respectively; SV: source of variation; DF: degrees of freedom; YIELD: commercial yield ($t \cdot ha^{-1}$); PH: plant height (cm); ABW: average bulb weight (g); PSD: pseudostem diameter (cm); NL: number of leaves; CPA: concentration of pyruvic acid (μmol pyruvic acid $\cdot g^{-1}$ fresh matter); pH: BS: bulb shape (mm); BD: bulb diameter (mm); CV: coefficient of variation.

**, *: significativo con $P \leq 0.01$ y 0.05 , respectivamente; FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; REN: rendimiento comercial ($t \cdot ha^{-1}$); AP: altura de la planta (cm); PMB: peso medio del bulbo (g); DPT: diámetro del pseudotallo (cm); NH: número de hojas; CAP: concentración de ácido pirúvico (μmol ácido pirúvico $\cdot g^{-1}$ de materia fresca); PH: pH; FB: forma del bulbo (mm); DB: diámetro del bulbo (mm); CV: coeficiente de variación.

NUN 1205 presented higher yields ($54.22 t \cdot ha^{-1}$, Table 2); however, in June greater similarity was shown between Cimarron and Dulciana with 54.90 and $58.05 t \cdot ha^{-1}$, respectively (Table 2).

NUN 1205 presentó mejor desempeño ($54.22 t \cdot ha^{-1}$, Cuadro 2); sin embargo, en junio se tuvo mayor homogeneidad con 54.90 y $58.05 t \cdot ha^{-1}$ para Cimarron y Dulciana, respectivamente (Cuadro 2).

When the transplant was performed in July, yields decreased, probably due to the occurrence of temperatures (between 15 and 25 °C) higher than the suitable range for these varieties. The highest temperatures, recorded in September at the beginning of bulb differentiation, favor fast formation and maturation (smaller bulbs), resulting in reduced yields (Souza & Resende, 2002). The Cimarron hybrid presented the lowest yield ($27.90 t \cdot ha^{-1}$), being even lower than the average yield in Brazil ($28.03 t \cdot ha^{-1}$; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Levantamento Sistemático da Produção Agrícola [IBGE – LSPA], 2015).

Cuando se realizó el trasplante en julio, el rendimiento se redujo, probablemente por las temperaturas superiores (entre 15 y 25 °C) al intervalo satisfactorio para estas variedades. Las temperaturas más altas, registradas en septiembre, al inicio de la diferenciación del bulbo, favorecen la formación y la maduración rápida (bulbos de menor tamaño), lo que reduce el rendimiento (Souza & Resende, 2002). El híbrido Cimarron presentó el menor rendimiento ($27.90 t \cdot ha^{-1}$), siendo inferior incluso que al de la media en Brasil ($28.03 t \cdot ha^{-1}$, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Levantamento Sistemático da Produção Agrícola [IBGE – LSPA], 2015).

For each planting date, plant height was similar among the hybrids. On the second date, NUN 1205 presented the greatest height (58.99 cm), differing statistically from the others. In relation to the June transplant, the highest averages (between 51.40 and 58.99 cm, Table 2) of all hybrids was observed.

La altura de planta, dentro de cada fecha, fue semejante entre los híbridos. NUN 1205 presentó mayor altura (58.99 cm) en la segunda fecha, difiriendo estadísticamente de los demás. En el trasplante de junio se observaron las medias mayores de todos los híbridos (entre 51.40 y 58.99 cm, Cuadro 2).

Table 2. Means comparisons of the interaction between planting dates x onion hybrids evaluated in Gurupi, Tocantins, Brazil, 2015.**Cuadro 2. Comparaciones de medias de la interacción fechas de trasplante x híbridos de cebolla evaluados en Gurupi, Tocantins, Brasil, 2015.**

