

INSTITUTO FEDERAL
Sul de Minas Gerais

ISSN 1984-428X
eISSN 2316-1817

Indexada em

AGRIS - Information System for the Agricultural Sciences and Technology
SUMÁRIOS.ORG
LATINDEX
REDIB
DOAJ
GOOGLE ACADÊMICO

Afiliada à Associação Brasileira de Editores Científicos (ABEC)

Revista

AGROGEOAMBIENTAL

Publicação Trimestral Científica e Tecnológica - IFSULDEMINAS

v.11 – n.4 – dezembro / 2019

Pouso Alegre – Minas Gerais – Brasil



Ministério da Educação
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais

Presidente da República
Jair Messias Bolsonaro

Ministro da Educação
Abraham Weintraub

Secretário de Educação Profissional e Tecnológica
Ariosto Antunes Culau

Reitor do IFSULDEMINAS
Marcelo Bregagnoli

Pró-Reitor de Administração e Planejamento
Honório José de Moraes Neto

Pró-Reitor de Gestão de Pessoas
Luiz Ricardo de Moura Gissoni

Pró-Reitora de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação
Sindynara Ferreira

Pró-Reitor de Ensino
Giovane José da Silva

Pró-Reitor de Extensão
Cléber Ávila Barbosa

Ficha Catalográfica

R454 Revista Agrogeoambiental / Instituto Federal do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS). Vol. 11, n.4 (dez. 2019) -. - Pousos Alegre (MG) : IFSULDEMINAS, 2019 - .

Trimestral.

Endereço eletrônico < <https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/> >

e-ISSN 2316-1817 versão eletrônica.

1. Meio ambiente. 2. Agrárias. 3. Agronomia. 4. Engenharia agrícola. 5. Geomática. 6. Geologia. 7. Silvicultura. 8. Zootecnia. 9. Ecologia. I. Instituto Federal do Sul de Minas.

Revista

AGROGEOAMBIENTAL

e-ISSN 2316-1817 – Indexação: AGRIS – DOAJ - Sumários.org - REDIB – Latindex – Google Acadêmico

Expediente

Editor-chefe

Miguel Angel Isaac Toledo del Pino

Bibliotecária

Rosimeire Ribeiro

Assistentes editoriais

Kélica Andréa Campos de Souza
Alan Silva Fialho

Estagiária

Giovanna Bruno de Oliveira

Comissão editorial

Cristiane Fortes Gris
Jane Piton Serra Sanches
Wellington Marota Barbosa

Revisão

Monalisa Aparecida Pereira

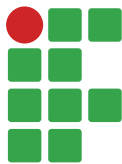
Diagramação

M&W Comunicação Integrada

Comissão editorial

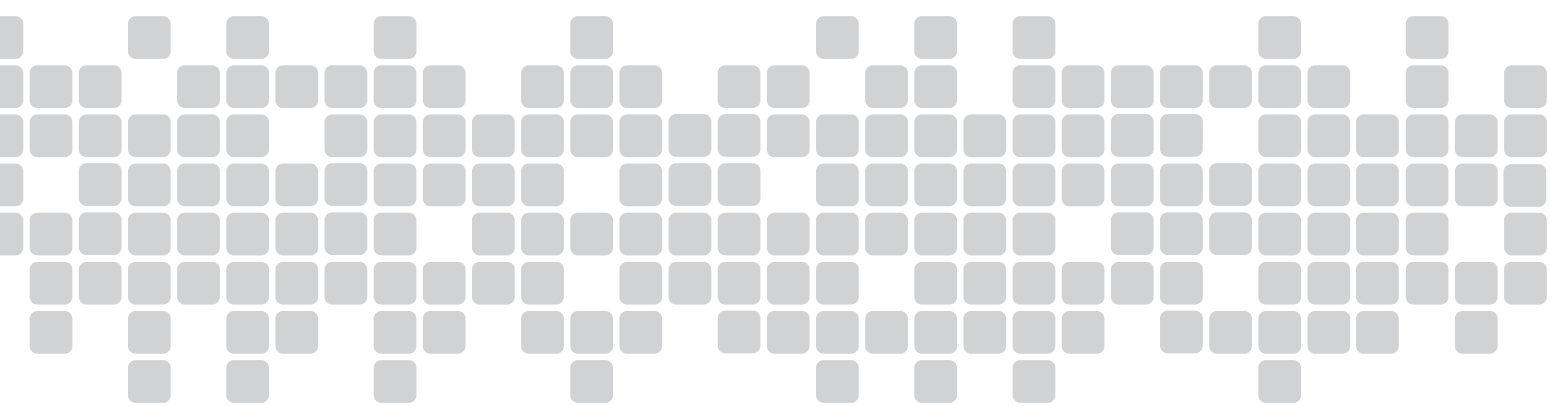
Abdon Santos Nogueira	IFBAIANO	Bruno Corrêa Barbosa	UFJF
Ademir Fontana	EMBRAPA	Carlos Andres Leguizamón Rojas	UNA - Paraguai
Aderlan Gomes da Silva	IFMG	Carlos Cezar da Silva	IFSULDEMINAS
Alan Silva Fialho	IFSULDEMINAS	Carlos Edward de Carvalho Freitas	UFAM
Alessandro Salles Carvalho	UFJF	Carolina Mariane Moreira	IFSULDEMINAS
Ana Cristina Ferreira Moreira da Silva	IFSULDEMINAS	Claudino Ortigara	IFSULDEMINAS
Ana Paula Dias Turetta	EMBRAPA	Cleber Kouri de Souza	IFSULDEMINAS
Anderson Ricardo Trevizam	UFLA	Cleber Lázaro Rodas	UFLA
André Delly Veiga	IFSULDEMINAS	Cleiton Lourenço de Oliveira	IFSULDEMINAS
André Luis da Silva Castro	IFG	Cristiane Fortes Gris Baldan	IFSULDEMINAS
Anita Cristina Costa da Silva	IFSUDESTE - MG	Daniel Fernandes da Silva	UFLA
Antônio Sérgio da Costa	IFSULDEMINAS	Danielle Martins Duarte Costa	IFSULDEMINAS / UNIFEI
Arcângelo Loss	UFSC	Diego César Terra de Andrade	IFSULDEMINAS
Ariana Vieira Silva	IFSULDEMINAS	Diego Maia Zacardi	UFOPA
Arinaldo Sá Júnior	IFSULDEMINAS	Dulcimara Carvalho Nannetti	IFSULDEMINAS
Aureliano de Albuquerque Ribeiro	UFC	Éder Clementino dos Santos	IFSULDEMINAS
Aurélio Ferreira Borges	IFRO	Edu Max da Silva	IFSULDEMINAS
Brígida Monteiro Vilas Boas	IFSULDEMINAS		

Eduardo Ferreira Molina	UNIFRAN	Luciana Faria	IFSULDEMINAS
Eliana Fortes Gris	UnB	Luciana Maria Vieira Lopes Mendonça	IFSULDEMINAS
Elisa de Souza Junqueira Rezende	UNICAMP	Luiz Eugenio Veneziani Pasin	UNIFEI
Eugênio José Gonçalves	IFSULDEMINAS	Marcelo Bregagnoli	IFSULDEMINAS
Everton Vinicius Zambiazzi	UFLA	Marcos Caldeira Ribeiro	IFSUDESTE - MG
Fábio Janoni Carvalho	IFTM	Marcos Magalhães de Souza	IFSULDEMINAS
Fábio Mesquita de Souza	IFMA	Marcos Valério Gebra da Silva	FAJ
Fábio Oseias dos Reis Silva	UFLA	Mário de Oliveira Rebouças Neto	IFPI
Fabricio Gomes Gonçalves	UFES	Mireile Reis Santos	IFSULDEMINAS
Felipe Santana Machado	UFLA	Michael Silveira Thebaldi	UNIFOR
Flávia Monteiro Coelho Ferreira	IFSUDESTE - MG	Miguel Angel Isaac Toledo del Pino	IFSULDEMINAS
Franciane Diniz Cogo	UFLA	Nara Cristina de Lima Silva	IFTM
Francisco César Gonçalves	IFSUDESTE - MG	Narayana de Deus Nogueira	IFSULDEMINAS
Givago Coutinho	UNICERRADO	Patrícia de Oliveira Alvim Veiga	IFSULDEMINAS
Guilherme Oberlender	IFSULDEMINAS	Paulo Oswaldo Garcia	IFSULDEMINAS
Hugo Renan Bolzani	IFSULDEMINAS	Pedro Luiz Terra Lima	LANCASTER UNIVERSITY - UK
Igor Souza Pereira	IFTM	Rafael Nogueira Scoriza	UFRRJ
Inêz Pereira da Silva	EPAMIG	Raphael Antônio Prado Dias	IFSULDEMINAS
Iran Dias Borges	UFSJ	Raphael Maia Aveiro Cessa	IFMT
Isabel Ribeiro do Valle Teixeira	IFSULDEMINAS	Raphael Nogueira Rezende	IFSULDEMINAS
Ivelize Cunha Tannure Nascimento	IFSul	Raul Henrique Sartori	IFSULDEMINAS
Jader Ribeiro Pinto	IFSul	Renata Brito	UFRRJ
Jamil de Moraes Pereira	IFSULDEMINAS	Renata Mara de Souza	IFSULDEMINAS
Jane Piton Serra Sanches	IFSULDEMINAS	Roger Nabeyama Michels	UTFPR
João Antônio Granja	UFLA	Rosa Toyoko Shiraishi Frighetto	EMBRAPA
João Batista Tavares Júnior	IFG	Rosângela F. de Paula Vítor Marques	UFLA
João Célio de Araújo	IFC	Rosival Barros de Andrade Lima	UFRPE
João Mateus de Amorim	IFTM	Sanderley Simões da Cruz	IFPA
João Olympio de Araújo Neto	IFSULDEMINAS	Saul Jorge Pinto de Carvalho	IFSULDEMINAS
João Vieira Monteiro	FATEC	Silvio Henrique Delleposte Andolfato	UTFPR
José Antonio Dias Garcia	IFSULDEMINAS	Sindynara Ferreira	IFSULDEMINAS
José Luiz de A. Rezende Pereira	IFSULDEMINAS	Tatiana de Oliveira Ramos	UNESP
José Mauro Costa Monteiro	IFSULDEMINAS	Vanessa Leite Rezende	UFMG
Joice Fernanda Lübke Bonow	UFPelotas	Tatiane Tagliatti Maciel	UFJF
Juan Jose Bonnín Acosta	UNA - Paraguai	Vanessa Martins	UFPI
Käthery Brennecke	UNICASTELO / USP	Verônica Soares de Paula Morais	IFSULDEMINAS
Kátia Regina de Carvalho Balieiro	IFSULDEMINAS	Walbert Júnior Reis dos Santos	IFSULDEMINAS
Leandro Campos Pinto	UFLA	Walnir Gomes Ferreira Júnior	IFSULDEMINAS
Leonardo Rubim Reis	IFSULDEMINAS	Wellington Marota Barbosa	IFSULDEMINAS
Lilian Karla de Oliveira	UNIFRAN		
Lilian Vilela Andrade Pinto	IFSULDEMINAS		



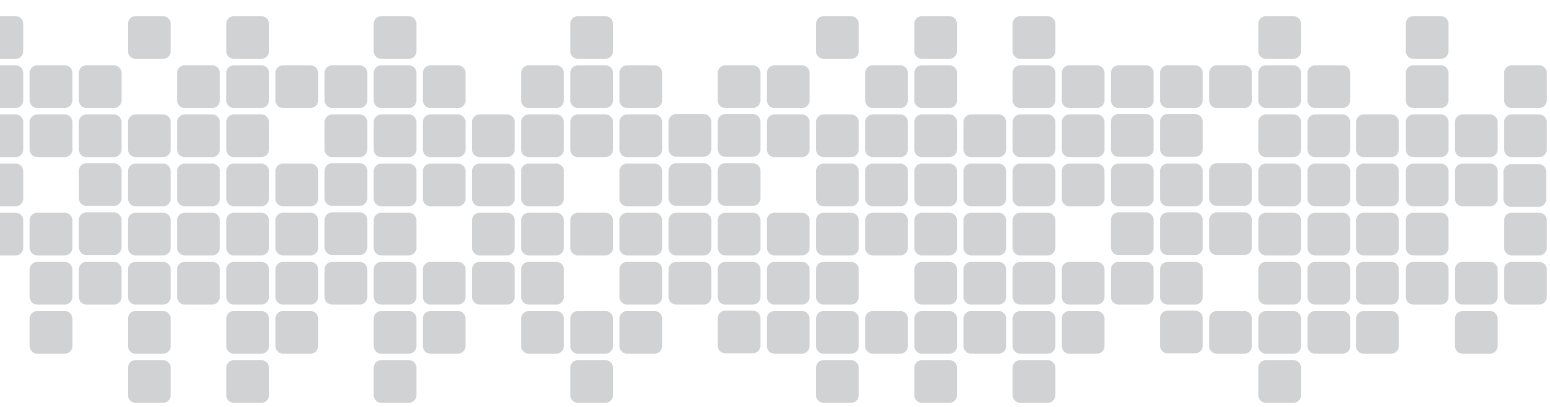
Summary

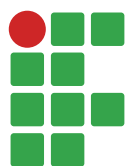
Sunflowers genotypes agronomics features in the second harvest in Muzambinho (MG).... Guilherme Henrique Expedito Lense, Fernanda Almeida Bócoli, Alberto Donizete Alves	9
Ammonia volatilization from Nitrogen topdressing fertilization in second-crop corn cultivated under two management systems..... César Ferreira Santos, Sheila Isabel do Carmo Pinto, Konrad Passos e Silva, Paulino da Cunha Leite, Vagner Aparecido Vitor	19
Thermal comfort index in lactating cows in an adapted free-stall facility..... João Marcos de Carvalho Vasconcelos, Sindynara Ferreira, Elisa de Souza Junqueira Rezende, José Luiz de Andrade Rezende Pereira	30
Effect of Bayfolan® copper on the control of <i>Pseudomonas syringae pv. garcae in vitro</i> ... Amanda Pereira Honório, Roseli dos Reis Goulart, Eunice Maria Baquião	43
Pitaya (<i>Hylocereus undatus</i>) initial growth in function to NPK fertilization Izidro dos Santos de Lima Junior, Paulo Eduardo Degrande, Elmo Pontes de Melo, Ligia Maria Maraschi da Silva Piletti, Antonio Luiz Viegas Neto	52
Stink Bug Population in Cotton Plantations with Different Plant Spacings Izidro dos Santos de Lima Junior, Paulo Eduardo Degrande, Elmo Pontes de Melo, Ligia Maria Maraschi da Silva Piletti, Antonio Luiz Viegas Neto	60
Agronomic performance and severity of common rust in maize under different nitrogen sources Hélcio Duarte Pereira, Renzo Garcia Von Pinho, Ivan Vilela Andrade Fiorini, Ewerton Lélys Resende, Felipe Ribeiro Resende, Luiz Paulo Miranda Pires	70
Comparison of nonlinear models for the description of carbon mineralization in soils treated with pig slurry..... Gustavo Sérgio de Paula, Edilson Marcelino Silva, Thais Destefani Ribeiro Furtado, Ariana Campos Frühauf, Joel Augusto Muniz	82
The use of <i>Polistes versicolor</i> (Olivier, 1971) in the control of <i>Ascia monuste orseis</i> (Godart, 1819) in kale cultivation Gabriel de Castro Jacques, Daniel Cambraia Oliveira, Marcos Magalhães de Souza, Luís Cláudio Paterno Silveira	96
Tematic maps for irrigation of the watermelon crop in Piauí state José Roberto de Oliveira, Francisco Edinaldo Pinto Mousinho, Aderson Soares de Andrade Júnior, Kleiton Rocha Saraiva, Francisco das Chagas de Andrade Porto Nunes	107





Artigos científicos





Sunflowers genotypes agronomics features in the second harvest in Muzambinho (MG)

Guilherme Henrique Expedito Lense¹

Fernanda Almeida Bócoli²

Alberto Donizete Alves³

Abstract

The sunflower (*Helianthus annuus* L.) is an oilseed crop with agronomic features that justify its tillage in the southeast of Brazil. The objective of this work was to evaluate the agronomic performance of sunflower genotypes tallaged in Muzambinho (MG) in the second harvest. It was adopted the randomized blocks design, with six genotypes (MULTISSOL, BRS G35, BRS G47, BRS G48, M734, and SYN 045) and four repetitions, totalizing 24 experimental plots with an area of 16.8 m² on its plot. The plant population adopted was about 45000 plants ha⁻¹. The obtained data were submitted to the analysis of variance and the Tukey test, by 5% of probability. There was variation in the agronomic performance of the genotypes to all evaluate parameters. The variety of MULTISSOL was the genotype that presented the larger precocity. The hybrid SYN 045 presented the longer cycle. The hybrid M734 is the genotype with a bigger weight of 1.000 achenes. The genotypes that provided the better yield of grains and oil were M734, SYN 045 and BRS G48. The biggest oil content in the achenes was observed in SYN 045 and BRS G48.

Keywords: *Helianthus annuus* L. Flowering. Oil production.

Introduction

The sunflower (*Helianthus annuus* L.) is a yearly dicotyledonous of the Asteraceae family, presenting important agronomic features, as larger drought resistance, to cold and hot weather, than the majority of other tillage species in Brazil. Furthermore, it adapts in different edaphoclimatic conditions, its production is little influenced by the latitude, altitude, and photoperiod (CASTRO et al., 1997).

There are so many uses of the sunflower; the plant can be used to produce silage and with the grains manufacture animal feed. The oil can be extracted with high quality for human consumers or as raw material to produce biodiesel, the plant can be used as ornamental in decorations or the seeds to feed the birds (LEITE et al., 2005).

Due to this diversity of uses and its agronomic particularities, the sunflower crop generates an increasing demand of the industrial sector and commercial, thus it is a good economic alternative for the crop rotation, consortium, and succession in regions where the production of grains predominates (PORTO; CARVALHO; PINTO, 2007).

1 Universidade Federal de Alfenas, mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. guilhermeelense@gmail.com. Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700, Centro, 37130-000, Alfenas, Minas Gerais, Brasil.

2 Universidade Federal de Lavras, mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. fernanda.muz@hotmail.com.

3 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) - Campus Muzambinho, professor. alberto.alves@muz.ifsuldeminas.edu.br.

The sunflower plant area in Brazil in the 2014/2015 harvest corresponded to 111.5 thousand hectares with mean productivity of 1,374.0 kg ha⁻¹, in that agricole year, the state of Mato Grosso occupied the leadership in the national production, with 86 thousand hectares planted with 1,348.0 kg ha⁻¹ of productivity. Minas Gerais, on the other hand, presented 14 thousand hectares of sunflower cultivated in 2015, with a mean productive of 1,465.0 kg ha⁻¹, region characterized by seeding in the second harvest, occurring normally in March and April with its harvest between July and August (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2016).

The sunflower entering in the productive process and the increasing access by the producers in its planting is possible because, upon some technique adaptations, its productive chain uses the same machinery available for the production and processing of other grains, for example, the soybean (PIVETTA et al., 2012). Moreover, the adoption of sunflower cultivation in the second harvest is an alternative to produce grains and oil, whose oil presents a better market value than soybean oil used in human feeding, and, on the other hand, it can also diminish the beneficiaries industries idleness, result in an optimization of land use, machinery, and labor, in addition to favoring a creation and duration of employment in producers regions (CAPONE et al., 2012).