Planting dates / Fechas	Hybrids / Híbridos			Means / Medias
	Nun 1205	Cimarron	Dulciana	
	YIELD (t·ha ⁻¹)/REN (t·ha ⁻¹)			
May 26/26 de mayo	54.22 aA	32.02 abB	42.82 abB	43.04 ab
June 26/26 de junio	56.55 aA	54.90 aA	58.05 aA	56.50 a
July 26/26 de julio	36.30 bB	27.90 bA	30.90 bB	31.70 b
Means / Medias	49.02 A	38.27 B	43.92 A	
HSD/DMSH	8.67			
	PH (cm)/AP (cm)			
May 26/26 de mayo	44.06 bB	46.15 aA	37.61 bAB	42.60 b
June 26/26 de junio	58.99 aA	51.40 aA	51.73 aA	54.04 a
July 26/26 de julio	40.73 cB	44.58 aA	41.46 bA	42.26 b
Means / Medias	48.59 A	47.37 A	43.60 A	
HSD/DMSH	8.20			
	ABW (g)/PMB (g)			
May 26/26 de mayo	180.75 aA	106.75 bC	142.75 bB	143.41 b
June 26/26 de junio	188.50 aA	183.00 aA	193.50 aA	188.33 a
July 26/26 de julio	121.00 bA	93.00 cB	103.00 cB	105.66 c
Means / Medias	163.41 A	127.58 B	146.41 AB	
HSD/DMSH	28.91			
	PSD (cm)/DPT (cm)			
May 26/26 de mayo	0.81 aB	1.50 aA	0.85 aB	1.05 a
June 26/26 de junio	0.91 aB	1.30 bA	0.91 aB	1.04 a
July 26/26 de julio	0.80 aA	1.02 abA	0.82 aA	0.87 a
Means / Medias	0.84 B	1.27 A	0.86 B	
HSD/DMSH	0.31			
	NL/NH			
May 26/26 de mayo	5.12 bA	7.12 aA	4.81 bA	5.68 b
June 26/26 de junio	6.59 aA	7.37 aA	6.11 aA	6.69 ab
July 26/26 de julio	6.37 aA	7.27 aA	6.77 aA	6.80 a
Means / Medias	5.02 B	7.25 A	5.82 B	
HSD/DMSH	1.29			
	CPA (μmol pyruvic acid·g ⁻¹ fresh matter)/CAP (μmol ácido pirúvico·g ⁻¹ de materia fresca)			
May 26/26 de mayo	4.35 bA	8.48 aA	6.52 abA	5.35 a
June 26/26 de junio	4.97 bA	8.91 aA	5.74 bA	5.69 a
July 26/26 de julio	6.69 aA	7.87 aA	7.16 aA	7.13 a
Means / Medias	5.33 B	8.42 A	6.47 AB	
HSD/DMSH	2.44			
	PH			
May 26/26 de mayo	4.81 bB	5.09 aA	4.94 aA	4.94 a
June 26/26 de junio	4.92 abAB	5.04 aA	5.03 aA	4.99 a
July 26/26 de julio	5.12 aA	4.94 aA	5.04 aA	5.03 a
Means / Medias	4.95 A	5.02 A	5.00 A	
HSD/DMSH	0.17			
	BS (mm)/FB (mm)			
May 26/26 de mayo	76.6 aA	74.0 bB	69.40 bC	73.30 a
June 26/26 de junio	71.0 bB	78.40 aA	69.90 aC	73.15 a
July 26/26 de julio	66.70 cB	69.10 cA	62.80 cC	66.20 b
Means / Medias	71.43 B	73.83 A	67.36 C	
HSD/DMSH	0.14			
	BD (mm)/DB (mm)			
May 26/26 de mayo	65.90 bA	48.60 cA	59.30 bAB	57.93 b
June 26/26 de junio	68.70 aA	59.40 aA	68.20 aA	65.48 a
July 26/26 de julio	58.60 cA	53.20 bA	55.10 cB	55.66 c
Means / Medias	64.40 A	53.73 C	60.86 B	
HSD/DMSH	0.72			

Means with the same lowercase letter within columns and uppercase letter within rows are not statistically different (Tukey, $P \leq 0.05$).

YIELD: commercial yield; PH: plant height; ABW: average bulb weight; PSD: pseudostem diameter; NL: number of leaves; CAP: concentration of pyruvic acid; pH; BS: bulb shape; BD: bulb diameter; HSD: honest significant difference.

Medias con la misma letra minúscula en columnas y mayúscula en líneas no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$).

REN: rendimiento comercial; AP: altura de la planta; PMB: peso medio del bulbo; DPT: diámetro del pseudotallo; NH: número de hojas; CAP: concentración de ácido pirúvico; PH: pH; FB: forma del bulbo; DB: diámetro del bulbo; DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

For average bulb weight, hybrids differed only with respect to the May transplant date, where Cimarron obtained the lowest weight (106.75 g, Table 2). In June, when high commercial prices occur due to the demand for onion to make fast food (Baier et al., 2009), the highest means, 183.00 and 193.50 g, were recorded in Cimarron and Dulciana, respectively.

For the July transplant, there was a decrease in average bulb weight (Table 2), which in the Cimarron hybrid fell from 183 g·bulb⁻¹ in June to 93 g·bulb⁻¹. In this case, high relative humidity caused by rainfall at the end of the cycle could have caused the cessation of bulb growth.

Quartiero et al. (2014) evaluated onion hybrids in Guarapuava-PR and found a significant reduction in average bulb weight at late transplant dates. This may have been due to variations in photoperiod and temperature during the year causing alterations in characteristics related to bulb yield and premature bulb formation (Sirtoli, Furlan, & Rodrigues, 2010). However, the photoperiod in the experimental area had no significant alterations, so temperature was the factor that contributed the most to the modifications observed.

In the May transplant, no significant statistical differences in pseudostem diameter were observed. This parameter is important since it is related to the photosynthetically active part and the onion bulb. When the plant is exposed to short periods of extreme cold (<6 °C), the pseudostem tends to increase in diameter. For the evaluated dates, the pseudostem had values between 1 and 2 cm in diameter (Table 2), values similar to those found by Kunz et al. (2009) and considered acceptable to the market.

In terms of number of leaves, observed values ranged between 4.81 for Dulciana and 7.12 for Cimarron (Table 2). The results found in this study are similar to those reported by Cecílio-Filho, Marcolini, May, and Barbosa (2010) in San José del Rio Pardo-SP, where six and seven leaves were obtained. An unusual characteristic of the onion is that when the growth phase of the bulb begins the growth of the leaves is interrupted. For this reason, the size of the bulb at harvest is highly associated with the size and number of plant leaves; therefore, it is important to maintain a large number of healthy leaves with good development to ensure the production of large bulbs that are suitable for the market (Oliveira, 2015).

According to the methodology proposed by Dhupal, Datir, and Pandey (2007) to classify the concentration of pyruvic acid, onions are classified on the basis of pungency as low pungency/sweet if the bulbs have values from 0-3 μmol pyruvic acid·g⁻¹; medium pungency for 3-7 μmol pyruvic acid·g⁻¹ and high

El peso medio de los bulbos de los genotipos difirieron únicamente en el trasplante correspondiente a mayo; donde Cimarron tuvo el peso menor (106.75 g, Cuadro 2). Las medias más altas se observaron en junio, de 183.00 a 193.50 g, en Cimarron y Dulciana, respectivamente; los cuales presentaron una cotización comercial alta debido a su demanda para elaborar comida rápida (Baier et al., 2009).

En el trasplante de julio ocurrió una disminución en el peso medio de los bulbos (Cuadro 2). El híbrido Cimarron, de 183 g·bulbo⁻¹, que presentó en junio, se redujo a 93 g·bulbo⁻¹. En este caso, la elevada humedad relativa causada por las precipitaciones al final del ciclo pudo causar el cese del crecimiento del bulbo.

Quartiero et al. (2014) evaluaron híbridos de cebolla en Guarapuava-PR y encontraron reducción significativa en el peso medio de bulbo en fechas de trasplante tardías. Lo anterior pudo deberse a que las variaciones de fotoperiodo y temperatura en el transcurso del año causan alteraciones en las características relativas al rendimiento de bulbo y a la bulbificación precoz (Sirtoli, Furlan, & Rodrigues, 2010). Sin embargo, el fotoperiodo en el área experimental no tuvo alteraciones significativas, por lo que el factor que más contribuyó a las modificaciones observadas fue la temperatura.

En el trasplante de mayo no se observaron diferencias estadísticas significativas en el diámetro de pseudotallo. Este parámetro es importante ya que está relacionado con la parte fotosintéticamente activa y el bulbo de la cebolla. Cuando la planta está expuesta a breves periodos de frio extremo (<6 °C), el pseudotallo tiende a incrementar su diámetro. En las fechas evaluadas, el pseudotallo tuvo entre 1 y 2 cm de diámetro (Cuadro 2), valores similares a los encontrados por Kunz et al. (2009) y considerados aceptables para el mercado.