In sunflower production, among so many parameters to be observed before the crop introduction, the cultivars proper choice constitutes one of the main compounds of production system and, having in mind the existence of interaction of genotypes *versus* environment, some evaluations in test networks are necessary, in order to determinate the agronomic behavior of sunflower genotypes and its adaptation to a diversity of environments and local conditions (PORTO; CARVALHO; PINTO, 2007).

The information about the sunflower genotype performance in different regions are obtained mainly by the Evaluation Test Networks of Sunflowers Genotypes, that consists in a diversity of experiments carried out since 1989 in many regions in the country, aiming the selection and evaluation of sunflower genotypes of various companies and other institutions, coordinated by Embrapa Soja and conducted by public and private entities (PORTO et al., 2009).

Each year new genotypes are evaluated in diverse cultivation regions that exert a strong influence in sunflower adaptation, at which the materials that present the best agronomic features and adaptation are selected; based on that information, the choice of the producer is facilitated in regions with similar edaphoclimatic conditions (DALCHIAVON et al., 2016).

The sunflower cultivation expansion in the country can be favored by the selection of varieties or hybrids with high productivity and adaptability in different regions, however, more studies that identify the best genotypes for each Brazilian region are necessary. In this context, this work aimed to evaluate the sunflower genotypes agronomic characteristics planted in the second harvest in Muzambinho, in the South of Minas Gerais, and to determinate what genotypes present the best performance in that region.

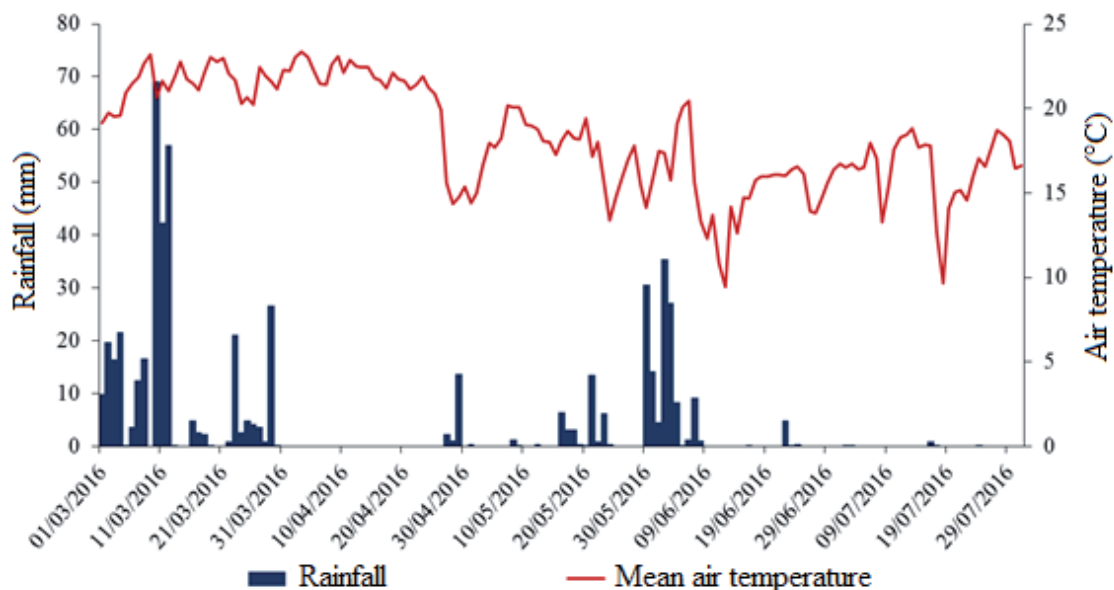
Material and methods

The experiment was conducted from March to July in 2016, in the second harvest period, located at 21° 20' 67" South and 46° 32' 22" West, 1.033 m of altitude. The work is one of the experiments of Evaluation Test Networks of Sunflowers Genotypes, coordinated by Embrapa Soja.

The climate of these regions is classified as Cwb, according to Köppen Climate Classification, humid tempered, with dry winter and summer moderately hot (SÁ JÚNIOR et al., 2012). The mean temperature during the experiment was 18.8°C, with maximum and minimum temperatures means of 25.6°C and 14.0°C respectively. The total occurred rainfall was 414.2 mm, concentrated mainly

in March and in end of May and beginning of June. Figure 1 represents the climate data collected, in a meteorological station next to the experimental area:

Figure 1 – Climatic conditions during the period of conduction of the experimental network.



Source: Elaborated by the authors (2016).

The study adopted randomized blocks design, with six genotypes corresponding to the treatments, of two varieties: MULTISSOL, BRS G35; and four hybrids: BRS G47, BRS G48, M734 and SYN 045, of which two were witness treatments (M734 e SYN 045), corresponding to the more commercial genotypes. It was carried out four repetitions, totalling 24 experimental plots. The experimental plots were constituted of 4 lines with 6 m length, with line spacing of 0.7 m; containing 16.8 m² of area for each portion. Only the two central lines (5.0 m) were utilized as a useful area for evaluation (7.0 m²).

The soil of the area in this study was classified as Eutrophic Red Latosol, the seeding was carried out on March, 23, 2016, to a depth of three centimeters, adopting tree seeds to each planting hole, with a hand application of 286.0 kg ha⁻¹ of N-P-K (08-28-16) according to the soil analyze (TABLE 1) and the nutritional exigencies of the crop.

Table 1 – Soil analyze result of the experimental area in Muzambinho (MG), January, 2016.

pH ¹	MO ²	P ³	K ³	Ca ⁴	Mg ⁴	B ⁵	Al ⁴	H+Al	SB	t	T	V	M
	dag kg ⁻¹	mg dm ⁻³		cmol dm ⁻³									%
6.4	3.14	13.3	300	3.4	1.4	0.3	0	2.5	5.5	5.5	8	69	0

¹pH in water; ²oxi-reduction; ³Extractor: Mehlich-1; ⁴Extractor: KCl 1 mol L⁻¹; ⁵hot water; SB: Sum of bases; t: effective CTC; T: CTC in pH 7; V: Bases saturation; m: Aluminum Saturation.

Source: Elaborated by the authors (2016).

The emergency took place on March 28, with about 100% of emerged plants, and seven days after emergence (DAE), the thinning was conducted, leaving only 21 plants by a line, representing one population of about 45 thousand plants ha⁻¹. At 30 DAE, covering fertilizing in a dose of 148.0 kg ha⁻¹ of NPK (25-00- 25) and 2.0 kg ha⁻¹ of boric (Boric acid) was carried out.

Regarding the weeds plant's control in the area, it was carried out a hand weeding, with the aid of a hoe. To control the sunflower black caterpillar (*Chlosyne lacinia saundersii* Doubleday & Hewilson), the application of Acetamiprid + Alfa-Cypermethrin, in a dose of 0.3 L ha⁻¹ was carried out. About the leaf disease occurrence, it wasn't done the control because of the low incidence, although it was observed the moderate occurrence of *Sclerotinia sclerotiorum*. The main problem observed was a severe Bird (*Pionus maximiliani*) attack, being necessary bagging the late genotypes.

The harvest took place when the genotypes overtake the physiologic maturation, being the last genotype harvested on July, 27, 2016, the chapters were conditioned in the greenhouse to drying.

The evaluated features was: days after seeding to initial flowering (DIF): noted when 50% of the plants of two central lines of the portion were in phenological stage R4; days after seeding to physiologic maturing (DPM): when 90% of the plants in the useful portion present chapters with the bracts in the color between yellow and brown, with 30% humidity in the achenes; plant height (PH, in cm): obtained through the mean of ten plants in the useful area measured in full flowering in the level of the soil until the insertion of the chapter; stalk curvature (SC): visual evaluation using the classification scale of Castiglioni et al. (1997); chapter size (CS): obtained through the mean of 20% the plants of the useful area of the portion, measured in the physiologic maturation point; weight of thousand achenes (W1000, in g): obtained by the direct score of 1.000 achenes and posterior weighing of them in the precision balance; grains productivity in kg ha⁻¹: considering twenty-one plants of two central lines of the portion as parameter, corrected by 11% of humidity; oil content (%): determinate by solvent petrol eter in an extractor Soxhlet, second AOCS methodology (1997) and carried out by Soybean Embrapa; lastly, oil content was estimated in kg ha⁻¹ by using the productivity data and oil content.

The obtained experimental data were submitted on the variance analysis by the F test and the treatments mean compared by the Tukey test, at 5% of probability, with the aid of the Sisvar® statistical program (FERREIRA, 2011).

Results and discussion

During the conduction of the experimental testing, the rainfall (414.2 mm) was a little bit bellow of the crop hydraulic demand, as sunflower requires an accumulated rainfall of 500 to 700 mm distributed regularly during its cycle (CASTRO et al., 1997). The manifested sunflower agronomic features can be influenced by the low rain index, however rainfall happened in the periods of bigger crop necessity, especially, during the flowering.

To all evaluated parameters, it was verified a significative effect by F test ($p < 0.05$), indicating that the environmental conditions of Muzambinho (MG) influenced in a unique way the genotypes behavior. In all sunflower agronomic features analyses, the variation coefficients (VC) were presented inferiors to 10%, values considered low (GOMES, 1990), indicating reliability in the data and good experimental precision.

The witness SYN 045 presented the latter initial flowering (DIF) genotype (80 days) while the MULTISSOL cultivar presented the earlier (60 days), both differing statistically among them and the

others (TABLE 2). The witness M734, the hybrid BRS G47 and the variety BRS G35 did not differ among them, but differed of BRS G48. Massignam and Angelocci (1993) related the low interference of climatic factors in the sunflower initial flowering. On the other hand, Nobre et al. (2012) mentioned that the variation in these features can be related mainly to the genotype properly.

As for physiological maturation, the witness SYN 045 and M734 were the latter genotypes (125 e 122.3 days respectively), and it did not present statically difference among each other. The variety MULTISSOL presented the littler period to reach the physiological maturation, corresponding, in this case, to 109 days, what is very relevant because, for the second harvest planting, earlier cycle cultivars are indicated earlier, in order to diminish the flowering phase hydraulic stress risk (NETO et al., 2000).

Besides, when compared to latter cultivars, earlier cultivars and the ones that are in the field for a shorter period are less exposed to pest-insects incidence and diseases, and if an efficient control of its agents is not carried out, the short time on the field can reduce production risks (DALCHIAVON et al., 2016).

Dalchiavon, Malacarne and Carvalho (2016) stated that the hybrid M734, when cultivated in Campo Novo do Parecis (MT), reached the physiological maturation in 97 days after planting. In Muzambinho (MG), this hybrid only reaches the physiological maturation in 122.3 days. This difference justifies mainly in virtue of climates influence, once in South of Minas Gerais the clime is milder growing the sunflower cycle.

Table 2 – Agronomic features mean results: days after seeding for the initial flowering (DIF), days after seeding to physiologic maturing (DPM), plant height (PH), stalk curvature (SC) and chapter size (CS) of different sunflower genotypes cultivated from March to July in 2016, Muzambinho, South of Minas Gerais.

Genotypes	Varieties				
	DIF (days)	DPM (days)	PH (cm)	SC	CS (cm)
M734	68.0 c	122.3 ab	129.5 b	5.0 a	16.6 ab
SYN 045	80.0 a	125.0 a	152.0 a	4.0 b	17.4 a
BRS G47	68.3 c	114.0 d	141.5 ab	4.0 b	16.6 ab
BRS G48	72.0 b	119.0 c	139.5 ab	4.5 ab	16.9 a
BRS G35	66.8 c	121.8 bc	128.3 b	4.0 b	16.5 ab
MULTISSOL	60.0 d	109.0 e	95.5 c	5.3 a	15.2 b
Means	69.2	118.5	131.0	4.5	16.5
CV (%)	1.1	1.0	4.5	7.4	4.4

Treatments means followed by the same letter in the column do not differ among each other by the Tukey test on 5% of probability.

Source: Elaborated by the authors (2016).

The hybrids BRS G47, BRS G48 and the witness SYN 045 presented larger mean plant height, being considered statistically equal, while the variety MULTISSOL demonstrated the minor mean when compared to all other genotypes (TABLE 2).

The genotypes height general mean was 131.0 cm, being considered short when compared to the experiment of Nobre et al. (2012), conducted in Mucambinho, north of Minas Gerais, also testing different sunflowers materials in the second harvest. In this case, the genotypes presented as mean plant height the value of 170.0 cm. Lower plant height is one desirable characteristic, once shorter sunflower plants make the cultural treatment easier, being less propitious to breaking and bedding when submitted to weathering, tend to diminish the losses in mechanic harvest, besides providing larger chapter support (LEITE et al., 2005).

The bigger sunflower stalk curvature was observed for the witness M734, for the hybrid BRS G48 and for the variety MULTISSOL, which do not differ among them, presenting according to the Castiglioni et al. (1997) classification scale, means of 5.0, 4.5 and 5.3, respectively. Sharp stalk curvature can be considered an unfavorable aspect, because when associated to high wind velocities contributes to the plant bedding and breaking (SANTOS et al., 2011), although in relation to the birds incidence, common in the experimental area, the genotypes with sharp stalk curvature presented a positive effect with low damage occasioned by this eventuality.

The chapter size in its turn differed only among cultivar MULTISSOL, and the hybrids SYN 045 and BRS G48, which presented larger means (TABLE 2), indicating a favorable genotype aspect, once larger chapters diameters associated to optima climate conditions, maintenance of sunflower nutritional necessities and control of possible pests and diseases will result in a bigger achenes number and weight, generating productivity additions.

The witness M734 and the variety MULTISSOL were the genotypes that presented a 1.000 achenes larger weight with means corresponding to 75.4 g and 71.9 g; being that the witness M734 differed of the others and the variety MULTISSOL did not differ only of the hybrid BRS G47 (TABLE 3).

The sunflower genotypes that own the genetic characteristic 1,000 achenes weight presented higher achenes productivity potential than materials with low weight, this characteristic is manifested according to environmental conditions and the crop management, stressing the appropriate agronomic practices importance (DALCHIAVON; MALACARNE; CARVALHO, 2016).

Table 3 – Evaluation of hybrids and varieties sunflower agronomic features cultivated from March to July in 2016, Muzambinho, South of Minas Gerais.

Genotypes	Varieties			
	1,000 achenes weight (g)	Grains yield (kg ha ⁻¹)	Oil content (%)	Oil yield (kg ha ⁻¹)
M734	75.4 a	2185.6 a	39.7 b	867.7 ab
SYN 045	64.1 c	1842.9 bc	44.1 a	812.7 bc
BRS G47	65.8 bc	1665.5 cd	44.4 a	739.5 c
BRS G48	61.1 cd	2049.0 ab	45.3 a	928.2 a
BRS G35	54.8 d	1348.0 e	45.1 a	607.9 d
MULTISSOL	71.9 ab	1481.2 de	39.3 b	582.1 d
Means	65.5	1726.0	43.0	756.4
CV (%)	4.2	5.6	3.5	5.6

Treatments means followed by the same letter in the column do not differ among each other by the Tukey test on 5% of probability.

Source: Elaborated by the authors (2016).

The genotype BRS G48 was one of the materials with the bigger grains yield, estimated in 2,049.0 kg ha⁻¹, and it did not differ of both witness M734 and SYN 045, which differed statistically among them, the other results are expressed in Table 3. Even though the values differ in the productivity, only the variety BRS G35 presented a bottom mean in comparison to the productivity general means in 2015, in Minas Gerais, that corresponded to 1,465.0 kg ha⁻¹ (CONAB, 2016), indicating that the genotypes presented good productivity stressing the hybrids M734 and BRS G48.

The grains general yield mean was 1,726.0 kg ha⁻¹, a value higher than that found for Nobre et al. (2012), who assessing genotypes in the second harvest in Nova Porteirinha (MG) obtained the value of 1407.9 kg ha⁻¹ as mean productivity.

The hybrids BRS G47, BRS G48, and the variety BRS G35 presented oil content similar to the witness SYN 045 and higher to other materials. On the other hand, the genotypes M734 and MUTISSOL presented less oil content, do not differentiating between them and with means corresponding to 39.7% and 39.3% respectively. For the witness M734, similar results were found by Pivetta et al. (2012), assessing sunflower hybrids in an experiment located in Palotina (PR), they found minor oil content for the material M734 corresponding to 35.05%.

The major oil content hybrids selection is a factor relevant in the sunflower productive chain, once in the sunflower commercialization, some industries are paying the producers based on the achenes oil content instead of its weight. This is justified by the fact that one genotype with a larger achenes productivity per area do not necessarily results in a larger oil productivity in this same area, once the oil is the most wanted product at the end of this industrial process and considered the main product of this crop (IOCCA et al., 2015).

The soybean, main oilseed cultivated in the country, presents an oil content of 12.0% to 24.0%, according to the environmental effects and the cultivars (SEDIYAMA et al., 1993), values much inferior to that found in this work with sunflowers, with genotypes means of 43%.

The high oil content is one fact that favors the adoption of sunflower by the producers, and with the development of new technologies that perfect the cultivation, with the selection of favorable features genotypes production and disease resistance as the white mold (*Sclerotinia sclerotiorum*) and the popularization of cultivation, the sunflower can become a more advantageous option to produce oil than the other oilseeds including the soybean, gaining space in the national scene.

In relation to the estimative of oil content, the larger mean (928.2 kg ha⁻¹) was obtained from the hybrid BRS G48, and it did not differ only from the witness M734, demonstrating the oil potential production of these genotypes. The low means were observed to the varieties BRS G35 and MULTISSOL and they did not differ statistically from each other (TABLE 3).

It is valid to stress that, although the witness M734 has presented low oil content than the genotypes BRS G47 and BRS G35, its oil yield was larger in virtue of its elevated productivity. This fact highlights that when you opt to sunflower implantation with the end intent in the oil production, the adoption of cultivars that present high oil content on its achenes is a factor that has to be availed with other parameters with prominence for the productivity, besides being attentive for the correct management of the crop.

Regarding to the evaluate parameters based on the yield, the control test varieties M734 and SYN 045 presented, in general, better values than the other tested genotypes, except the hybrid BRS G48 that demonstrated a genotype with good productive features.

Conclusions

The variety MULTISSOL was the genotype that presented the biggest precocity, however, this crop had the lowest productive rate, in this way, it can be used when the goal is not to produce grains (silage, soil covering, and so on).

Concerning the productive features, the genotypes M734, SYN 045 and BRS G48 presented the best results, being an advantageous alternative to be adopted by sunflowers producers in the South of Minas Gerais.

Acknowledgements

The authors thank the Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) for the scholarship offered to the first author. This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Finance Code 001.

Características agronômicas de genótipos de girassol na segunda safra em Muzambinho - MG

Resumo

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma oleaginosa com características agronômicas que justificam seu cultivo no sudeste brasileiro. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho agrônômico de genótipos de girassol cultivados em Muzambinho (MG) na segunda safra. Foi adotado o delineamento em blocos casualizados (DBC), com seis genótipos (MULTISSOL, BRS G35, BRS G47, BRS G48, M734, e SYN 045) e quatro repetições, totalizando 24 parcelas experimentais com área de 16,8 m² em cada parcela. Adotou-se uma população de aproximadamente 45.000 plantas ha⁻¹. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e ao Teste Tukey, a 5% de probabilidade. Ocorreu variação no comportamento agrônômico dos genótipos para todos os parâmetros avaliados. A variedade MULTISSOL foi o genótipo que apresentou maior precocidade. O híbrido SYN 045 apresentou maior duração do ciclo. O híbrido M734 se mostrou como o genótipo com maior peso de 1.000 aquênios. Os genótipos que proporcionaram maiores rendimentos de grãos e de óleo foram M734, SYN 045 e BRS G48. Os maiores teores de óleo nos aquênios foram observados para SYN 045 e BRS G48.