En relación con el número de hojas, los valores observados variaron entre 4.81 en Dulciana y 7.12 en Cimarron (Cuadro 2). Los resultados encontrados en este trabajo se asemejan a los reportados por Cecílio-Filho, Marcolini, May, y Barbosa (2010) en San José del Rio Pardo-SP, quienes obtuvieron seis y siete hojas. Una característica peculiar de la cebolla es que iniciada la fase de crecimiento del bulbo ocurre la interrupción del crecimiento de las hojas. Por ello, el tamaño del bulbo en la cosecha está asociado altamente al tamaño y al número de hojas de la planta; por lo que es esencial mantener una cantidad grande de hojas saludables con buen desarrollo para que garanticen la producción de bulbos grandes y con forma adecuada para el mercado (Oliveira, 2015).

Según la metodología de Dhupal, Datir, y Pandey (2007) para clasificar la concentración de ácido pirúvico, las cebollas son consideradas con valores bajos/dulce si

above 7 μmol pyruvic acid g^{-1} . The concentrations of pyruvic acid in the hybrid Cimarron were 8.48, 8.91 and 7.87 μmol pyruvic acid $\cdot\text{g}^{-1}$, in May, June, and July, respectively (Table 2). These values corresponded to the category of high concentrations.

On the other hand, medium concentrations were obtained by NUN 1205 for all dates, while Dulciana presented medium values in June and high ones in July (Table 2). According to Crowther et al. (2005), onions with a low concentration of pyruvic acid are desirable when they are destined to consumption *in natura*, this being an essential prerequisite for this type of market. However, Souza et al. (2008) assert that there is a market preference for the consumption of onions with a medium to high concentration of pyruvic acid, which is a classification similar to that observed in the present study.

Among all the post-harvest characteristics of onion, the concentration of pyruvic acid is one of the most important (Vilela-de Resende et al., 2010). The chemical composition and sensory characteristics of the bulb's taste, color and smell depend mainly on genetic and environmental factors, crop management, nutrition and planting date (Randle, 1997).

A high concentration of pyruvic acid is desirable for the industrialization of onions; this is due to the fact that aromatic compounds are lost during the dehydration processes (de Rezende-Chagas, Milanez-de Resende, & Pereira, 2004).

The pH did not vary significantly between the evaluated dates and hybrids, with the exception of NUN 1205, which had pH values of 4.81 in May and 5.12 in July (Table 2). These values are similar to those found by Schunemann, Treptow, Lopes-Leite, and Vendruscolo (2006) and Vilela-de Resende et al. (2010). In relation to bulb shape, the hybrids did not differ significantly in the transplant dates (60-80 mm, Table 2).

Another important characteristic in the classification of the collected product is the transverse diameter. Souza and Resende (2002) note that the Brazilian consumer market prefers bulbs of 40 - 80 mm in size. In the present study, the three hybrids presented values within that range (48.6-68.7 mm, Table 2).

Dulciana presented an average diameter of 55.1 mm in July, differing significantly from the other dates, whereas Cimarron in May had the smallest bulb diameter (48.6 mm). Very Large bulbs are not commercially desirable, obtaining lower prices than those of class III (de Oliveira-Rodrigues, Costa-Grangeiro, de Negreiros, da Silva, & Novo-Júnior, 2015). The ideal genotype for onion cultivation is the one with the highest yield associated with the highest percentage

los bulbos presentan de 0 a 3 μmol ácido pirúvico $\cdot\text{g}^{-1}$, medios con bulbo de 3 a 7 μmol ácido pirúvico $\cdot\text{g}^{-1}$ y altos arriba de 7 μmol ácido pirúvico $\cdot\text{g}^{-1}$. La concentración de ácido pirúvico de Cimarron fue de 8.48, 8.91 y 7.87 μmol ácido pirúvico $\cdot\text{g}^{-1}$, en mayo, junio y julio, respetivamente (Cuadro 2). Dichos valores correspondieron a la categoría de concentraciones altas.

Por su parte, NUN 1205 tuvo concentración media en todas las fechas y Dulciana fue media en junio y alta en julio (Cuadro 2). De acuerdo con Crowther et al. (2005), las cebollas con concentración menor de ácido pirúvico son deseables cuando son destinadas al mercado *in natura*, ya que esta característica es un factor limitante para ese tipo de consumo. Sin embargo, Souza et al. (2008) afirman que en el mercado existe preferencia para el consumo de cebolla con concentración de ácido pirúvico de moderada a fuerte; clasificación semejante a la observada en este trabajo.

Dentro de las características de mayor importancia en poscosecha de cebollas, se puede citar la concentración de ácido pirúvico (Vilela-de Resende et al., 2010). La composición química y las características sensoriales de sabor, color y olor de los bulbos de cebolla dependen principalmente del factor genético, ambientales, manejo del cultivo, nutrición y fecha de siembra (Randle, 1997).

Para la industrialización de las cebollas, la concentración alta de ácido pirúvico es deseable; esto debido a que durante los procesos de deshidratación se pierden los compuestos aromáticos (de Rezende-Chagas, Milanez-de Resende, & Pereira, 2004).

El pH no varió significativamente entre fechas e híbridos evaluados, a excepción de NUN 1205 que presentó pH de 4.81 en mayo y 5.12 en julio (Cuadro 2). Estos valores son parecidos a los encontrados por Schunemann, Treptow, Lopes-Leite, y Vendruscolo (2006) y Vilela-de Resende et al. (2010). En relación con la forma del bulbo, los híbridos no difieren significativamente en las fechas de trasplante (de 60 a 80 mm, Cuadro 2).

Otra característica importante en la clasificación del producto colectado, es el diámetro transversal. Souza y Resende (2002) mencionan que el mercado consumidor brasileño prefiere bulbos de 40 a 80 mm. Los tres híbridos estudiados presentan valores dentro de dicho intervalo (48.6 a 68.7 mm, Cuadro 2).

Dulciana presentó un diámetro medio de 55.1 mm en julio, difiriendo significativamente de las demás fechas. En tanto que Cimarron tuvo en mayo el menor diámetro de bulbo (48.6 mm). Bulbos de tamaño muy grande no son comercialmente deseables, obteniendo precios inferiores a los de la clase III (De Oliveira-Rodrigues, Costa-Grangeiro, de Negreiros, da Silva, & Novo-Júnior, 2015).

of bulbs belonging to class III (51 and 60 mm) and class III mature (61 and 70 mm), which are preferred by housewives (Silva, Teixeira, & Amado, 1991) and receive the best remuneration during the commercialization process (Torre-Figueiredo et al., 2011).

In the present study, all bulbs had a class III mature rating, which means that the state of Tocantins has the potential for onion production and has an adequate photoperiod (between 11 and 12 hours) for the formation of good quality bulbs for the market.

Conclusions

In the region of Gurupi, Tocantins, Brazil, yields similar to those of other onion-producing regions were observed; therefore, onion production can be recommended in this region.

The most suitable month for transplanting onion in this region is June, which is when the highest yields were obtained. However, the May and June transplants also achieved adequate yields with bulb classifications that satisfy market demands.

Acknowledgements

The authors thank A Nunhems Bayer CropScience Vegetable Seeds® for providing the onion hybrids, and also the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq), the Agency for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) and the Federal University of Tocantins (UFT).

End of English version

References / Referencias

- Anthony, G. E., & Barrett, D. M. (2003). Modified for the determination of pyruvic acid with DNPH in the assessment of onion pungency. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(12), 1210-1213. doi: 10.1002/jsfa.1525
- Baier, J. E., Vilela-de Resende, J. T., Gonçalves-Galvão, A., Mendes-Battistelli, G., Modesto-Machado, M., & Ventura-Faria, M. (2009). Produtividade e rendimento comercial de bulbos de cebola em função da densidade de cultivo. *Ciências e Agrotecnologia, Lavras*, 33(2), 496-501. doi: 10.1590/S1413-70542009000200021
- Cecílio-Filho, A. B., Marcolini, M. W., May, A., & Barbosa, J. C. (2010). Produtividade e classificação de bulbos de cebola em função da fertilização nitrogenada e potássica, em semeadura direta. *Científica, Jaboticabal*, 38(1/2), 14-22. doi: <http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2010v38n1%2F2p14+-+22>

Para el cultivo de cebolla, el genotipo ideal es aquel que posee rendimiento mayor asociado con un porcentaje mayor de bulbos pertenecientes a la clase III (entre 51 y 60 mm) y III lleno (entre 61 a 70 mm); los cuales son los preferidos por las amas de casa (Silva, Teixeira, & Amado, 1991) y reciben mejor remuneración en la comercialización (Torre-Figueiredo et al., 2011). En la presente investigación, todos los bulbos producidos tuvieron clasificación III lleno, lo que significa que el estado de Tocantins posee potencial para el cultivo de cebolla y posee fotoperiodo adecuado (entre 11 y 12 horas) para la formación de bulbos de buena calidad para el mercado.