Palavras-chave: *Helianthus annuus* L. Florescimento. Produção de óleo.

References

AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY - AOCS. **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists Society**. 5.ed. Champaign, IL: AOCS, 1997.

CAPONE, A.; BARROS, H. B.; SANTOS, E. R. dos; CASTRO E. F.; SANTOS, A. F. dos; FIDELIS, R. R. Efeito de épocas de semeadura de girassol na safrinha, em sucessão à soja no Cerrado Tocantinense. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 1, p. 102-109, jan/fev, 2012.

CASTIGLIONI, V. B.; BALLA, A.; CASTRO, C. E.; SILVEIRA, J. M. **Fases de desenvolvimento da planta de girassol**. Londrina: Embrapa. 1997. 24 p.

CASTRO, C. de; CASTIGLIONI, V. B. R.; BALLA, A.; LEITE, R. M. V. B. C.; KARAM, D.; MELLO, H. C.; GUEDES, L. C. A.; FARIAS, J. R. B. **A cultura do girassol**. Londrina: Embrapa Circular Técnica, 13, 1997. 36p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento Safra Brasileira de Grãos**, v. 9, Safra 2015/16 - Nono levantamento, Brasília, p. 1-178, junho 2016.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, C. G. P. de; AMABILE, R. F.; GODINHO, V. P. C.; RAMOS, N. P.; ANSELMO, J. L. Características agronômicas e suas correlações em híbridos de girassol adaptados à segunda safra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 11, p. 1806-1812, nov. 2016.

DALCHIAVON, F. C.; MALACARNE, B. J.; CARVALHO, C. G. P. de. Características agronômicas de genótipos de girassol (*Helianthus annuus* L.) em segunda safra no Chapadão do Parecis – MT. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 39, p. 178-186, mar., 2016.

FERREIRA, D. F. Sisvar®: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 12. ed. São Paulo: Nobel, 1990. 467 p.

IOCCA, A. F. S.; DALCHIAVON, F. C.; MALACARNE, B. J.; CARVALHO, C. G. P. de. Avaliação do teor e produtividade de óleo em genótipos de girassol. Reunião Nacional de Pesquisa de Girassol, 21., Simpósio Nacional sobre a Cultura do Girassol, 9., Londrina, **Anais...**Londrina/PR, p. 125-128, 2015.

LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. de. **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 641p.

MASSIGNAM, A. M. E.; ANGELOCCI, L. R. Relações entre temperatura do ar, disponibilidade hídrica no solo, fotoperíodo e duração de sub-períodos fenológicos do girassol. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 63-69, 1993.

FARIAS NETO, A. L. F.; AMABILE, R. F.; AZEVEDO, J. A. de; FONSECA, C. E. L. da; CASTIGLIONI, V. B. Avaliação de variedades de Girassol nos Cerrados do Distrito Federal. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 47, n. 273, p. 469-482, 2000.

NOBRE, D. A. C.; RESENDE, J. C. F. de; BRANDÃO-JÚNIOR, D. S.; COSTA, C. A. da; MORAIS, D. L. B. Desempenho agronômico de genótipos de girassol no norte de Minas Gerais. **Revista Agroambiente On-line**, Boa Vista, v. 6, n. 2, p. 140-147, maio-agosto, 2012. Disponível em: <<https://revista.ufrr.br/agroambiente/article/view/781>>. Acesso em: 04 set. 2017.

PIVETTA, L. G.; GUIMARÃES, V. F.; FIOREZE, S. L.; PIVETTA, L. A.; CASTOLDI, G. Avaliação de híbridos de girassol e relação entre parâmetros produtivos e qualitativos. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 43, n. 3, p. 561-568, jul-set, 2012.

PORTO, W. S.; CARVALHO, C. G. P.; PINTO, R. J. B. Adaptabilidade e estabilidade como critérios para seleção de genótipos de girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 4, p. 491-499, abr, 2007.

PORTO, W. S.; CARVALHO, C. G. P. de; PINTO, R. J. B.; OLIVEIRA, M. F. de; OLIVEIRA, A. C. B. de. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de girassol para a região subtropical do Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 9, p. 2452-2459, dez., 2009.

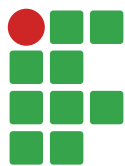
SÁ JUNIOR, A.; CARVALHO, L. G.; SILVA, F. F.; ALVES, M. C. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, Wien, v. 108, p. 1-7, 2012.

SANTOS, A. R. dos; SALES, E. C. J.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; PIRES, A. J. V.; REIS, S. T. dos; RODRIGUES, P. S. Desempenho de genótipos de girassol sob irrigação nas condições do semiárido. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 12, n. 3, p. 594-606, 2011.

SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M. G.; SEDIYAMA, C. S.; GOMES, J. L. L. **Cultura da soja: parte I**. Viçosa, MG: UFV, 1993. 97p.

Received: July 11, 2018

Accepted: September 20, 2018



Ammonia volatilization from Nitrogen topdressing fertilization in second-crop corn cultivated under two management systems

César Ferreira Santos¹

Sheila Isabel do Carmo Pinto²

Konrad Passos e Silva³

Paulino da Cunha Leite⁴

Vagner Aparecido Vitor⁵

Abstract

Controlled-release fertilizers are possible strategies to reduce losses through fertilization and increase nitrogen (N) use efficiency. In this context, this study aimed to evaluate the efficiency of N sources applied to second-crop corn cultivation. The experiment was carried out in a randomized block design in a 2 x 4 factorial scheme. Two cultivation systems (conventional and no-tillage) and four N fertilizers (urea pearls pure, urea+Cu+B, NBPT-treated urea and complex mineral fertilizer) with four replications were studied. Losses of N-NH₃ by volatilization were evaluated up to 14 days after corn N fertilization. The data were subjected to analysis of variance and the means were grouped by the Scott-Knott test at 5% probability. Under the conditions in which the study was carried out, it was observed that urea pearls pure was the least efficient N fertilizer in restricting N-NH₃ through volatilization losses. The most efficient fertilizer was NBPT-treated urea. Losses of N-NH₃ by volatilization in the no-tillage system were higher than in the conventional cultivation system.

Keywords: Nitrogen. Urea. Fertilizing.

Introduction

Worldwide, the cultivation of corn is largely carried out to produce corn-based products. Since corn productivity increases with the application of additional doses of nitrogen (N), it considerably increases the consumption of such fertilizers (ARGENTA; SILVA, 2003). The use of N fertilizers has increased over the years, especially in developing countries such as Brazil. However, the efficiency in the use of N by crops has contrasting values of around 50% related to the total applied in the soil due to large losses (LAMA, 2012). Among the main processes of N losses are volatilization, nitrification and denitrification, which contribute to the release of NH₃, N₂O and N₂ into the atmosphere (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 2001; SHAVIV, 2005; TRENKEL, 2010).

1 Universidade Federal de Lavras (UFLA), Departamento de Ciência do Solo, doutorando em Ciência do Solo, Departamento de Ciência do Solo-UFLA. agronomocesar.santos@gmail.com. Laboratório de Corretivos e Fertilizantes-DCS, *Campus* UFLA, Lavras (MG). CEP: 37.200-000.

2 Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG), *Campus* Bambuí, Departamento de Ciências Agrárias, professora. sheila.isabel@ifmg.edu.br.

3 Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG), *Campus* Bambuí, Departamento de Ciências Agrárias, técnico em Agropecuária. konrad.silva@ifmg.edu.br.

4 Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG), *Campus* Bambuí, Departamento de Ciências Agrárias, professor. paulino.leite@ifmg.edu.br.

5 Agropecuária Piunhi (AP), consultor agrícola. vagnervitorconsultoria@hotmail.com.

Urea stands out as the main mineral source of N fertilizers used in agriculture, due to its affordable price and high N content (SOUZA et al., 2017), which makes transportation and storage economical. However, the application of urea without soil incorporation can generate significant N losses due to ammonia volatilization. In this case, the losses of ammonia (NH_3) can reach up to 80% with the superficial application in no-tillage systems and up to 30% in conventional cultivation systems (LARA CABEZAS, 1998).

Lately, in response to the widespread use of the no-tillage system and the changes in soil management, N losses through volatilization have been intensified due to mulching. According to Cancellier et al. (2016), this is due to the higher activity of the enzyme urease and the lower diffusion of urea into the soil, leading to a localized increase in soil pH, causing ammonium to transform into ammonia. In the case of no-tillage systems, the non-revolving of the soil at the time of lime application makes the surface layer of the soil alkaline, favoring the loss of N by ammonia volatilization. Although the volatilization losses are higher in no-tillage systems, there are numerous benefits involved in this kind of cultivation, such as soil temperature, increases in moisture and organic matter contents, nutrient cycling, reduction of soil compaction, minimizing the erosion process. Thus, technologies to increase fertilizer utilization efficiency ought to be improved, especially regarding N fertilizers.

Several techniques can be used to reduce N losses and to increase the efficiency in the use and recovery of N applied via fertilizer. For example, the use of slow or controlled-released fertilizers can increase their application efficiency, since they are covered or encapsulated by substances that cause nutrients to be gradually released, or have substances that prevent some stage of N transformation after application in the soil (TRENKEL, 2010). Thus, N losses by volatilization are minimized and the N availability follows the plant needs.

This technology has been commercially produced since 1961 (TRENKEL, 2010). However, the cost for its production is still high (MAESTRELO et al., 2014), limiting their use in low value-added crops. The combination of the low cost of sulfur coating and its uniform distribution in the granule generates more competitive and efficient fertilizers that improve N utilization by reducing volatilization losses (CANCELLIER et al., 2016). In addition, this technology makes it possible to increase the yield of agricultural machinery, since fertilization can be performed in a single application and without the need for incorporation.

In this context, this study aimed to evaluate ammonia losses by volatilization of urea, stabilized and slow release nitrogen fertilizers when applied to conventional tillage and no-tillage systems in second-crop corn cultivation.

Material and methods

The experiment was carried out in Medeiros, state of Minas Gerais, in a relief characterized as soft undulating. The soil of the area is characterized as dystroferic red latosol (EMBRAPA, 2013).

The experiment was carried out using a randomized block design in a 4x2 factorial scheme, with four N sources (urea pearls pure (46% N), urea+Cu+B (0.3% B; 0.3% Cu; 43% N), NBPT-treated urea (46% N) and complex mineral fertilizer (221% N; 2% P_2O_5 ; 9% K_2O ; 5% S; 0.2% B and 0.2% Zn) and two cultivation systems (no tillage and conventional tillage), with 4 replications, totaling 32 experimental plots.

Each experimental plot consisted of five meter long corn lines sown manually. Collectors for N- NH_3 losses through volatilization were installed in the center of each experimental plot.

The area was cultivated under two tillage systems: conventional and no-tillage. For the simulation of the conventional system, plant residues were removed from the area and the soil was revolved to approximately 20.0 cm deep. This operation was performed 30 days before the crop was implanted. As for the no-till plots, no intervention was carried out, since the area had already been cultivated under no-till system for eight years.

The experimental area in the previous crop was occupied by soybean. The results of the soil analysis (TABLE 1) refer to the year 2015, prior to the last soybean crop cultivation. The soybean crop was fertilized with 22.5 kg ha⁻¹ of N and 120.0 kg ha⁻¹ of P₂O₅ using monoammonium phosphate fertilizer - MAP (9.0% N and 48.0% P₂O₅). For second-crop corn cultivation, 200.0 kg ha⁻¹ of the formulated fertilizer 4-30-16 distributed in advance in the planting area were used.

Table 1 – Result of soil analysis (0-20 cm) of the experimental area (soil sampling was carried out in 2015)

Variable		Variable	
pH (H ₂ O)	6.2	V	66.2 %
P ⁽¹⁾	6.4 mg dm ⁻³	m	0 %
K ⁽¹⁾	98 mg dm ⁻³	O.M	2.41 dag kg ⁻¹
Ca ⁽²⁾	2.73 cmol _c dm ⁻³	P (rem)	14.3 mg L ⁻¹
Mg ⁽²⁾	0.69 cmol _c dm ⁻³	Mn ⁽¹⁾	12 mg dm ⁻³
Al ⁽²⁾	0 cmol _c dm ⁻³	Zn ⁽¹⁾	2.5 mg dm ⁻³
H+Al ⁽³⁾	1.87 cmol _c dm ⁻³		
SB	3.7 cmol _c dm ⁻³		
CEC (t)	3.7 cmol _c dm ⁻³		
CEC (T)	5.5 cmol _c dm ⁻³		

P-K-Fe-Zn-Mn-Cu: Mehlich-1 Extractor; (2) Ca-Mg-Al: 1 mol L⁻¹ KCl Extractor; (3) H + Al - SMP Extractor; SB = Sum of Exchangeable Bases; CEC (t) = Effective Cation Exchange Capacity; CEC (T) = Cation Exchange Capacity at pH 7.0; % V = Base Saturation Index; m = Aluminum Saturation; O.M = organic matter (Oxidation with 4N Na₂Cr₂O₇ + 10 N H₂SO₄); P (rem) = remaining soil phosphorus content.

Source: Elaborated by the authors (2018).

The hybrid AS1575 from Agroeste, which is characterized as medium size, resistant stalk, good stuffing, semi-grain texture used for grain production was used in this study. A plant population density of 60,000 plants ha⁻¹ was used. To guarantee the final stand of the experiment, 120,000 plants ha⁻¹ were sown and at 15 days after sowing (DAS) thinning was carried out, leaving the desired number of plants.

For weed control, herbicides based on Atrazine and Nicosulfuron, both selective to the crop, were applied at 30 DAS. Potassium fertilization was carried out according to soil analysis: the first application was performed at 54 DAS, applying 100.0 kg ha⁻¹ of potassium chloride fertilizer (58% K₂O) and the second at 69 DAS, using the same source and dose. Fertilization was delayed due to the lack of significant precipitation for seed germination, which delayed the entire production process.

Nitrogen fertilization was performed on different sources of N (urea pearls pure, urea+Cu+B, NBPT-treated urea and complex mineral fertilizer). Nitrogen fertilization was performed on 73 DAS of second-crop corn, using 200.0 kg ha⁻¹ of N in a single application. This dose was converted to the collector area, so each collector base received 10.0 g of N.

Ammonia losses were quantified using the semi-open collector method developed by Nonmik (1973) and adapted by Lara-Cabezas et al. (1999).

For the evaluation of NH_3 losses in the experimental plots, the bases of the chambers were installed on the same day as the N application. Two bases were used for each experimental plot aiming at the alternation of the chambers, so that while one base was being occupied by the chamber, the other remained exposed to the natural conditions of the environment.

The chambers were coupled to 20.0 cm high bases fixed at a depth of five centimeters in the soil. Two sponges were placed inside each chamber with a density of approximately 0.02 g cm^{-3} soaked in 40 mL of phosphoric acid solution (60.0 mL L^{-1}) and glycerine (50.0 mL L^{-1}). The sponge located at the top of the chamber was designed to prevent contamination of the lower sponge while it captured the lost ammonia (LARA CABEZAS; TRIVELIN, 1990).

After each collection, new sponges soaked in phosphoric acid and glycerin solution were placed in the lower chamber supports. Samples were collected on the first, second, third, fifth, ninth and fourteenth days after fertilization. In each collection, the sponges were placed in plastic bags and identified for further analysis.

The ammonium phosphate was extracted by 5 successive washes with distilled water. Each washing was carried out with 40.0 mL of water, over a porous plate Büchner funnel coupled to a kitassate by suction using a vacuum pump. After sample extraction, an aliquot of approximately 80.0 mL was stored.

For the distillation, 20.0 mL of the solution was pipetted and transferred to the digestion tube and distilled by the Kjeldahl semimicro method, by adding 10.0 mL of 40.0% sodium hydroxide solution, and then titrating the samples with hydrochloric acid solution (MALAVOLTA et al., 1997).

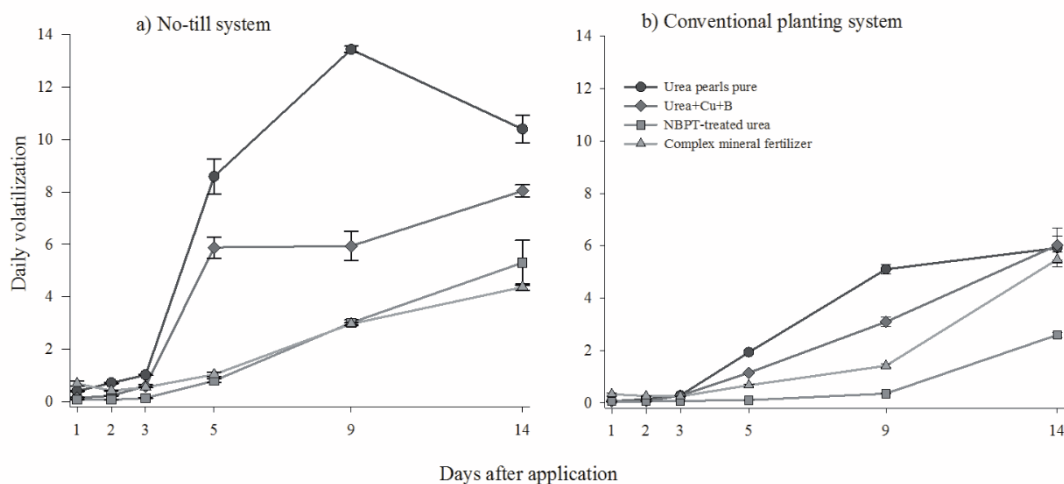
The data of NH_3 losses through volatilization were subjected to analysis of variance (F-Test) and the means were grouped using the Scott-Knott test at 5% probability, using "System for Analysis of Variance" - SISVAR software (FERREIRA, 2011).

Results and discussion

Interactions between cultivation systems (no-tillage or conventional tillage) and sources of N used in the fertilization of second-crop corn were significant for the NH_3 losses through volatilization and for the accumulated loss of NH_3 in this study, period of fourteen days ($p \leq 0.05$).

In the evaluation of NH_3 losses performed one day after fertilization, the complex mineral nitrogen fertilizer presented higher ammonia loss when compared with the other N fertilizers, regardless of the cultivation system (Figure 1b). In the evaluation carried out on the second day after fertilization, it was observed in the no-tillage system higher ammonia losses by urea pearls pure, while in the conventional system the complex mineral nitrogen fertilizer was less efficient (Figure 1a). In the evaluations performed one and two days after the application of fertilization, it was verified that the urease inhibitor fertilizer, NBPT-treated urea, was more efficient, avoiding higher volatilization ammonia losses (Figure 1), regardless of the cultivation system.

Figure 1 – Daily losses of N-NH₃ (%) after N-fertilizers application on second-crop corn cultivation under (a) no-tillage and (b) conventional cultivation systems.



Source: Elaborated by the authors (2018).

In the evaluation performed three days after fertilization, in the no-tillage system, the source urea pearls pure had the largest ammonia losses (FIGURE 1a), while NBPT-treated urea was the most efficient source in reducing the losses. This source presented similar behavior in the conventional cultivation system (FIGURE 1b). As for the fifth day after fertilization, it was observed that urea pearls pure provided greater losses of ammonia in both cultivation systems (FIGURE 1). In the evaluations carried out on the third and fifth days after fertilization, the source NBPT-treated urea was more efficient in avoiding larger losses of ammonia by volatilization, regardless of the cultivation system.