Conclusiones

En la región de Gurupi, Tocantins, Brasil, los rendimientos observados fueron similares a los de otras regiones productoras de cebolla; lo que permite recomendar su siembra en esta región.

La fecha más adecuada para el trasplante de cebolla en esta región es en junio, que fue cuando se obtuvo el mayor rendimiento. Aunque en los trasplantes de mayo y junio también se lograron rendimientos adecuados con clasificación de bulbos que atiende las exigencias del mercado.

Agradecimientos

A Nunhems Bayer CropScience Vegetable Seeds® por la concesión de los híbridos de cebolla. Al Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq), la Coordinación de Mejoramiento Personal de Nivel Superior (CAPES) y a la Universidad Federal de Tocantins (UFT).

Fin de la versión en español

- Companhia de entrepostos e armazéns gerais do Estado de São Paulo (CEAGESP). (2001). *Programa Brasileiro para a melhoria dos padrões comerciais e embalagens de hortigranjeiros*. São Paulo: Author.
- Crowther, T., Collin, H. A., Smith, B., Tomsett, A. B., O'Connor, D., & Jones, M. G. (2005). Assessment of the flavor of fresh uncooked onions by taste-panels and analysis of the flavor precursors, pyruvate and sugars. *Journal of the Science Food and Agriculture*, 85(1), 112-120. doi: 10.1002/jsfa.1966
- De Oliveira-Rodrigues, G. S., Costa-Grangeiro, L., de Negreiros, M. Z., da Silva, A. C., & Novo-Júnior, J. (2015). Qualidade de cebola em função de doses de nitrogênio e épocas de plantio. *Revista Caatinga, Mossoró*, 28(3), 239-247. Retrieved from <http://www.redalyc.org/html/2371/237141066027/>
- De Rezende-Chagas, S. J., Milanez-de Resende, G., & Pereira, L. V. (2004). Características qualitativas de cultivares de

- cebola no Sul de Minas Gerais. *Ciências e Agrotecnologia* 28(1), 102-106. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542004000100013>
- Dhumal, K., Dattir, S., & Pandey, R. (2007). Assessment of bulb pungency level in different Indian cultivars of onion (*Allium cepa* L.). *Food Chemistry*, 100(4), 1328-1330. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.11.044>
- Duarte-Costa, N., & Milanez-de Resende, G. (2007). Cultivo da cebola no Nordeste. *Embrapa Semi-Árido*, 3, 1-90. Retrieved from <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/162405/1/Cultivodacebola.pdf>
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). (2006). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro: Author.
- Faria, M., Morales, R. G., de Resende, J. T., Zanin, D., Menezes, C., & Kobori, R. (2012). Desempenho agrônômico e heterose de genótipos de cebola. *Horticultura Brasileira*, 30(2), 220-225. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362012000200007>
- Ferreira, D. F. (2008). *SISVAR-Sistema de análise de variância*, versão 5.3. Lavras Minas Gerais: Universidade Federal de Lavras.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (IBGE – LSPA). (2015). *Dados de previsão de safra novembro de 2015* (20 de novembro de 2015). Retrieved from <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/prevsaf/default.asp?t=1&z=t&o=26&u1=31&u2=1&u3=1&u4=1>
- Instituto Nacional de Meteorología (INMET). (2015). *Informe meteorológico* (18 de noviembre de 2015). Retrieved from <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo/graficos>
- Köppen, W. (1948). *Climatología: con un estudio de los climas de la tierra*. México: Fondo de Cultura Económico.
- Kunz, V. L., Sirtoli, L. F., Furlan, L., Poletti, L., Primo, M. A., & Rodrigues, J. D. (2009). Produtividade de cebola sob diferentes fontes e modos de aplicação de adubos nitrogenados em cobertura. *Revista Biodiversidade*, 8(1), 31-37. Retrieved from <http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/biodiversidade/article/view/88/79>
- Menezes, F. O. G., & Vieira-Neto, J. (2012). Produção da cebola em função da densidade de plantas. *Horticultura Brasileira*, 30(4), 733-739. Retrieved from <http://www.scielo.br/pdf/hb/v30n4/v30n4a28.pdf>
- Official Methods of Analysis (AOAC). (2000). *International Official Methods of Analysis*. Maryland: Author.
- Oliveira, V. R. (2015). *Árvore do conhecimento. Cebola*. Brasil: Embrapa.
- Oliveira, V. R., Mendonça, J. L., & Santos, C. A. (2009). *Cultivo da cebola – clima*. Brasília: Embrapa Hortaliças.
- Quartiero, A., Faria, M., Resende, J., Figueiredo, A., Camargo, L., Santos, R., & Kobori, R. (2014). Desempenho agrônômico, heterose e estabilidade fenotípica de genótipos de cebola. *Horticultura Brasileira*, 32(3), 259-266. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362014000300004>
- Randle, W. M. (1997). Onion flavor chemistry and factors influencing flavor intensity. *ACM symposium series* (pp. 660). Washington: American Chemical Society. doi: 10.1021/bk-1997-0660.ch005
- Salvador, C. A. (2015). *Cebola – Boletim*. Brazil: Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento y Departamento de Economia Rural. Retrieved from http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/qas/uploads/4313/cebola_24abr_2015.pdf
- Schunemann, A. P., Treptow, R., Lopes-Leite, D., & Vendruscolo, J. L. (2006). Pungência e características químicas em bulbos de genótipos de cebola (*Allium cepa* L.) cultivados no alto vale do Itajaí, SC, Brasil. *Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas*, 12(1), 77-80. doi: <http://dx.doi.org/10.18539/cast.v12i1.4492>
- Schwimmer, S., & Weston, W. J. (1961). Onion flavor and odor, enzymatic development of pyruvic acid as a measure of pungency. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 9(4), 301-304. doi: 10.1021/jf60116a018
- Silva, E., Teixeira, L. A. J., & Amado, T. J. C. (1991). The increase in onion production in Santa Catarina State, South of Brazil. *Onion Newsletter for the Tropics*, 3(1), 7-9.
- Sirtoli, M. F., Furlan, L., & Rodrigues, J. D. (2010). Avaliação de cultivares de cebola para conserva em diferentes épocas de semeadura em Marechal Cândido Rondon-PR. *Scientia Agraria Paranaensis*, 9(1), 5-14. Retrieved from <http://www.bibliotekevvirtual.org/revistas/SAP/v09n01/v09n01a01.pdf>
- Souza, J., Grangeiro, L., Santos, G. M., Duarte-Costa, N., Santos, C. A., & Nunes, G. H. (2008). Avaliação de genótipos de cebola no semi-árido Nordeste. *Horticultura Brasileira*, 26(1), 97-101. doi: 10.1590/S0102-05362008000100019
- Souza, R. J., & Resende, G. M. (2002). *Cultura da cebola*. Lavras: Universidade Federal de Lavras.
- Torre-Figueiredo, A. S., Vilela-de Resende, J. T., Hunger, H., Tauffer-de Paula, J., Munhoz-Dias, D., & Ventura-Faria, M. (2011). Desempenho de genótipos comerciais de cebola cultivados em diferentes densidades populacionais. *Horticultura Brasileira*, 29(2), 2265-2272. Retrieved from http://www.abhorticultura.com.br/eventos/trabalhos/ev_5/a4125_t5880_comp.pdf
- Vilela-de Resende, J. T., Bona-Pires, D., Pinheiro-Camargo, L. K., & Marchese, A. (2007). Desempenho produtivo de cultivares de cebola em Guarapuava, Paraná. *Ambiência*, 3(2), 193-199. Retrieved from <http://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/314/436>
- Vilela-de Resende, J. T., Marchese, A., Pinheiro-Camargo, L. K., Clock-Marodin, J., Kopanski-Camargo, C., & Ferreira-Morales, R. G. (2010). Produtividade e qualidade pós-colheita de cultivares de cebola em sistemas de cultivo orgânico e convencional. *Bragantia*, 69(2), 305-311. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052010000200007>