For the evaluation performed on the ninth day after fertilization, urea pearls pure remained less efficient in controlling ammonia losses, regardless of the cultivation system (FIGURE 1). NBPT-treated urea was the most efficient in restricting losses in the conventional tillage system (FIGURE 1 b). In the no-tillage system, both NBPT-treated urea and the complex mineral nitrogen sources were efficient (FIGURE 1a).

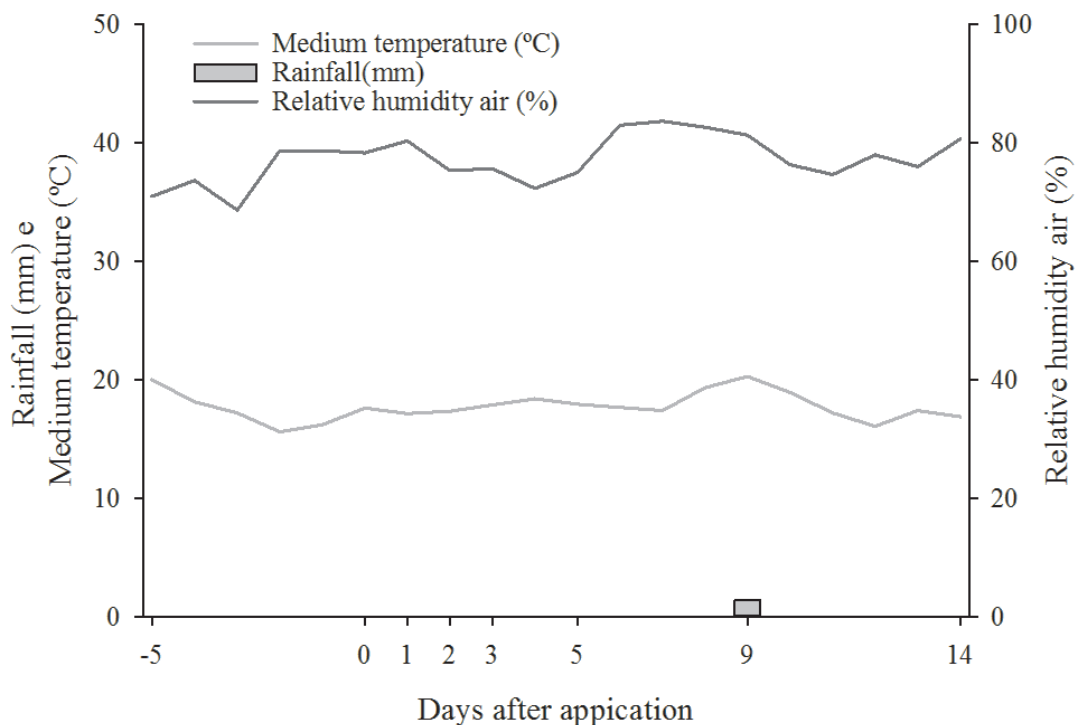
At fourteen days after fertilization, in the no-tillage system (FIGURE 1 a), urea pearls pure remained less efficient in controlling ammonia losses, while the sources NBPT-treated urea and complex mineral nitrogen were the most efficient in restricting losses. In the conventional tillage system, urea pearls pure, urea+Cu+B and complex mineral nitrogen were the least efficient sources regarding the reduction of volatilization, while NBPT-treated urea was the most efficient one (FIGURE 1 b).

In general, urease inhibitor urea was more efficient in reducing ammonia losses from volatilization. In stabilized nitrogen fertilizers, such as NBPT-treated urea, the additive added to urea in the production process (urease inhibitor) promotes delayed conversion of the amide form [(NH₂)₂CO] present in the ammonia fertilizer (NH₃), providing a decrease in volatilization (SOUZA et al., 2017). According to Cantarella (2007), NBPT inhibits urease and with consequent reduction

of urea hydrolysis for a period that can vary from 3 to 14 days, depending on the environmental conditions at the application site.

According to Jones et al. (2007), ammonia losses from ammonia volatilization are influenced by factors related to soil temperature and humidity, relative air humidity, wind speed, rainfall, among others (WATSON et al., 2008). However, after the nitrogen fertilization of second-crop corn cultivation, no significant precipitation occurred (FIGURE 2). Only on the ninth day after fertilization, there was a precipitation of 1.4 mm, which contributed to the peak of ammonia loss due to urea volatilization in the no-tillage system (FIGURE 1 a). This behavior did not occur in the conventional cultivation system, probably due to the rapid incorporation of the fertilizer into the soil, reducing its exposure. In the case of no-tillage, as the fertilizer is applied on the mulch, more precipitation would be necessary to incorporate it into the soil.

Figure 2 – Climate data collected five days before fertilization and during field sponge sampling.

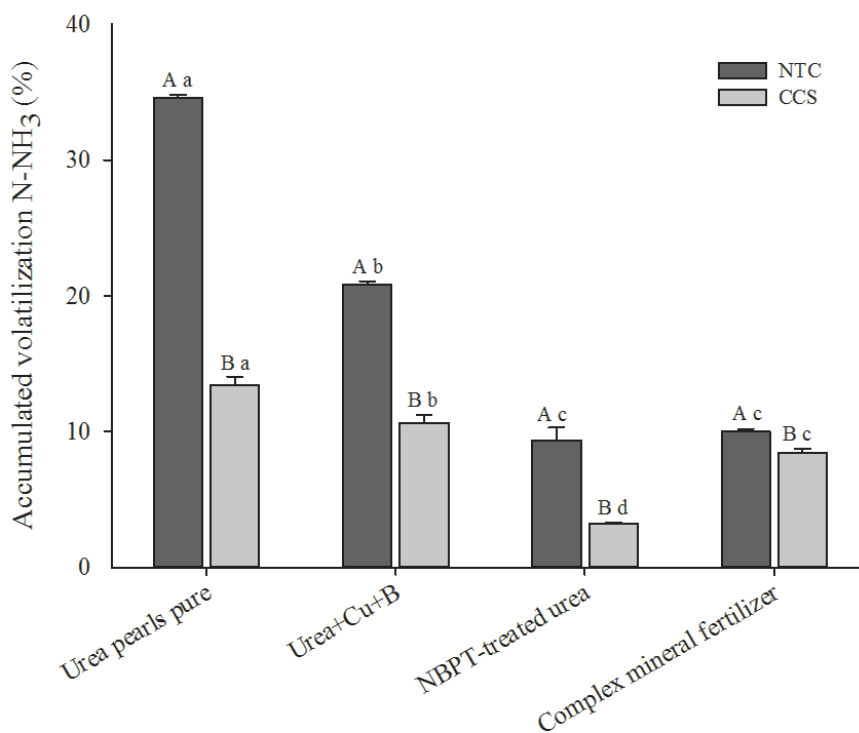


Source: Elaborated by the authors (2018).

During the experimental period, the relative humidity was prone to losses, as well as the average daily temperature, and due to the low rainfall, the loss peaks were delayed until the ninth day of evaluation (FIGURE 1).

The accumulated losses of ammonia recorded at fourteen days after fertilization are shown in Figure 3. The sequence of restriction efficiency of ammonia losses presented by the evaluated fertilizers in the conventional system followed the decreasing order: urea pearls pure < urea+Cu+B < complex mineral nitrogen < NBPT-treated urea.

Figure 3 – Accumulated NH_3 losses (% of the total applied dose) after 14 days of N fertilizers application in the second-crop corn cultivation.



Averages followed by the same letter, upper case for different systems - NTC (no-tillage cultivation system) and CCS (conventional cultivation system), and lower case for fertilizer sources - urea pearls pure, urea+Cu+B, NBPT-treated urea and complex mineral fertilizer - do not differ by the Scott-Knott test at 5% probability.

Source: Elaborated by the authors (2018).

For the no-tillage system, the sequence of restriction efficiency of ammonia losses presented by the evaluated fertilizers showed the following decreasing order: urea pearls pure < urea+Cu+B < complex mineral nitrogen = NBPT-treated urea (FIGURE 3).

The use of urea with urease inhibitor, NBPT-treated urea, has been shown to be efficient in reducing NH_3 losses due to volatilization, and one of the main gains obtained with NBPT is the increased time to incorporate urea by rain action at depths at which it is less susceptible to volatilization losses (MIKKELSEN, 2009; DAWAR et al., 2011).

Pereira et al. (2009) evaluated the volatilization of N-NH_3 fertilizers applied to second-crop corn using different N sources and found that urea with urease inhibitor reduced N volatilization by up to 50.0% when compared with common urea, which reflected in higher productivity.

In the no-tillage system, ammonia losses reached up to 34.55% of N applied in when the source used was urea pearls pure and 9.36% when the source was NBPT-treated urea (FIGURE 3). In the conventional cultivation system, the highest losses were observed when using urea pearls pure (13.41%), and the lowest when NBPT-treated urea (3.22%) was applied (FIGURE 3). The loss of N-NH_3 by urea applied to the soil surface in the no-tillage system is close to the values observed

in southeastern Brazil, ranging from 38.0% to 78.0% of the total N applied to the crops (LARA CABEZAS et al., 1997; LARA CABEZAS et al., 2000; Costa et al., 2003).

The values for the extremes of losses in the no-tillage system corresponded to a lost amount of 69.1 kg ha⁻¹ (urea pearls pure) and 18.7 kg ha⁻¹ (NBPT-treated urea) of N-NH₃ related to the dose of 200.0 kg ha⁻¹ of N. As for the accumulated losses of N-NH₃ in the conventional cultivation system, it ranged between 13.41% and 3.22% of N applied as urea pearls pure and NBPT-treated urea, respectively (FIGURE 3). These values correspond to an amount of 26.8 and 6.4 kg ha⁻¹ of N-NH₃ lost, relative to the total of 200.0 kg ha⁻¹ of N applied in the soil.

The reduction percentages of N-NH₃ losses by the nitrogen fertilizers when compared with urea pearls pure in the no-tillage system were: 39.7, 72.9 and 71.1% for urea+Cu+B, NBPT-treated urea and complex mineral fertilizer, respectively. The percentages of reduction of N-NH₃ losses by the nitrogen fertilizers when compared with urea pearls pure in the conventional cultivation system were: 20.6, 76.0 and 37.4% for urea+Cu+B, NBPT-treated urea and complex mineral fertilizer, respectively. Therefore, NBPT-treated urea obtained the largest reductions in N-NH₃ losses when compared with urea pearls pure.

The results of the present study show the potential of nitrogen fertilizers with urease inhibitor in reducing N-NH₃ losses by volatilization even when used in no-tillage cultivation systems. However, the urease inhibitor urea should be evaluated with caution, as highlighted by Otto et al. (2017), considering the price of these fertilizers in relation to urea and its effects on yield, which was not evaluated in the present study.

Conclusions

Under the conditions in which the present study was carried out, it can be concluded that urea pearls pure was the least efficient nitrogen fertilizer in the restriction of N-NH₃ losses by volatilization. The urease inhibitor urea, NBPT-treated urea, was the most efficient source regarding the reduction of N-NH₃ losses by volatilization. Losses of N-NH₃ by volatilization in the no-tillage cultivation system were higher than in the conventional cultivation system.

Volatilização de amônia por fertilizantes nitrogenados aplicados em cobertura no milho sob dois sistemas de cultivo

Resumo

Uma das tecnologias mais promissoras para o aumento da eficiência de aproveitamento do N é a utilização de fertilizantes de liberação lenta ou controlada que reduzem as perdas do N por volatilização. Neste contexto, o trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência de fontes nitrogenadas aplicadas na adubação de cobertura do milho safrinha. O experimento foi instalado em blocos casualizados em esquema fatorial 2x4, sendo dois sistemas de cultivo (convencional e plantio direto) e quatro fertilizantes nitrogenados aplicados em cobertura (ureia perolada, ureia+Cu+B, ureia NBPT e fertilizante complexo) e quatro repetições. Foram avaliadas as perdas de N-NH₃ por volatilização no período de quatorze dias após a adubação nitrogenada de cobertura do milho. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de

probabilidade. Nas condições em que o trabalho foi desenvolvido, observou-se que a ureia perolada foi o fertilizante nitrogenado menos eficiente na restrição das perdas de $N-NH_3$ por volatilização em relação aos demais e a ureia+NBPT o mais eficiente. As perdas de $N-NH_3$ por volatilização no sistema de plantio direto foram superiores às quantificadas no plantio convencional.

Palavras-chave: Nitrogênio. Ureia. Adubação.

References

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. Adubação nitrogenada em milho pelo monitoramento do nível de nitrogênio na planta por meio do clorofilômetro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 109-119, 2003.

CABEZAS, W. A. R. L. Comportamento dos adubos nitrogenados em clima e solo de Cerrado. In: **Curso sobre aspectos básicos de fertilidade e microbiologia do solo sob plantio direto**, 1, 1998, Rio Verde. 06 set. 2017.

CANCELLIER, E. L.; GUELFY, D. R.; FAQUIM, V.; GONÇALVES, B. A. de; CANCELLIER, L. L.; SPEHAR, C. R. Ammonia volatilization from enhanced-efficiency urea on no-till maize in Brazilian Cerrado with improved soil fertility. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, n. 2, p. 133-144, 2016.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p.

COSTA, M. C. G.; VITTI, G. C.; CANTARELLA, H. Volatilização de $N-NH_3$ de fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 631-637, 2003.

DAWAR, K.; ZAMAN, M.; ROWARTH, J. S.; BLENNERHASSETT, J.; TURNBULL, M. H. Urea hydrolysis and lateral and vertical movement in the soil: effects of urease inhibitor and irrigation. **Biology and Fertility of Soils**, v. 47, n. 2, p. 139 – 146, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, 2017.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Global inventory of NH_3 , emissions from mineral fertilizers and animal manure applied to croplands and grasslands**. Disponível em: <http://www.fao.org>. Acesso em: 06 out. 2017.

JONES, C. A.; KOENIG R. T.; ELLSWORTH, J. W.; BROWN, B. D. JACKSON, G. D. Management of urea fertilizer to minimize volatilization. Montana State University Extension 2007. 173 p.

LAMA, P. I. Nitrato e amônio na solução de solo sob diferentes usos agrícolas. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2012. 43f. Dissertação Mestrado.

LARA CABEZAS, W. A. R.; KORNDORFER, G. H.; MOTTA, S. A. Volatilização de amônia-N na cultura de milho: I - Efeito da irrigação e substituição parcial da ureia por sulfato de amônio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 3, p. 481-487, 1997.

LARA CABEZAS, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O.; BENDASSOLLI, J. A.; GASCHO, G. J. Calibration of a semi-open static collector for determination of ammonia volatilization from nitrogen fertilizers. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 30, p. 389- 406, 1999.

LARA CABEZAS, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O. Eficiência de um coletor semi-aberto estático na quantificação de N-NH₃ volatilizado da ureia aplicada ao solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 14, n. 3, p. 345-352, set./dez. 1990.

LARA CABEZAS, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O.; KONDÖRFER, G. H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluída de cobertura na cultura do milho em sistema de plantio direto no triângulo mineiro (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 2, p. 363-376, 2000.

MAESTRELO, P. R.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; GARCIA, C. M. P. de; RODRIGUES, M. A. C. de; LINO, A. C. M.; ANDREOTTI, M.; Aplicação de ureia revestida em cobertura no milho irrigado sob sistema de semeadura direta. **Semina-Ciências Agrárias**, v. 9, n. 2, p. 192-199, 2014.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, p. 308, 1997.

MIKKELSEN, R. Ammonia emissions from agricultural operations: fertilizer. **Better Crops**, v. 93, n. 4, p. 9-11, oct. 2009.

NÖNMIK, H. The effect of pellet size on the ammonia loss from urea applied to Forest soils. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 39, p. 309-318, 1973.

OTTO, R.; ZAVASCHI, E.; SOUZA NETTO, G. J. M. ; MACHADO, B. D.; MIRA, A. B. de; Ammonia volatilization from nitrogen fertilizers applied to sugarcane straw. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 3, p. 413-418, 2017.

PEREIRA, H. S. P.; LEÃO, A. F.; VERGINASSI, A.; CARNEIRO, M. A. C. Ammonia volatilization of urea in the out-of-season corn. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, n. 6, p. 1685-1694, 2009.

SHAVIV, A. Controlled release fertilizers. In: International workshop on enhanced-efficiency fertilizers, 1., 2005, Frankfurt. Paris: International Fertilizer Industry Association, 2005. p. 13.

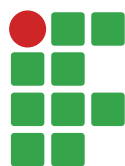
SOUZA, T. L.; GUELFY, D. R.; SILVA, A. L.; ANDRADE, A. B.; CHAGAS, W. F. T.; CANCELLIER, E. L. Ammonia and carbon dioxide emissions by stabilized conventional nitrogen fertilizers and controlled release in corn crop. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, n. 5, p. 494-510, 2017.

TRENKEL, M. E. **Slow and controlled-release and stabilized fertilizers**: an option for enhancing nutrient efficiency in agriculture. Paris: IFA, 2010. 163 p. Verde: Aldeia Norte Editora, 1998. p. 78-92. 96p.

WATSON, C. J.; AKHONZADA, N. A.; HAMILTON, J. T. G.; MATTHEWS, D. I. Rate and mode of application of the urease inhibitor N-(N-Butyl) thiophosphoric triamide on ammonia volatilization from surface-applied urea. **Soil Use and Management**, v. 24, p. 246-253, 2008.

Received: July 19, 2018

Accepted: January 17, 2019



Thermal comfort index in lactating cows in an adapted free-stall facility

João Marcos de Carvalho Vasconcelos¹

Sindynara Ferreira²

Elisa de Souza Junqueira Rezende³

José Luiz de Andrade Rezende Pereira⁴

Abstract

This study was conducted to investigate the thermoregulation of Holstein cattle in an adapted free-stall facility at IFSULDEMINAS, Campus Inconfidentes, by measuring thermal comfort indices. The experimental period was from the end of December 2012 to the start of January 2013, in a total of 16 days. 12 multiparous, lactating, black-and-white Holstein cows were used in a free-stall system. Rectal temperature, respiratory frequency, ambient temperature and relative humidity were recorded at 3:00 a.m., 7:00 a.m., 11:00 a.m., 3:00 p.m., 7:00 p.m. and 11:00 p.m. The results demonstrate that despite the temporal variations that occurred throughout the evaluation days, the confined animals maintained their body temperature in balance.

Keywords: Body temperature. Feedlot. Holstein cattle.

Introduction

The Brazilian territory is located on the tropic of Capricorn and under the tropical zone (FREITAS, 2014). In terms of climate, its main characteristic is the predominance of high temperatures as well as lack of a proper cold season (IBGE, 2006). In the face of those characteristic high temperatures, milk farmers resort to the use of animal-conditioning structures to minimize climatic adversities on cattle, such as heat stress.

According to Souza et al. (2004), the success of a milk production chain is associated with the adopted management. Accordingly, management is closely related to the adequacy of a project to the facilities. These should be set up so as to lessen climatic adversities inherent to the environment, providing greater comfort to animals and men, during all rearing phases. Various resources and stimuli must be observed for cattle to be in good welfare conditions, e.g., physical space, which will allow them to maintain their activities in a balanced social context; shelter, to protect them against weathering; and feed, including forages, water and supplements.

Some particularities define the degree of necessity and preference of each of these resources, depending on genetic and environmental traits. For instance, the need for shade depends on the ani-

1 Universidade Federal de São Carlos, mestrando. jmc_cbjr@yahoo.com.br.

2 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS), *Campus* Inconfidentes, professora doutora. sindynara.ferreira@ifsuldeminas.edu.br. Praça Tiradentes, 416. Centro. CEP 37576-000. Inconfidentes/MG. Brasil.

3 Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola – FEAGRI, doutoranda. elisasjrezende@yahoo.com.br.

4 IFSULDEMINAS, professor doutor. joseluiz.pereira@ifsuldeminas.edu.br.

mal's ability to adapt to the heat. Other factors that result in stress or trauma should be avoided, such as slippery floors, hot and stuffy restraint areas, high animal density, excessive noise, long periods without water or feed, equipment with ends that may cause trauma or other obstructions (PIRES; VERNEQUE; VILELA, 2001).

Animals live in dynamic balance with the environment and react to it individually. Their production is conditioned to influences of the environment, which does not remain constant over time. The vulnerability of animals to meteorological conditions when displaced to a different environment or when encountering changes in the same environment causes them to resort to physiological adaptation mechanisms in an attempt to maintain homeostasis (BACCARI JUNIOR, 2001). Heat stress causes alterations in homeostasis and in heat dissipation, increasing body temperature, which has a negative impact on animal performance.

Air temperature and humidity are considered the main climatic elements responsible for heat increment in the animal body temperature. If the animal is not able to dissipate the excess heat, its rectal temperature rises to values above normal physiological level and heat stress ensues, which is responsible for the low productivity in the tropics. Rectal temperature and respiratory frequency are physiological variables used to estimate the tolerance of animals to heat (BROWN BRANDL et al., 2003; BIANCA; KUNZ, 1978).

Therefore, the present study was conducted to analyze the thermoregulation of Holstein cattle from the Federal Institute of Education, Science and Technology of Southern Minas Gerais State - IFSULDEMINAS - Inconfidentes Campus, confined in an adapted free-stall structure, by evaluating rectal temperature, respiratory frequency, ambient temperature and relative humidity.

Material and methods

The experiment was conducted at IFSULDEMINAS – Inconfidentes Campus, at the Educational Production Unit (UEP) – Dairy Cattle Farming. The campus is located in the municipality of Inconfidentes, southern Minas Gerais State, Brazil. According to the Köppen classification, the climate of the region is a subtropical type with dry winters and hot summers (Cwa) and two well-defined seasons: rainy (from October to March) and dry (from April to September). Average annual precipitation and temperature in the region are 1.800 mm and 19 °C, respectively (PEREIRA et al., 2011).

The experimental period consisted of 16 collection days between December 2012 and the beginning of January 2013. 12 multiparous, lactating, black-and-white Holstein cows were used in a free-stall system. It is important to stress that the free-stall system was adapted, since the calf nursery of the unit was in operation until the year 2007.

Animal management during the observations was standardized by defining daily feeding times (7:00 a.m., 10:00 a.m., 1:00 p.m., 3:00 p.m. and 6:00 p.m.), when a complete diet composed of roughage and concentrate (35 kg and 5 kg, respectively) was provided; and 2 milking sessions (7:00 a.m. and 6:00 p.m.), whose yields were recorded daily.

Rectal temperature was measured with a Kruuse veterinary thermometer at 3:00 a.m., 7:00 a.m., 11:00 a.m., 3:00 p.m., 7:00 p.m. and 11:00 p.m. The animals were approached in a way that no stress would be caused. Accordingly, the thermometer was introduced directly into the animal's rectum for 1 min for stabilization and to obtain the temperature. The obtained values were compared to those found by Auad et al. (2010), as shown in Table 1.

Table 1 – Rectal temperature of cattle for quantifying stress levels.

Rectal T (°C)	Stress level
38.3	No stress.
38.4 to 38.6	Stress under control: appetite and reproduction normal.
39.1	Early heat stress: lower appetite, but reproduction and production stable.
40.1	Marked stress: appetite decreases, production decreases, heat (estrus) symptoms almost disappear. It is the onset of the problem.
40.9	Severe stress: great losses in production, intake decreases by 50% and fertility may drop to 12%.
> 41	Deadly stress: cows expose their tongue and drool excessively; cannot drink water or eat.

Adapted from: Dairy Cattle Farming Manual (AUAD et al., 2010).

To measure respiratory frequency, the observers would record the number of respiratory movements performed by the animal within one minute, using a digital timer. Record times throughout the days were 3:00 a.m., 7:00 a.m., 11:00 a.m., 3:00 p.m., 7:00 p.m. and 11:00 p.m. The observed body area was the flank. The number of respiratory movements was compared to those described by Auad et al. (2010) (TABLE 2).

Table 2 - Respiratory frequency of cattle for quantifying stress levels.

Respiratory frequency	Stress level
23 mov./min.	No stress.
45 to 60 mov./min.	Stress under control: appetite and reproduction normal.
70 to 75 mov./min.	Early heat stress: lower appetite, but reproduction and production stable.
90 mov./min.	Marked stress: appetite decreases, production decreases, heat (estrus) symptoms almost disappear. It is the onset of the problem.
100 to 120 mov./min.	Severe stress: great losses in production, intake decreases by 50% and fertility may drop to 12%.
> 120 mov./min.	Deadly stress: cows expose their tongue and drool excessively; cannot drink water or eat.

Adapted from: Dairy Cattle Farming Manual (AUAD et al., 2010).

Ambient temperature data were collected using a ThermoHygro instrument. Samples were collected at breast height, always in the middle of the evaluated environments (free stalls), at the following times: 3:00 a.m., 7:00 a.m., 11:00 a.m., 3:00 p.m., 7:00 p.m. and 11:00 p.m. Relative humidity was recorded by the same device, adopting the same procedure and collection times.

After tabulating the data, they were analyzed statistically according to the different evaluated times (3:00 a.m., 7:00 a.m., 11:00 a.m., 3:00 p.m., 7:00 p.m. and 11:00 p.m.) and periods (days). The evaluated parameters were analyzed by ANOVA and means were compared by the Scott-Knott test (1974) at the 5% probability level, using SISVAR 4.3 software (FERREIRA, 2011) and applying correlation.

Results and discussion

The present results for rectal temperature revealed significant differences between the animals (TABLE 3), with a variation range of 0.6 °C. Rectal temperature in dairy animals can vary with age, weight, breed, sex, nutritional value of the diet, lactation curve and reproduction cycle (SILVA, 2000). Adaptation to a given environment is related to structural, functional, or behavioral changes, which are aimed at survival, reproduction and production in extreme or adverse conditions (PORCIONATO et al., 2009).

Table 3 – Mean rectal temperature (in °C) of animals during the evaluation period. IFSULDEMINAS – Inconfidentes Campus. Inconfidentes/MG, Brazil, 2014.

Day*	Rectal T (°C)	
13	38.06	a
11	38.10	a
10	38.11	a
7	38.14	a
8	38.19	b
12	38.21	b
1	38.22	b
14	38.23	b
15	38.26	b
16	38.26	b
9	38.27	b
2	38.28	b
3	38.35	b
5	38.44	c
4	38.49	c
6	38.66	d
Overall mean	38.27	
CV (%)	1.73	

*Means followed by a common letter in the column do not differ according to the Scott-Knott test (1974) at the 5% probability level.

Source: Elaborated by the authors (2015).

Based on the results, rectal temperature was higher on the first days of analysis. In addition to environmental factors such as high ambient temperature, the fact that higher rectal temperatures were recorded in those first days might have been due to the period of adaptation to the environment, since, in the beginning, the animal started to walk as soon as the evaluator would approach it. Auad et al. (2010) reported that rectal temperature values in dairy cattle between 38.4 and 38.6 °C indicate that the stress level is under control and appetite as well as reproduction are normal.

Only the sixth day was considered worrisome, since average rectal temperature was higher than normal. In order to maintain body temperature at thermoneutrality, the animal organism reduces its

metabolic rate in an attempt to adjust to the environment and local climatic conditions (GONZÁLEZ; CAMPOS, 2003).

When the different times were evaluated, no statistically different rectal temperature was found in the animals (TABLE 4). This variable averaged 38.27 °C, indicating no stress. Lactating cows spend most of their time in the free stall, leaving the facility only at the milking times. In this case, it is essential to provide a comfortable environment to the animals, since lack of comfort may compromise production performance (BROUK et al., 2001).

According to Pires et al. (2001), lactating cows feed 10 to 12 times daily, with approximately 68% of those meals occurring between 06h00 and 18h00. Though stabled and thus in an environment completely distinct from the natural environment, the daytime feeding pattern is similar to that observed when grazing, only that the total feeding time is lower. Under high temperature conditions, there is an increase in voluntary feed intake at night, indicating that there may be changes in feeding behavior as a way to lessen the effects of heat. Animals interrupt their feed consumption during the hotter times of the day, seeking a way to refresh themselves, or in an effort to reduce metabolic heat production.

Table 4 – Mean rectal temperature (in °C) at the different evaluation times. IFSULDEMINAS – Inconfidentes Campus. Inconfidentes/MG, Brazil, 2014.

Time*	Rectal T (°C)
7:00 a.m.	37.93 a
3:00 a.m.	38.09 a
11:00 a.m.	38.20 a
11:00 p.m.	38.30 a
3:00 p.m.	38.42 a
7:00 p.m.	38.66 a
Overall mean	38.27
CV (%)	1.73

*Means followed by a common letter in the column do not differ according to the Scott-Knott test (1974) at the 5% probability level.

Source: Elaborated by the authors (2015).

Though not statistically different, rectal temperature was lower at 7:00 a.m. compared to the other times, which is an expected finding, given the lower (or absent) insolation. These findings corroborate those published by Salviano et al. (2008), who evaluated the rectal temperature of cows between the morning (7:00 a.m.) and afternoon (3:00 p.m.) periods and found an increase of more than 0.5 °C from morning to afternoon. In an attempt to dissipate the stressful climatic agents (temperature and humidity), the animal organism elevates its respiratory frequency, which can vary according to the ambience provided by the structure (AZEVEDO et al., 2005).

The highest respiratory frequency means (Table 5) in the evaluated animals coincided with the days with the hottest temperatures.

Table 5 – Mean respiratory frequency (per minute) on the different days, in the evaluated animals. Inconfidentes Campus. Inconfidentes/MG, Brazil, 2014.

Day*	Respiratory frequency
12	38.50 a
10	38.80 a
13	39.01 a
2	39.06 a
7	39.39 a
9	39.44 a
14	39.50 a
11	39.68 a
8	40.12 a
1	41.02 b
3	41.29 b
16	41.95 b
15	42.13 b
5	42.21 b
4	43.91 c
6	44.81 c
Overall mean	40.68
CV (%)	15.65

*Means followed by a common letter in the column do not differ according to the Scott-Knott test (1974) at the 5% probability level.

Source: Elaborated by the authors (2015).

According to Matarazzo (2004), increases in respiratory frequency in a short period of time characterize an efficient heat loss mechanism. However, when this mechanism starts to be required for prolonged periods, it may cause problems to animals, such as interferences with feed intake and rumination, production of additional endogenous heat due to muscular activity (panting) and diversion of energy from other metabolic processes. Based on the reports of Auad et al. (2010), the respiratory frequencies measured in each evaluated animal indicate that stress was under control.

Data analysis revealed a range of 6.31 between the mean numbers of respiratory movements per minute. Heat loss through the respiratory tract, as well as through the skin, implies a process of change of physiological state from liquid to vapor, which occurs with the air humidified in the upper respiratory tract, as with sweat. The energy expended by cows to eliminate heat from the body, especially through an increase in respiratory frequency, and also by the work of sweat glands to produce more sweat, is one of the factors that explain lower milk production under heat stress, since body energy is diverted from the productive process to the maintenance of physiological balance (BACCARI JUNIOR, 2001).

As shown in Table 6, the average number of respiratory movements per minute at 3:00 p.m., 7:00 p.m. and 11:00 p.m. was 41.73, which indicates thermal accumulation in the facility. According to Marques (2009), respiratory frequency is an indicator of heat stress, as it increases along with

the ambient temperature in order to dissipate heat and maintain homeothermy, which the present findings corroborate.

Table 6 – Mean respiratory frequency (per minute) of the animals, evaluated at different times. IFSULDEMINAS – Inconfidentes Campus. Inconfidentes/MG, Brazil, 2014.

Time*	Respiratory frequency
7:00 a.m.	38.72 a
11:00 a.m.	39.52 b
3:00 a.m.	40.60 c
7:00 p.m.	41.38 d
3:00 p.m.	41.86 d
11:00 p.m.	41.96 d
Overall mean	40.68
CV (%)	15.65

*Means followed by a common letter in the column do not differ according to the Scott-Knott test (1974) at the 5% probability level.

Source: Elaborated by the authors (2015).

Considering the results found by Almeida (2009), the average respiratory frequency of the animals in all treatments in the morning was lower than in the afternoon, because it is easier for the animal to dissipate heat at night and to be more thermally comfortable in the morning. However, respiratory frequency is the most sensitive indicator of thermal discomfort by the animal. In the afternoon period, respiratory frequency tends to increase according to how each animal manages to interact with its environment.

During the evaluation days, ambient temperature could be divided into two groups: the first comprised an intermediate and final evaluation date, when temperatures lower than 24 °C were observed, which are considered near the thermal comfort zone. In the second group, ambient temperatures higher than 24 °C were recorded, which, according to Brito et al. (2009), are critical for confined animals (TABLE 7).

Table 7 – Mean ambient temperature (in °C) on the different days. IFSULDEMINAS – Inconfidentes Campus. Inconfidentes/MG, Brazil, 2014.

Day*	T (°C)
9	22.82 a
7	22.99 a
13	23.15 a
16	23.31 a
14	23.61 a
11	23.71 a
10	23.72 a
12	24.12 b
2	24.27 b
15	24.38 b
8	24.75 b
3	24.92 b
5	25.11 b
1	25.13 b
4	25.52 b
6	25.72 b
Overall mean	24.20
CV (%)	1.05

*Means followed by a common letter in the column do not differ according to the Scott-Knott test (1974) at the 5% probability level.

Source: Elaborated by the authors (2015).

The low milk yield in tropical regions is a result of the hot climate, which prevents adequate animal performance, since increasing ambient temperatures lead to a decrease in productivity (ANTUNES et al., 2009). According to Brito et al. (2009), the most adequate conditions for European cattle are an average monthly mean temperature below 20.0 °C. Temperatures between 24.0 °C and 26.0 °C reduce feed intake and production, and the thermal comfort zone lies between 1.0 °C and 21.0 °C. For lactation cows, the temperature range between 7.0 °C and 26.0 °C is considered optimal; from 27.0 °C to 34.0 °C, regular; and, above 35.0 °C, critical (MOTA, 2001). Therefore, high ambient temperatures will reduce the animal's ability to irradiate body heat, thereby reducing thermal balance, which will result in body weight loss and a decrease in milk production. The Brazilian dairy cattle sector is in a worrisome temperature range, where feed intake might decrease, thus requiring care and monitoring for the Holstein cattle breed in question.

No significant differences were found for mean ambient temperature between the evaluated times (TABLE 8).

Table 8 – Mean ambient temperature (in °C) at the different times. IFSULDEMINAS – Inconfidentes Campus. Inconfidentes/MG, Brazil, 2014.

Time	Temperature (°C)
7:00 a.m.	22.41 a
3:00 a.m.	22.71 a
11:00 p.m.	23.51 a
7:00 p.m.	24.69 a
11:00 a.m.	25.44 a
3:00 p.m.	26.45 a
Overall mean	24.20
CV (%)	0.74

*Means followed by a common letter in the column do not differ according to the Scott-Knott test (1974) at the 5% probability level.

Source: Elaborated by the authors (2015).

Despite the lack of differences, a variation range of 4.04 °C was observed for ambient temperature, with 3:00 p.m. being the hottest hour. This is a worrisome finding, since, at this time, the cattle are within confinement, which may compromise animal body functions such as fertility and production (BRITO et al., 2009). The data obtained in the present study corroborate those reported by Matarazzo (2004), who found an increase in temperature from 9:00 a.m. to 5:00 p.m. in a free-stall system.

Significant differences were found for relative humidity, which was below 89.0% on seven non-consecutive days. On the other days, relative humidity rose to values above 90.0% (TABLE 9).

Table 9 – Mean air relative humidity (in percentage terms - %) on all evaluation days. IFSULDEMINAS – Inconfidentes Campus. Inconfidentes/MG, Brazil, 2014.

Day*	RH (%)
8	76.44 a
6	78.27 a
1	82.88 a
4	84.00 a
5	84.38 a
15	87.77 a
7	88.77 a
3	90.33 b
9	90.72 b
14	91.61 b
13	91.83 b
16	91.88 b
10	94.77 b
11	95.33 b
2	96.27 b
12	97.00 b

Overall mean	88.89
CV (%)	0.31

*Means followed by a common letter in the column do not differ according to the Scott-Knott test (1974) at the 5% probability level.

Source: Elaborated by the authors (2015).

Humidity over 90% was represented by the occurrence of rain in the experimental area. In the evaluation of relative humidity across the times of the day, no significant difference was detected (TABLE 10). Brito et al. (2009) reported that the most adequate relative humidity condition for European cattle (*Bos taurus*) is 50% to 80%. When certain limits are exceeded (heat stress levels), their health and productive and reproductive performance are compromised.

Table 10 – Mean relative humidity (in percentage terms - %) at the different times. IFSULDEMINAS – Inconfidentes Campus. Inconfidentes/MG, Brazil, 2014.

Time*	RH (%)
3:00 p.m.	84.72 a
7:00 p.m.	88.18 a
11:00 a.m.	88.22 a
11:00 p.m.	89.47 a
7:00 a.m.	91.25 a
3:00 a.m.	91.50 a
Overall mean	88.89
CV (%)	0.33

*Means followed by a common letter in the column do not differ according to the Scott-Knott test (1974) at the 5% probability level.

Source: Elaborated by the authors (2015).

A comparison of relative humidity to ambient temperature between the different times showed that ambient temperature dropped as humidity in the environment increased. Pires and Campos (2003) found higher relative humidity indices in the morning and night periods and lower values in the afternoon periods, which the present findings corroborate.

Rectal temperature was positively correlated with respiratory frequency (0.29) and ambient temperature (0.30), which means the animals' body temperature will increase if those variables increase. Rectal temperature was negatively correlated (-0.22) with relative humidity; i.e., as relative humidity increases, body temperature decreases, promoting thermal comfort to the animal. Respiratory frequency was positively correlated with ambient temperature (0.29), meaning the animal expends more energy to maintain homeostatic balance; but negatively (0.22) with relative humidity. Ambient temperature was negatively correlated with relative humidity (-0.38), indicating that this variable decreased as temperature rose.

Conclusion

The adapted free stall at the Dairy Farming Cattle Section of IFSULDEMINAS - Inconfidentes Campus is located in an area where confined animals have their body temperature in balance, despite variations in the temperature and relative humidity inside the facility.

Acknowledgments

To the “Federal Institute of Education, Science and Technology of South of Minas Gerais - IFSULDEMINAS” for the financial support granted.

Índices de conforto térmico de vacas lactantes em instalação *free stall* adaptada

Resumo

Com o objetivo de avaliar a termorregulação do gado holandês em instalação adaptada de sistema *free stall* do IFSULDEMINAS, *Campus* Inconfidentes, o presente trabalho foi realizado avaliando os índices de conforto térmico. O período experimental foi de 16 dias, entre dezembro/2012 e início de janeiro/2013. Foram utilizadas 12 vacas da raça holandês preta e branca, multíparas e em lactação. Os animais se encontravam confinados em sistema *free stall*. Foram avaliadas temperatura retal, frequência respiratória, temperatura ambiente e umidade relativa nos seguintes horários 3h, 7h, 11h, 15h, 19h e 23h. Os resultados encontrados demonstram que, apesar das variações temporais ao decorrer dos dias avaliados, os animais nele confinados tiveram a temperatura corporal em equilíbrio.

Palavras-chave: Confinamento. Gado holandês. Temperatura corporal.

References

ALMEIDA, G.L.P. **Climatização na pré-ordenha de vacas da raça Girolando e seus efeitos na produção e qualidade do leite e no comportamento animal.** 2009. 135 f. il. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Pernambuco/PE.

ANTUNES, M.M., PAZINATO, P.G., PEREIRA, R.A., SCHNEIDER, A., BIANCHI, I., CORRÊA, M.N. Efeitos do estresse calórico sobre a produção e reprodução do gado leiteiro. **Núcleo de Pesquisa, Ensino e Extensão em Pecuária.** Universidade Federal de Pelotas. Pelotas. 2009. 5. Disponível em: <<http://www.grupocultivar.com.br/arquivos/estresse.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2015.

AUAD, A. M.; BRIGHENTI, A. M.; CARNEIRO, A. V.; RIBEIRO, A. C. de C. L.; CARVALHO, A. da C.; FREITAS, A. F. de; CARVALHO, B. C. de; ALENCAR, C. A. B. de; GOMIDE, C. A. de M.; MARTINS, C. E.; CASTRO, C. R. T. de; PACIULLO, D. S. C.; NASCIMENTO JUNIOR, E. R. do; SOUZA SOBRINHO, F. de; DERESZ, F.; LOPES, F. C. F.; SOUZA, G. N. de; WERNERSBACH FILHO, H. L.; OLIVEIRA, J.

S. e; CARNEIRO, J. da C.; VIANA, J. H. M.; FURLONG, J.; MENDONÇA, L. C.; STOCK, L. A.; CARMARGO, L. S. de A.; MULLER, M. D.; OTENIO, M. H.; PEREIRA, M. C.; MACHADO, M. A.; GAMA, M. A. S. da; JUNQUEIRA, M. M.; SILVA, M. V. G. B.; PIRES, M. de F. A.; PEIXOTO, M. G. C. D.; GUIMARAES, M. F. M.; TORRES, R. de A.; TEIXEIRA, S. R.; OLIVEIRA, V. M. de; ROCHA, W. S. D. da **Manual de bovinocultura de leite**. Brasília: LK Editora; Belo Horizonte: SENAR-AR/MG; Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2010. 607 p. il.

AZEVEDO, M., PIRES, M.F.Á., SATURNINO, H.M., LANA, Â.M.Q. SAMPAIO, I.B.M., MONTEIRO, J.B.N., MORATO, L.E.M. Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras ¹/₂, ³/₄ e ⁷/₈ holandês-zebu em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n.6, p.2000-2008, 2005.

BACCARI JUNIOR, F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: Editora da Universidade Estadual de Londrina, 2001, 142 p.

BIANCA, W., KUNZ, P. Physiological reactions of three breeds of goats to cold, heat an hight altitude. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.5, n.1, p.57-69, 1978.

BRITO, A.S., NOBRE, F.V., FONSECA, J.R.R. **Bovinicultura de leite: informações técnicas e de gestão**. Natal: SEBRAE/RN, 2009. 320 p. il. Disponível em: <[http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/59F7F0013C0E7280832576EB00692AFE/\\$File/NT00043CA6.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/59F7F0013C0E7280832576EB00692AFE/$File/NT00043CA6.pdf)>. Acesso em: 28 mar. 2015.

BROUK, M.J., SMITH, J.F., HARNER III, J.P. Effectiveness of fan and feedline sprinklers in cooling dairy cattle housed in 2-or 4-row freestall buildings. In: International livestock Environmet Symposium, 6., Louisville, 2001. **Proceedings**. Louisville: ASAE, 2001.

BROWN-BRANDL, T.M., NIENABER, J.A., EIGENBERG, R.A., HAHN, G.L., FREETLY, H C. Thermoregulatory responses of feeder cattle. **Journal of Thermal Biology**, 2003. v.28, n. 2, p.149-157.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, 2011. v. 35, n. 6, p. 1039-1042.

FREITAS, E. **Zonas térmicas da Terra**. 2014. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/geografia/zonas-termicas-terra.htm>>. Acesso em: 28 mar. 2015.

GONZÁLEZ, F.H.D, CAMPOS, R. **Indicadores metabólico-nutricionais do leite**. 2003. In: González, F.H.D., Campos, R. (eds.): Anais do I Simpósio de Patologia Clínica Veterinária da Região Sul do Brasil. Porto Alegre: Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. p.31-47.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Regiões tropicais ou zona tropical**. 2006. Disponível em: <<http://www.clickescolar.com.br/regioes-tropicais-ou-zona-tropical.htm>>. Acesso em: 28 mar. 2015.

MARQUES, J.A. **Estresse e a produção animal**. Manual para a economia do produtor. IAPAR/EMATER-PR. 2009, p. 23.

MATARAZZO, S.V. **Eficiência do sistema de resfriamento adiabático evaporativo em confinamento do tipo free-stall para vacas em lactação**. 2004. 143p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba/SP. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11131/tde-29042005-162015/pt-br.php>>. Acesso em: 28 mar. 2015.

MOTA, F.S. **Climatologia zootécnica**. Pelotas: Edição do autor. 2001. 104p.

PEREIRA, M.W.M., BALIEIRO, K.R.C., PINTO, L.V.A. Avaliação da produtividade e adaptabilidade de acessos de amendoim forrageiro para potencial formação/consorciação de pastagens mais sustentáveis no sul de Minas Gerais. **Revista Agrogeoambiental**, 2011. v.3, n. 2, p. 37-45.

PIRES, M.F.A., CAMPOS, A.T. Relação dos dados climáticos com o desempenho animal. In: RESENDE, H., CAMPOS, A.T., PIRES, M.F.A. (Org). **Dados climáticos e sua utilização na atividade leiteira**. 1ª Edição. Juiz de Fora: CNPGL, 2003. v.1, 250 p.

PIRES, M.F.A., VERNEQUE, R.S., VILELA, D. Ambiente e comportamento na produção de leite. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 211, p. 11-21, 2001.

PIRES, M.F.A.; VILELA, D.; ALVIM, M.J. **Comportamento alimentar de vacas holandesas em sistemas de pastagens ou em confinamento**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2001. 2p. (Boletim Técnico 2).

PORCIONATO, M.A.F., FERNANDES, A. M., NETTO, A.S., SANTOS, M.V. Influência do estresse calórico na produção e qualidade do leite. **Revista Acadêmica, Ciência Agrária Ambiental**. Curitiba, v. 7, n. 4. p. 483-490, 2009.

SALVIANO, L.M.C., VILLAÇA, C.L.P.B., VILAS BOAS, C.V.S., TAVARES, S.L.S. **Parâmetros fisiológicos de um rebanho de bovinos da raça holandesa criado no semiárido brasileiro**. In: 35º Congresso Brasileiro de Medicina Veterinária, 2008.

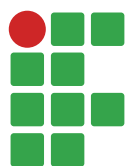
SCOTT, A.; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. **Biometrics**, Washington D.C., v. 30, n.3, p.507-512, 1974.

SILVA, G.R. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: FAPESP/Nobel, 2000. 286p.

SOUZA, C.F., et al. **Instalações para gado de leite**. 2004. Universidade Federal de Viçosa. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dea/ambiagro/arquivos/GadoLeiteOutubro-2004.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2015.

Received: August 9, 2018

Accepted: February 4, 2019



Effect of Bayfolan[®] copper on the control of *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* *in vitro*

Amanda Pereira Honório¹

Roseli dos Reis Goulart²

Eunice Maria Baquião³

One of the limiting factors in coffee production is the aureolated spot caused by the bacterium *Pseudomonas syringae* pv. *garcae*. This work aimed to evaluate different Bayfolan[®] copper concentrations in the growth of two isolates of *P. syringae* pv. *garcae in vitro*. *P. syringae* pv. *garcae* 157 and 59 isolates were used. Two experiments were carried out in a completely randomized design (CRD) with 7 treatments and 5 replications, in a total of 35 experimental units. Each experimental unit consisted of a Petri dish. For the installation of the experiment, Bayfolan[®] copper was added and homogenized into Kado 523 culture medium at concentrations of 0; 625; 1.250; 1.875; 2.500 and 3.000 ppm, and as positive control the product Kasumin[®] was used at 3.000 ppm concentration. Bayfolan[®] copper reduced the growth of the two isolates evaluated *in vitro* with increasing concentration. At concentrations of 2.500 and 3.000 ppm, Bayfolan[®] copper inhibited completely the growth of both isolates, similarly to the Kasumin[®] treatment. The research reveals that Bayfolan[®] copper is efficient to control *P. syringae* pv. *garcae in vitro* from concentrations of 2.500 ppm onwards.

Keywords: Bacteriosis. Copper sulphate. *Coffea arabica*.

Introduction

Coffee is one of the most economically and socially important crops for Brazilian agriculture, with southern Minas Gerais being the largest producing region. Brazil is responsible for one third of the world's coffee production, which makes it the world's largest producer (CONAB, 2017).

However, pests and different disease-causing pathogens such as fungi and bacteria, which may also compromise the quality of the beans and the beverage, can jeopardize coffee production. The aureolated spot caused by the bacterium *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* (AMARAL; TEIXEIRA; PINHEIRO, 1956), discovered for the first time in the city of Graça, state of São Paulo (AMARAL; TEIXEIRA; PINHEIRO, 1956), is one of the main bacteriosis affecting coffee (OLIVEIRA, 2017).

According to Rodrigues et al. (2013), the bacterium is gram negative, with straight or slightly curved rod-shaped cells, measuring from 0.5-1.0x 1.5-4.0 μm , movable through one to seven polar flagella, belonging to Phylum Proteobacteria, Class Gamma Proteobacteria, Order Pseudomonadales, Family *Pseudomonadaceae*, Genus *Pseudomonas*, Species *P. syringae*, Patovar *garcae*.

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Muzambinho, graduada em Engenharia Agrônômica e Ciências Biológicas. amandanr97@gmail.com. Travessa José Valentino da Cruz, 54, Centro, Viçosa/MG, Cep: 36570-089.

2 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Muzambinho, docente. roseli.goulart@muz.ifsuldeminas.edu.br.

3 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Muzambinho, graduada em Engenharia Agrônômica. eunicebachiaonr@gmail.com.

The initial symptoms are irregular, yellowish, soggy lesions that progress to tissue necrosis. The area of necrotic tissue progresses over time, developing a yellow colored halo around the lesions. The plants may present necrosis and dry rot, both in their orthotropic and plagiotropic branches (BELAN, 2014). The bacterium promotes lesions on inflorescences, rosettes and new fruits (PATRÍCIO, 2011).

According to Rodrigues et al. (2013), bacteriosis mainly attacks seedlings, pruned coffee plantations and 3 to 4-year-old growing crops.

P. syringae pv. *garcae* spreads through coffee in rainy periods with mild temperatures. The occurrence of hail in the crop favors the occurrence of the bacterium, because, besides promoting leaf wetness, they cause wounds that act as entry ports for the bacterium. Crops located at high altitudes have the highest incidence of the disease due to wind action (RODRIGUES et al., 2013).

Cultural management of the disease should be started before crop formation, such as choosing the area to be implanted, which should be far from areas contaminated with the bacterium (RODRIGUES et al., 2013), and the formation of windbreaks around the crop, which can interfere with the speed the wind hits the plants and prevent pathogen scatter in rainy weather, should be considered (RODRIGUES et al., 2013).

For the chemical control of this bacteriosis, few products are available in the Phytosanitary Pesticide System (AGROFIT, 2019) such as copper oxychloride fungicide and Kasugamycin antibiotic. However, this type of treatment should be performed before the plant is infected, thus acting as a preventive, for greater protection of the plant and lower rates of the disease (PATRÍCIO, 2008).

Therefore, producers have experienced significant economic losses, since the increased number of applications with bactericides and fungicides has increased the production costs (PETEK et al., 2006). Thus, significant changes have taken place in Brazilian coffee growing in order to achieve a more self-sustainable cultivation system, in which coffee grower profitability increases and environmental contamination is reduced (PETEK et al., 2006).

In this sense, an important factor is the nutritional management of the plant, as nutritionally balanced plants are less affected by diseases, due to nutrients play important roles in plant metabolism, influencing their growth, plant production and also the increased resistance to pathogens (ZAMBOLIM; VENTURA, 1993).

Nutrients may increase plant resistance to pathogens, because they are involved in changes in cell anatomy, such as thicker, lignified or silicified epidermis cells (ZAMBOLIM; VENTURA, 1993).

Among micronutrients, copper deserves attention, as it contributes to respiratory enzymes and photosynthesis. It increases the resistance of plants to diseases, enhancing their vigor, moreover, it seems to be related to hormones, since there is a decreasing fall of flowers, leaves and fruits (MALAVOLTA; GOMES; ALCARDE, 2000).

Erwinia amylovora (Burril) resistant apple leaves showed a large amount of copper. Potato resistance to late blight by *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary would be due to the increased activity of the enzyme peroxidase, caused by the use of copper on the leaves (ZAMBOLIM; VENTURA, 1996).

Several studies have proven the effectiveness of copper *in vitro* as a bactericide. Santos et al. (2010) observed that copper oxychloride and Soil-Set®, a sulphur, copper, iron, manganese and zinc foliar fertilizer (ALLTECH, 2019), inhibited the growth of *Xanthomonas campestris* pv. *viticola* (Nayadu) *in vitro*, and the bactericidal action of Soil-Set® was possibly due to the presence of copper in its formulation.

Yamada (2014) concluded that isolates of *P. syringae* pv. *garcae* showed sensitivity to copper sulphate *in vitro* and that cuprous oxide preventively applied showed greater efficacy in controlling aureolated spot in coffee seedlings.

Other studies also proved the efficiency of copper *in vitro*. Morais et al. (2015) reported that concentrations of copper hydroxide (0.18; 0.36; 0.54 and 0.72%) and copper phosphite (0.83%) completely inhibited the growth of *P. syringae* pv. *garcae* *in vitro*.

According to Domingues et al. (2015), products formulated with copper hydroxide promoted a drastic reduction in the number of CF of *P. syringae* pv. *garcae* from the dose of 100 µg a.i. per liter of N.A. medium.

Leaf fertilizers containing other elements associated with copper have often been commercially available, such as Bayfolan® copper.

Bayfolan® Copper is a foliar fertilizer composed of nitrogen, amino acids and associated copper sulphate that act together activating enzyme systems in plants (BAYER, 2017). Amino acids facilitate the penetration, assimilation and movement of nutrients within the plant, improving its activity and providing a nutritive effect, thus making the plants healthier and more productive. Its composition has total organic carbon 10.0% (123.0 g L⁻¹), nitrogen (water soluble) 3.0% (36.9 g L⁻¹), copper (water soluble) 5.0% (61.5 g L⁻¹), and physical nature (fluid) (BAYER, 2017).

Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of different concentrations of Bayfolan® copper on the control of *P. syringae* pv. *garcae* *in vitro*.

Material and methods

The experiments were carried out at the Phytopathology Laboratory of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Southern Minas Gerais - Campus Muzambinho.

The isolates of *P. syringae* pv. *garcae* used in the experiments were obtained from the Bacteriology Laboratory of the Federal University of Lavras, coming from coffee leaves from naturally infected fields, located in Lavras, southern region of Minas Gerais State. The pathogenicity of the isolate was confirmed in coffee seedlings under greenhouse conditions of the UFLA Department of Phytopathology.

For inoculum preparation, the seeding of the bacterium from both isolates was done in Kado and Heskett's 523 medium (1970). After 48 hours, the bacterial cells were suspended in sterile saline (0.85% NaCl) in autoclave and the bacterial concentration determined in a 600 nm spectrophotometer (OD600), as described by Oliveira and Romeiro (1990). By dilution in sterile saline solution, a bacterial cell suspension of 1.1×10^8 dilution was prepared.

Two experiments were installed, and each one used a different isolate from *P. syringae* pv. *garcae* (157 and 59). The experiments were installed in a completely randomized design, and seven treatments with five replications were evaluated, in a total of 35 experimental units each. Each experimental unit consisted of a Petri dish.

Bayfolan® copper was added to a culture medium 523 at approximately 40°C, at the following concentrations: 0; 0.63; 1.25; 1.88; 2.5; 3.0 mL L⁻¹ of water, corresponding to 0, 625, 1.250, 1.875, 2.500 and 3.000 ppm. As absolute control, a plate containing medium 523 (negative control) was used, as well as plates plus Kasugamycin antibiotic (Kasumin® - 98% i.a) (positive control) at a concentration of 3.000 ppm. Subsequently, the medium was poured into a 9.0 cm diameter Petri dish.

After its solidification, 100 µL of the inoculum suspension (1.1×10^8 CFU mL⁻¹) was added to each plate, distributed on the medium with the aid of a Drigalski loop. The plates were then kept incubated in B.O.D at 28 ± 2 °C and a 12-hour light photoperiod.

To verify the efficiency of the treatments in relation to the inhibition of bacterial development, after 48 hours of incubation, the number of colony-forming units (CFU) developed in each plate was quantified.

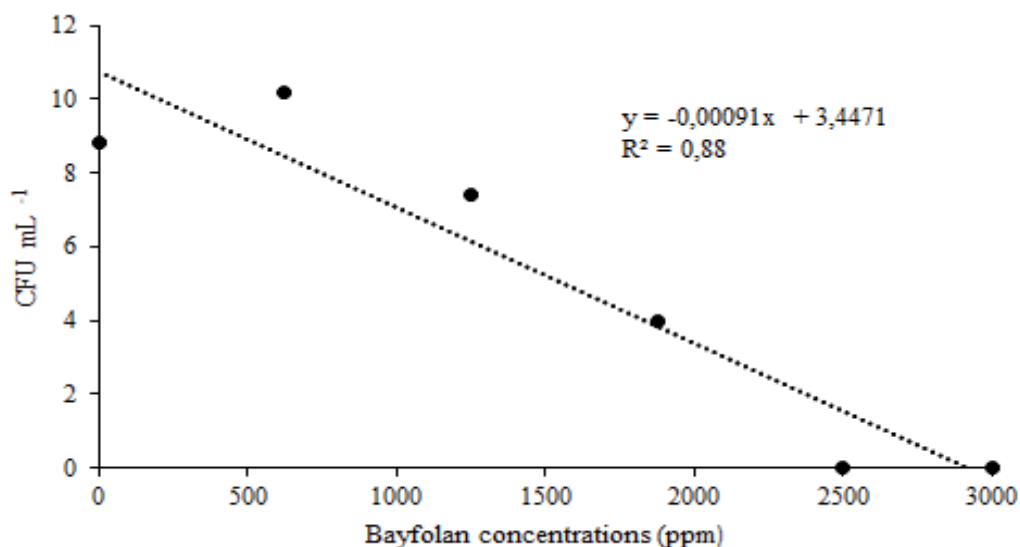
The results were submitted to normality and homogeneity tests, through the GENES® program (CRUZ, 2001) and to the analysis of variance and regression, and the means compared by the Scott-Knott test at the 5% significance level, through the SISVAR® program (FERREIRA, 2011).

Results and discussion

In general, both isolates of *P. syringae* pv. *garcae* showed significant reduction in CFU number with increasing Bayfolan® copper concentration, evidencing the bactericidal effect of the product.

For bacterial isolate 157 (FIGURE 1), at 630 ppm concentration of Bayfolan® copper, the number of CFU tended to increase. At 1.250 and 1.875 ppm concentrations of Bayfolan® copper, the number of colonies compared to the control reduced 15.91% and 54.55%, respectively. From a concentration of 2.500 ppm, Bayfolan® copper completely inhibited bacterial growth *in vitro*.

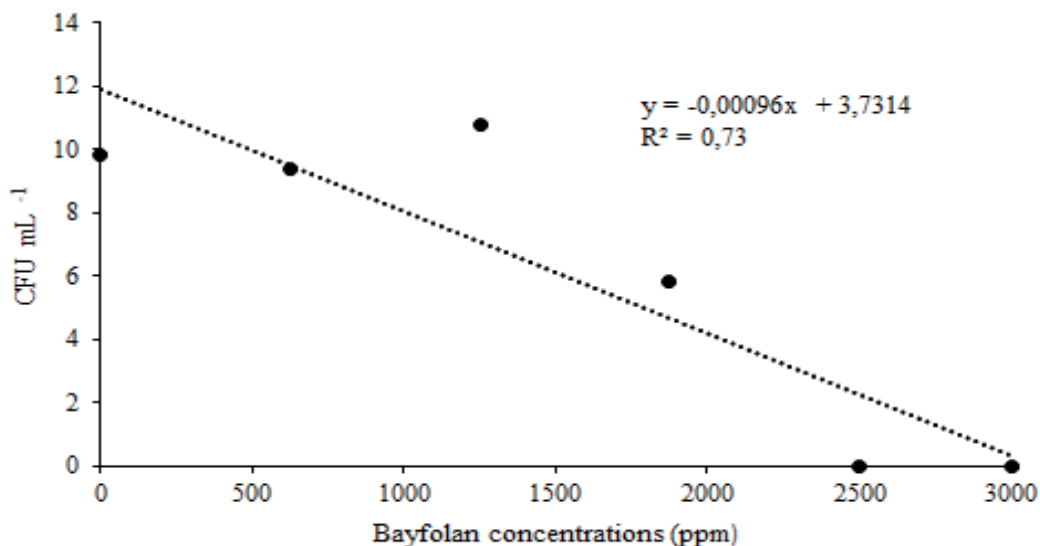
Figure 1 – Effect of different concentrations of Bayfolan® copper on the growth of *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* *in vitro*, Isolated 157, Muzambinho, 2018. Data transformed for $y = \sqrt{x + 0.5}$.



Source: Elaboration of the authors (2018).

For isolate 59 of *P. syringae* pv. *garcae* (FIGURE 2), at 625 ppm concentration of Bayfolan® copper, there was virtually no inhibition of bacterial growth when compared to control. At 1.250 ppm concentration of Bayfolan® copper, the number of CFU tended to increase. At a concentration of 1.875 ppm, Bayfolan® copper caused a 40.82% reduction in the number of colonies. From a concentration of 2.500 ppm on, Bayfolan® copper completely inhibited bacterial growth *in vitro*.

Figure 2 – Effect of different concentrations of Bayfolan® copper on the growth of *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* *in vitro*, Isolated 59, Muzambinho, 2018. Data transformed for $y = \sqrt{x + 0.5}$.



Source: Elaboration of the authors (2018).

Although the behavior of the two isolates, 157 and 59, were similar, isolate 59 presented lower sensitivity to Bayfolan® copper at a concentration of 1.875 ppm, with a reduction percentage of 40.82% and 54.55% for isolates 59 and 157, respectively. However, both isolates were completely inhibited with Bayfolan® copper at 2.500 ppm concentration.

The pathogen *P. syringae* pv. *garcae* is a restricted aerobic gram-negative bacterium (MC-DONNELL; RUSSEL, 1999). Based on the concept pointed out by Fisher (2005) that gram-negative bacteria have a cell envelope at which a cell membrane outside the cell wall is composed of an asymmetric lipopolysaccharide-phospholipid bilayer, promoting an effective physical barrier against the entry of molecules into the bacterial cell, it can be inferred that isolate 59 is likely to have a more effective membrane in controlling the entry of Bayfolan® copper.

One factor responsible for the copper's antimicrobial properties is the ability of this metal to accept or donate its electrons easily (PRO COBRE, 2016). This chemical property allows copper ions to alter proteins within microorganism cells so that proteins can no longer perform their normal functions (PRO COBRE, 2016).

Comparing the number of CFU obtained in the treatments that received Bayfolan® copper, the treatment that received the commercial antibiotic Kasumin® and the untreated control, it was found that the treatments differed significantly from each other (Table 1). Bayfolan® copper concentrations of 2.500 ppm and 3.000 ppm were as effective as Kasumin® chemical treatment in reducing bacterial growth.

Table 1 – Effect of different concentrations of Bayfolan® copper and Kasumin® antibiotic on growth of two isolates of *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* in vitro, Muzambinho, 2018.

Treatments (ppm)	Isolate 157 (CFU)	Isolate 59 (CFU)
0	0% a	0% a
625	0% a	4.1% a
1250	15.9% b	0% a
1875	54.5% c	40.8% b
2500	100% c	100% c
3000	100% c	100% c
Kasumin®	100% c	100% c
CV(%)	35,29	21,08

* In the column, the means followed by the same lowercase letter do not differ from each other by the Scott-Knott test at 0.05 significance. Data transformed for $y = \sqrt{x + 0.5}$. The data show normality and homogeneity.

Source: Elaboration of the authors (2018).

Yamada (2014), when studying the resistance of *P. syringae* pv. *garcae* to copper, found that isolates of the pathogen are sensitive to copper sulphate *in vitro* and that cuprous oxide preventively applied showed greater effectiveness in controlling the aureolated spot in coffee seedlings.

Several studies report the bactericidal effect of copper. Morais et al. (2015) reported that concentrations of copper hydroxide (0.18; 0.36; 0.54 and 0.72%) and copper phosphite (0.83%) completely inhibited the growth of *P. syringae* pv. *garcae* *in vitro*.

Domingues et al. (2015), in their research on the chemical and biological control of aureolated leaf spot in coffee seedlings, found that products formulated with copper hydroxide promoted a drastic reduction in the number of CFU of *P. syringae* pv. *garcae* from 100 µg i.a per liter of N.A. medium.

According to Franco and Takatsu (2004), 38 isolates tested from *Xanthomonas axonopodis* pv. *passiflorae* (Pereira) Dye showed no resistance to CuSO₄ at concentrations of 500 pmm and 1.000 pmm.

In addition to the bactericidal effect of Bayfolan® copper, due to the presence of copper (copper sulphate), amino acids and sulphur in its composition, it can induce resistance in plants by activating their defense mechanisms, as evidenced by Zambolim and Ventura (1996), Igarashi et al. (2010) and Vitti, Otto and Savieto (2015). This is an advantage, since this product is marketed as foliar fertilizer.

Conclusions

Bayfolan® copper is effective in controlling isolates 157 and 59 of *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* *in vitro* from concentration of 2.500 ppm onwards.

Bayfolan® copper at concentrations of 2.500 and 3.000 ppm is as efficient as Kasumin® in controlling bacterial growth.

Efeito do Bayfolan® cobre no controle de *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* in vitro

Resumo

Um dos fatores limitantes à produção de café é a mancha aureolada causada pela bactéria *Pseudomonas syringae* pv. *garcae*. O objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes concentrações do Bayfolan® cobre no crescimento de dois isolados de *P. syringae* pv. *garcae* in vitro. Foram utilizados os isolados 157 e 59 de *P. syringae* pv. *garcae*. Foram instalados dois experimentos, em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 7 tratamentos, 5 repetições, totalizando 35 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi constituída por uma placa de petri. Para a instalação do experimento, o Bayfolan® cobre foi adicionado e homogeneizado ao meio de cultura Kado 523, nas seguintes concentrações 0; 625; 1.250; 1.875; 2.500 e 3.000 ppm e como testemunha positiva foi utilizado o produto Kasumin®, na concentração de 3.000 ppm. O Bayfolan® cobre reduziu o crescimento dos dois isolados avaliados in vitro com o aumento da sua concentração. Nas concentrações de 2.500 e 3.000 ppm, o Bayfolan® cobre inibiu completamente o crescimento de ambos os isolados, similarmente ao tratamento Kasumin®. Conclui-se que o Bayfolan® cobre é eficiente no controle de *P. syringae* pv. *garcae* in vitro a partir da concentração de 2.500 ppm.

Palavras-chave: Bacteriose. Sulfato de cobre. *Coffea arabica*

References

AGROFIT. **Consulta de ingrediente ativo.** Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 21 jan. 2019.

ALLTECH. **Informações técnicas - Soil Set®.** Disponível em: <<https://www.alltech.com/soil-set>>. Acesso em: 21 jan. 2019.

AMARAL, J. F.; TEIXEIRA, C. G.; PINHEIRO, E. D. A bacterium causing halo blight of coffee. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 23, p. 151-155, 1956.

BAYER. **Informações técnicas - Bayfolan® cobre** . Disponível em: <<https://www.agro.bayer.com.br/produtos/bayfolan>>. Acesso em: 08 out. 2017.

BELAN, L. L. **Detecção de *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* em sementes, microanálise de raios X e desenvolvimento de escala diagramática para a mancha areolada do cafeeiro.** 2014. 126 f. Tese (Doutorado em/Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). **Acompanhamento da safra café.** Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_09_21_17_00_05_cafe_setembro_2017.pdf>. Acesso: 08 out. 2017.

CRUZ, C.D. **Programa GENES.** Versão Windows. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 648 p, 2001.

DOMINGUES, M. V. P. F.; DEUS, B. C. de; BERIAM, L. O. S.; BRAGHINI, M. T.; ALMEIDA, I. M. G.; BERNADO, E. R. de A.; ARAÚJO, C. F. Q. de; PATRÍCIO, F. R. A. Controle químico e biológico da mancha aureolada em mudas de cafeeiro. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 9. ,2015, Curitiba. **Resumo expandido**. Curitiba, 2015.

FRANCO, M. M.; TAKATSU, A. Sensibilidade de *Xanthomonas axonopodis* pv. *passiflorae* a cobre. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 20, n. 2, p. 207-210, Mai/Ago 2004.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, Nov./Dec. 2011.

FISHER, J. F.; MEROUEH, S. O.; MOBASHERY, S. Bacterial resistance to β -lactam antibiotics: compelling opportunism, compelling opportunity. **Chemical Reviews**. v. 105, p. 395 - 424, Feb. 2005.

IGARASHI, D.; TAKEDA, T.; NARUSAKA, Y.; TOTSUKA, K. Glutamate fermentation by-product activates plant defense responses and confers resistance against pathogen infection. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 158, p. 668-675, 2010.

KADO, C. I.; HESKETT, M. G. Selective media for isolation of *Agrobacterium*, *Corynebacterium*, *Erwinia*, *Pseudomonas* and *Xanthomonas*. **Phytopathology**, v. 60, p. 969-979, 1970.

MALAVOLTA, E.; GOMES, F. P.; ALCARDE J. C. **Adubos e Adubações**. Barueri: Nobel, 2000.

MCDONNELL, G.; RUSSEL, D. Antiseptics and disinfectants: activity, action, and resistance. **Clinical Microbiology Reviews**, v. 12, p. 147-179, 1999.

MORAIS, O. J. S.; GOULART, R. R.; SANDY, D.; RIBEIRO, N. P. N.; ALMEIDA, B. M.; BELAN, L. L.; POZZA, E. A.; RAIMUNDI, M. K. Controle alternativo da mancha aureolada. In: JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO IFSULDEMINAS, 6., 2014, Pouso Alegre. **Resumo**. Pouso Alegre: IFSULDEMINAS, 2014.

OLIVEIRA, D. A. M. **Proteção do cafeeiro contra a mancha aureolada e análises de enzimas envolvidas no metabolismo fenólico e lignina**. 2017. 41 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

OLIVEIRA, J. R.; ROMEIRO, R. S. Reação de folhas novas e velhas de cafeeiros a infecção por *Pseudomonas cichorii* e *P. syringae* pv. *garcae*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 15, p. 355-356, 1990.

PATRÍCIO, F. R. A.; ALMEIDA, I. M. G.; BARROS, B. C.; SANTOS, A. S.; FRARE, P. M. Effectiveness of acibenzolar-S-methyl, fungicides and antibiotics for the control of brown eye spot, bacterial blight, brown leaf spot and coffee rust in coffee. **Annals of applied biology**, v. 152, n. 1, p. 29-39, 2008.

PATRÍCIO, F. R. A. Mancha aureolada volta a preocupar cafeicultores. **Boletim Informativo Peracetic**. v. 1, 2. ed., 2011.

PETEK, M. R.; SERA, T.; SERA, G. H.; FONSECA, I. C. B.; ITO, D. S. Seleção de progênies de *coffea arabica* com resistência simultânea à mancha aureolada e à ferrugem alaranjada. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 1, p. 65-73, 2006.

PRO COBRE. **Cobre bactericida**. Disponível em: <http://www.philomenojr.com.br/downloads/Informacoes/Eluma_Conexoes/Cobre_antimicrobiano.pdf>. Acesso em: 20 mai 2018.

RODRIGUES, L. M. R.; ALMEIDA, I. M. G. de; PATRÍCIO, F. R. A.; BERIAM, L. O. S.; MACIEL, K. W.; BRAGHINI, M. T.; GUERREIRO FILHO, O. **Mancha aureolada do cafeeiro causada por *Pseudomonas syringae* pv. *Garcae***. Campinas: Instituto Agrônômico, 2013.

SANTOS, L. O.; COSTA, V. S. O.; FREIRE, E. B.; BATISTA, D. C.; TERAÓ, D.; BARBOSA, M. A. G. Inibição *in vitro* de *Xanthomonas campestris* pv *viticola* por indutores de resistência. In: Embrapa Seminário-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 5., 2010, Petrolina. **Anais...**Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010.

VITTI, G. C.; OTTO, R.; SAVIETO, J. **Manejo do enxofre na agricultura**. Disponível em: <[http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/489467390EE9A34B83257F31004B1E61/\\$FILE/Jornal152.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/489467390EE9A34B83257F31004B1E61/$FILE/Jornal152.pdf)>. Acesso em: 2 jul. 2018.

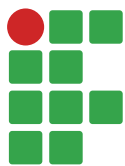
YAMADA, J. K. **Resistência de isolados de *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* a cobre**. 2014. 50 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A. **Resistência a doenças induzidas pela nutrição das plantas**. Piracicaba: POTAFOS, 16 p., 1996.

ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A. Resistência de doenças induzidas pela nutrição mineral. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 1, p. 275-318, 1993.

Received: July 23, 2018

Accepted: February 6, 2019



Pitaya (*Hylocereus undatus*) initial growth in function to NPK fertilization

Ana Flávia Matias Gonçalves¹

Sheila Isabel do Carmo Pinto²

Ricardo Monteiro Corrêa³

Abstract

Pitaya is considered a very promising cactus fruit, however, there is a lack of studies that support the definition of more suitable production systems. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of NPK mineral fertilization on pitaya initial growth, aiming the definition of nutritional and fertilization management appropriate to the agricultural exploitation of the crop. The assay was conducted in the greenhouse of the Biotechnology Laboratory. The propagating part of pitaya is its stem known as cladode. The cladodes were planted in pots of 8.0 dm³, filled with substrate based on soil from termites. The donor matrices of vegetative material were young specimens of white-fleshed pitaya (*Hylocereus undatus*). 72 cuttings of 30.0 cm in length were used. The experimental design was in randomized blocks with 9 treatments (NPK doses) and 4 replications, totalizing 36 experimental plots. Each experimental plot was composed of 2 cuttings. Number of cladodes, sum of cladodes length, fresh cladodes mass, dry cladodes mass, root system length, root system fresh mass and root system dry mass were evaluated at 160 days after planting the morphological characters. The results of the variables were submitted to the analysis of variance and the means grouped by the Scott-Knott test at 5% of probability. NPK fertilization affected the initial growth of the aerial part and the root system of pitaya. The greatest development of pitaya was provided by 450.0 mg dm⁻³ of N, 250.0 mg dm⁻³ of P and 250.0 mg dm⁻³ of K.

Keywords: Cactus. Nitrogen. Phosphorus. Potassium.

Introduction

In recent years, several cactus species have stood out for their potential as a source of food, among them, it highlights the fruit, creeper cactus, most cultivated in the world, native to the tropical forests of Mexico and Central and South America, called pitaya (*Hylocereus undatus*) (COSTA, 2012).

In Brazil, pitaya is considered a new and promising fruit in the market. It may be a potentially viable alternative to soils little fertilized, making their cultivation promising from an agronomic view. Their characteristics have aroused interest in producers for their wide acceptance in consumer markets. Although it is considered an exotic fruit, native pitaya species are found in the Cerrado of the genus *Selenicereus* and *Hylocereus*, popularly known as pitaya-of-cerrado or “tasty” (JUNQUEIRA et al., 2002).

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais IFMG – *Campus* Bambuí, discente do curso de Agronomia. ana.flaviagoncalves@hotmail.com. Fazenda Varginha, Rodovia Bambuí-Medeiros, Km 5, Bambuí (MG)

2 IFMG – *Campus* Bambuí, docente pesquisador. sheila.isabel@ifmg.edu.br.

3 IFMG – *Campus* Bambuí, docente pesquisador. ricardo.correa@ifmg.edu.br.

Considering the growth demand for exotic fruits, the scarcity of their availability for the consumer market, the high commercial potential for the consumer market, the high commercial potential for domestic and foreign markets and the small number of studies and publications about the cultivation, there is a need of intensification of researches, mainly aiming at obtaining basic information about the crop, which can be used by the producers.

The determination of adequate doses of NPK to the pitaya initial development is very relevant to subsidize production systems more suitable for the economic exploitation of this crop in Brazil. Lone (2013) points out that due to the increase of pitaya consumption in recent years, there is a need for intensification of researches, mainly aiming to obtain basic nutritional information about the crop. There are few articles in the literature about the effect of phosphorus (MOREIRA et al., 2016), phosphorus and zinc (CORRÊA et al., 2014; ALMEIDA et al., 2016), nitrogen and potassium (ALMEIDA et al., 2014; 2016) and potassium and calcium (CAJAZEIRA et al., 2018) on the pitaya initial development. Therefore, given the importance of a balanced fertilization, especially with nitrogen, phosphorus and potassium, it is essential to conduct research about the effect of these primary macronutrients on pitaya development.

In this context, the objective of the present work was to evaluate the effect of NPK mineral fertilization on the pitaya initial growth, aiming the definition of fertilization management appropriate to the agricultural exploitation of this crop.

Material and methods

The research was conducted at the premises of the Biotechnology Laboratory (Labiotec), which belongs to the Department of Agrarian Sciences of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Minas Gerais-Campus Bambuí.

The planting of the pitaya propagating parts was carried out in pots with capacity of 8.0 dm³, filled with substrate based on soil from termites.

The material used was prepared according to Sousa (2009). Only the central and darkened part of the termite nest was used, which was dried and disinfected under black polyethylene tarpaulin exposed to sun until it had little moisture. Subsequently, the material was manually crushed and homogenized.

The donor matrices of vegetative material were young specimens of white pitaya (*Hylocereus undatus*) cultivated in the greenhouse of the Biotechnology Laboratory. In the early morning of October 16, 2017, 72 cuttings (apical or median) of 30.0 cm of length, from the main cladode of the plants (main stem) were taken, and then planted in the pots prepared the previous day.

The experiment was conducted under randomized blocks with 9 treatments (NPK doses) and 4 replications, totalizing 36 experimental plots. Each experimental plot was composed with 2 cuttings. Therefore, 72 pots of 8.0 dm³ were used with one cutting each.

The NPK doses used in the different treatments are presented in Table 1.

Table 1 – Doses of N, P and K used in pitaya (*Hylocereus undatus*) cultivation

Treatment	Doses (mg dm ⁻³)		
	N	P	K
1	0	0	0
2	300	150	150
3	300	150	250
4	300	250	150
5	300	250	250
6	450	150	150
7	450	150	250
8	450	250	150
9	450	250	250

Source: Elaborated by the authors (2018).

The fertilizers used as source of N, P and K were, respectively: ammonium sulfate (18% of N), simple superphosphate (18% of P) and potassium chloride (58% of K). For basic fertilization (same for all pots), 25.0 mg dm⁻³ (applied 0.2 g per pot) of FTE BR-12 were used. With the exception of FTE BR-12, which was applied at once when filling the pots, the other fertilizers were applied divided into two applications: half in the pot filling, performed on October 16, 2017, and the other half, 50 days after filling the pots on December 6, 2017.

Throughout the experiment conduction, manual weeding of all pots was performed when necessary. Irrigation was performed manually, each pot received about 50.0 ml of water, with a 7-day watering shift. Plant staking was performed on December 18, 2017, utilizing bamboo stakes with sisal rope to provide vertical support to the pitaya aerial part.

The evaluation was performed on March 26 and 27, 2018, that is, 160 days after the pitaya cuttings planting. All samples were evaluated because no damage occurred to the 72 repetitions. The morphological traits of the aerial part (number of cladodes (NC), sum of cladodes length (SCL), fresh cladodes mass (FCM) and dry cladodes mass (DCM) and of the root system (root system length (RSL), root system fresh mass (RSFM) and root system dry mass (RSDM), as well as the relation between dry cladodes mass and root system dry mass (RCRS)).

All cladodes were counted (NC) and the sum of their length (SCL) was inferred by measuring through a ruler graduated in cm. The substrate of each sample was removed by mild water jet washing in order to avoid damaging the roots. The samples were taken to the Biotechnology Laboratory to measure the root system length (RSL). To determine the fresh cladodes mass (FCM) and the root system (RSFM), the cladodes were separated from the roots and they were weighed separately on an analytical scale. Subsequently, they were placed separately in kraft paper envelopes, identified with the corresponding treatment and, subsequently, the samples were dried in laboratory oven at 65°C for 72 hours to determine the dry cladodes mass (DCM) and the root system (RSDM) by weighing them on an analytical scale. With the dry weight of these samples, it was obtained the relation between the dry cladodes mass and the root system dry mass (RCRS).

The obtained data from the morphological characters of the aerial part and the root system of the pitayas were submitted to variance analysis and the means grouped by the Scott-Knott test at 5% of probability using the Sisvar software (FERREIRA, 2011).

Results and discussion

It was verified an effect ($p < 0.05$) of NPK fertilization on the initial growth of the white pitaya for most of the morphological characteristics analyzed. Effects of the NPK mineral fertilization doses on all pitaya aerial morphological variables ($p < 0.05$) were observed (TABLE 2).

Table 2 – Evaluation of morphological characteristics of the aerial part (cladodes) of the pitaya (*Hylocereus undatus*) as a function of different doses of NPK mineral fertilizer.

Treatments	Variables			
	NC	SCL	FCM	DCM
T 1	2.6 b	150.1 b	333.6 c	34.5 b
T 2	2.9 b	175.9 b	330.9 c	33.5 b
T 3	2.6 b	187.1 b	382.8 c	34.7 b
T 4	2.8 b	185.0 b	265.0 c	38.1 b
T 5	2.8 b	182.9 b	379.4 c	46.6 a
T 6	2.8 b	209.2 a	427.6 b	41.5 b
T 7	4.0 a	261.0 a	416.6 b	44.8 a
T 8	3.6 a	233.4 a	445.2 b	41.4 b
T 9	3.5 a	236.5 a	536.2 a	55.6 a
CV (%)	26.1	26.2	23.9	24.9

Means followed by the same letter for each variable do not differ from each other by the Scott-Knott test at 5% of probability. NC: number of cladodes; SCL: sum of cladodes length; FCM: fresh cladodes mass; DCM: dry cladodes mass. CV: coefficient of variation.

Source: Elaborated by the authors (2018).

The number of cladodes (NC) ranged from 2.6 to 4.0 units. Pitaya cuttings that received higher N dose associated to higher doses of P and/or K (treatments 7, 8 and 9) presented higher cladode numbers (NC) (TABLE 2). However, the application of high N dosage associated to lower P and K doses (treatment 6) was not able to maintain a satisfactory cladode emission from the pitaya cuttings.

The total length of the cladodes (SCL) ranged from 150.0 to 261.0 cm, higher values than those obtained by Almeida et al. (2014) and Corrêa et al. (2014) in pitaya plants. SCL was higher in plants that received the highest N dose, regardless of the P or K dose (treatment 6, 7, 8 and 9) (TABLE 2).

Fresh cladodes mass (FCM) was higher in pitaya plants fertilized with the highest dose of NPK (Treatment 9) (TABLE 2). Therefore, plants tend to increase mass production when nitrogen, phosphorus and potassium levels are increased, consequently, the variation in nutrient distribution influences the developmental characteristics of cladodes.

Pitaya cuttings with higher dry mass production of cladodes (DCM) were the ones that received the highest K dosage, especially when associated with higher N or P dose (treatments 5, 7 and 9) (TABLE 2). Almeida et al. (2014) observed that low N availability has a limiting effect on DCM increase, and K has more evident effect on the increased efficiency N use by pitaya. Therefore, low doses of N reduce the dry mass production by the cladodes, however the application of adequate N dose must be associated with the sufficient K dose since it increases the utilization of N in pitaya metabolism.

These authors obtained an increase of up to eight times in DCM, expressing the importance of rational application of N and K on the pitaya initial growth.

According to Sarment et al. (2008), when N supply is performed under conditions of low K availability, there is a low efficiency of N use by the plant. Almeida et al. (2016), when evaluating the nutritional status of pitaya plants submitted to different doses of N and K, observed the high demand of this species by K, demanding around twice more K than N. Fernandes et al. (2018) verified the importance of K also on the increase of production and quality of pitaya fruits.

DCM ranged from 33.5 g to 55.6 g, while FCM ranged from 265.0 to 536.2 g. Relating both results, it was estimated that around 87.4 to 89.6% of the plant tissue consisted of water. These results corroborated the moisture content described by Goldstein et al. (1991) for succulent cacti and those verified by Almeida et al. (2014) and Corrêa et al. (2014) in pitaya plants.

NPK application should be done in an amount that favors adequate availability to the plants. In the present work it was verified that treatment with the highest doses of N (450.0 mg dm⁻³), P (250.0 mg dm⁻³ of P) and of K (250.0 mg dm⁻³ of K) contributed to accelerate initial aerial part growth of the white pitaya. Significant effects on these characteristics could be expected, because nitrogen acts as a cell division and stretching stimulator, which would promote direct effects on the production of more vigorous cladodes (MALAVOLTA, 2006), and as a result of phosphorus favoring plant development, acting as a nutrient that stimulates phytomass production (MOREIRA, 2012), as well as potassium that promotes stem diameter increase (INTA, 2002). K is one the most required elements, especially for performing the functions of carbohydrate translocation and stomatal opening and closing regulation for water use (MARSCHNER, 2005).

The effect of NPK fertilization on the early growth of white pitaya was verified for the morphological characteristics of the root system: root system length (RSL), root system dry mass (RSDM) and relation between dry cladodes mass and root system dry mass (RCRS) (TABLE 3).

Table 3 – Evaluation of the morphological characteristics of pitaya (*Hylocereus undatus*) root system as a function of different doses of NPK mineral fertilizer

Treatments	Variables			
	RSL	RSFM	RSDM	RCRS
T 1	29.1 b	11.3 a	3.57 a	11.3 c
T 2	37.5 a	11.2 a	3.06 a	11.2 c
T 3	40.1 a	10.4 a	3.35 a	9.95 c
T 4	38.0 a	11.2 a	2.35 b	17.5 b
T 5	42.1 a	11.0 a	2.70 b	17.6 b
T 6	34.3 b	10.9 a	2.43 b	19.0 b
T 7	33.5 b	10.3 a	2.82 b	21.8 a
T 8	34.1 b	9.9 a	1.93 b	21.4 a
T 9	33.5 b	13.7 a	2.81 b	23.0 a
CV (%)	12.9	28.1	33.2	27.7

Means followed by the same letter for each variable do not differ from each other by the Scott-Knott test at 5% of probability. RSL: root system length; RSFM: root system fresh mass; RSDM: root system dry mass. RCSR: relation between dry cladodes mass and root system dry mass. CV: coefficient of variation.

Source: Elaborated by the authors (2018).

The length of the root system ranged from 29.0 to 42.0 cm, values close to those presented by Corrêa et al. (2014) in pitaya plants. The treatments that provided the longest root system length (RSL) were treatments 2, 3, 4, and 5, ranging from 37.5 to 42.1 cm with the lowest nitrogen dose (300.0 mg dm⁻³) (TABLE 3). The lowest values were found with the use of 450.0 mg dm⁻³ of N (highest dose) and treatment 1 without nitrogen addition. Thus, it was observed that the use of high doses of N caused reduction of root system growth, which is in line to the studies by Silva (2014). Almeida et al. (2014) also observed that the use of low doses of N reduced the vertical growth of the root system of pitaya plants.

The root system dry mass (RSDM) variable was benefited with the lower N dose associated with low P doses. Treatments 1, 2, and 3 were statistically superior to other treatments presenting higher dry mass production by the root system (TABLE 3). Almeida et al. (2014) also found that N deficiency in the soil culminated in an increase in mass of pitaya root system. Corrêa et al. (2014) mention that the high dose application of P (300 mg dm⁻³) stimulated pitaya vegetative growth over the root system. These results corroborate those presented by Almeida Júnior et al. (2009), who found that under conditions of high P availability in the soil plants have the possibility of investing a greater portion of energy on the increment of the aerial part. However, Corrêa (2004) states that adequate P supply can induce root system growth, since it is essential for its formation.

Pitaya cuttings that received the highest dose of N associated to higher doses of P and/or K (Treatments 7, 8 and 9) presented higher relation between dry cladodes mass and root system dry mass (RCRS) (TABLE 3). Silva (2014) emphasizes that the excess of N in the soil can increase the relation aerial part/root, reducing the longitudinal growth of the root system and, consequently, reducing the plants resistance to dry periods. Almeida et al. (2014) also observed that the application of increasing doses of N and K resulted in adverse effects on in the relation aerial part/root.

Conclusions

NPK fertilization affected the initial growth of the aerial part and the root system of the pitaya.

The greatest development of pitaya was provided by 450.0 mg dm⁻³ of N, 250.0 mg dm⁻³ of P and 250.0 mg dm⁻³ of K.

Crescimento inicial da pitaya (*Hylocereus undatus*) em função da adubação com NPK

Resumo

A Pitaya é considerada uma cactácea frutífera muito promissora, no entanto, carente de estudos preliminares que subsidiem a definição de sistemas de produção mais adequados. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adubação mineral com NPK sobre o crescimento inicial da pitaya, visando à definição de manejos de nutrição e fertilização adequados à exploração agrícola da cultura. O ensaio foi conduzido na estufa do Laboratório de Biotecnologia. A parte propagativa da pitaya é o seu caule conhecido como cladódio. O plantio dos cladódios foi realizado em vasos de 8,0 dm³, preenchidos com substrato à base de terra de cupim. As matrizes doadoras de material vegetativo foram exemplares jovens de pitaya vermelha da polpa branca (*Hylocereus undatus*). Fo-

ram utilizadas 72 estacas de 30,0 cm de comprimento. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com 9 tratamentos (doses de NPK) e 4 repetições, totalizando 36 parcelas experimentais. Cada parcela experimental foi composta de 2 estacas. Aos 160 dias após o plantio foram avaliados os caracteres morfológicos: número de cladódios, somatório do comprimento dos cladódios, massa fresca dos cladódios, massa seca dos cladódios, comprimento do sistema radicular, massa fresca do sistema radicular e massa seca do sistema radicular. Os resultados das variáveis foram submetidos à análise de variância e as médias agrupadas pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. A adubação com NPK afetou o crescimento inicial da parte aérea e do sistema radicular da pitaya. O maior desenvolvimento da pitaya foi proporcionado por 450,0 mg dm⁻³ de N, 250,0 mg dm⁻³ de P e 250,0 mg dm⁻³ de K.

Palavras-chave: Cactácea. Nitrogênio. Fósforo. Potássio.

Referências

- ALMEIDA, E. I. B.; CORRÊA, M. C. M.; CRISÓSTOMO, L. A.; ARAÚJO, N. A.; SILVA, J. C. V. Nitrogênio e potássio no crescimento de mudas de pitaia [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose]. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 4, p. 1018-1027, dez. 2014.
- ALMEIDA, E. I. B.; DEUS, J. A. L.; CORRÊA, M. C. M.; CRISOSTOMO, L. A.; NEVES, J. C. L. Linha de fronteira e chance matemática na determinação do estado nutricional de pitaia. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 4, p. 744-754, out-dez, 2016.
- ALMEIDA-JÚNIOR, A. B.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K.T. Efeitos de doses de fósforo no desenvolvimento inicial da mamoneira. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, p. 217-221, 2009.
- CAJAZEIRA, J. P.; CORRÊA, M. C. M.; ALMEIDA, E. I. B.; QUEIROZ, R. F.; MESQUITA, R. O. Growth and gas exchange in white pitaya under different concentrations of potassium and calcium. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 49, n. 1, p. 112-121, mar. 2018.
- CORRÊA, M. C. M.; ALMEIDA, E. I. B.; MARQUES, V. B.; SILVA, J. C. V.; AQUINO, B. F. Crescimento inicial de pitaia em função de combinações de doses de fósforo-zinco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p. 261-270, 2014.
- CORRÊA, J. L.; MAUAD, M.; ROSOLEM, C. A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja, influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, p. 1231-1237, 2004.
- COSTA, A. C. **Adubação orgânica e ensacamento de frutas na produção da pitaia vermelha**. 2012. 69 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FERNANDES, D. R.; MOREIRA, R. A.; CRUZ, M. C. M.; RABELO, J. M.; OLIVEIRA, J. Improvement of production and fruit quality of pitayas with potassium fertilization. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 40, e35290, 2018.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, dez. 2011.

GOLDSTEIN, G.; ORTEGA, J. K. E.; NERD, A.; NOBEL, P. S. Patterns of water potential components for the crassulacean acid metabolism plant *Opuntia ficus-indica* when well-watered or droughted. **Plant Physiology**, New York, v. 95, p. 274–280, 1991.

INTA. Instituto Nicaraguense de Tecnología Agropecuária. **Guía tecnológica del cultivo de la pitahaya**. 2002.

JUNQUEIRA, K. P.; JUNQUEIRA, N. T. V.; RAMOS, J. D.; PEREIRA, A. V. **Informações preliminares sobre uma espécie de Pitaya do Cerrado**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2002. 18 p.

LONE, A. B. **Substratos, ácido indolbutírico e períodos do ano na propagação de pitaya por estaquia**. 2013, 98p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2ed. Orlando: Academic Press, 2005.

MOREIRA, R. A.; RAMOS, D. R.; SILVA, F. O. R.; MARQUES, V. B. **Cultivo da pitaya: implantação**. Boletim Técnico - n.º 92, Lavras/MG, 2012.

MOREIRA, R. A. M.; CRUZ, M. C. M.; FERNANDES, D. R.; SILVA, E. B.; OLIVEIRA, J. Nutrient accumulation at the initial growth of pitaya plants according to phosphorus fertilization. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 46, n. 3, p. 230-237, set. 2016.

SARMENTO, P.; RODRIGUES, L. R. A.; CRUZ, M. C. P. da; LUGÃO, S. M. B.; CAMPOS, F. P. de; CENTURION, J. F.; FERREIRA, M. E. Atributos químicos e físicos de um Argissolo cultivado com *Panicum maximum* Jacq. cv.IPR-86 Milênio, sob lotação rotacionada e adubado com nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 1, p. 183-193. 2008.

SILVA, A. C. C. **Melhoramento e produção de mudas de Pitaya**. Jaboticabal, 2014, 132 p.

SOUSA, G. G. **Absorção de boro e crescimento do maracujazeiro adubado com boro e material de cupinzeiro**. 2009, 41 p. Dissertação (Mestre em produção vegetal). Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS.

Received: August 2, 2018

Accepted in: February 6, 2019



Stink Bug Population in Cotton Plantations with Different Plant Spacings

Izidro dos Santos de Lima Junior¹

Paulo Eduardo Degrande²

Elmo Pontes de Melo³

Ligia Maria Maraschi da Silva Piletti⁴

Antonio Luiz Viegas Neto⁵

Abstract

The increase in cotton plant population by decreasing the spacing between rows cause some changes in phenotypical characteristics of cotton plants, such as decrease in number of leaves per plant, low-development leaves, and great soil shading. Stink bugs of the Pentatomidae family that migrate from soybean crops seem to benefit from the cotton narrow-row planting system. The objective of the present work was to evaluate adult and nymph stink bug populations in cotton plantations under three plant spacing. The experiment was conducted in the 2010/2011 cotton season at the Experimental Farm of the Federal University of Grande Dourados, in Dourados, MS, Brazil. A randomized block experimental design was used, with three cotton growing systems and eight replications, totaling 24 plots. The cotton growing systems were selected based on spacing between planting rows (0.22, 0.45, and 0.90 m). Five evaluations were conducted to survey the stink bug populations, with two samples per plot. The number of nymphs and adults of *Euschistus heros* and *Edessa meditabunda* was counted. The spacing between cotton planting rows affects stink bug populations of the species *Euschistus heros* and *Edessa meditabunda*. Increases in cotton plant density decrease the occurrence of stink bug in the plantation. The stink bug population is greater in cotton plantations with spacing of 0.90 m between planting rows.

Keywords: Narrow-row cotton. Pentatomidae. Environment.

Introduction

Plant spacing and density have been proposed for the growth of different plants; in the case of cotton, it has sought to meet specific needs regarding cultural practices, increasing yield, and decreasing production cost (BORIN et al., 2017). Several studies have addressed the decrease of space between planting rows and increase of number of plants per area. Silva et al. (2011a) found that the use of ultra-narrow-row spacing results in higher cotton yield than narrow-row and conventional

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul (IFMS), professor EBTT. izidro.lima@ifms.edu.br. Rod. BR 463, s/n, Km 14, C. P.: 287, CEP: 79909-000.

2 Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), professor titular. paulo.degrande@outlook.com.

3 IFMS, professor EBTT. elmo.melo@ifms.edu.br.

4 IFMS, professor EBTT. ligia.piletti@ifms.edu.br.

5 IFMS, professor EBTT. antonio.viegas@ifms.edu.br.

spacing, and the fiber technological characteristics are not affected by changes in spacing between planting rows.

The increase of plant populations by decreasing the spacing between rows may cause some changes in the phenotypical characteristics of cotton plants, such as decrease in number of leaves per plant, low-development leaves, and great soil shading (ROSOLEM et al., 2012). These factors can be correlated with decreases in number of reproductive structures by the plant but higher number per area; decreases in fertilization and weed control costs; and higher intercepting of solar radiation (CHIAVEGATO et al., 2010).

Changes in plant canopy caused by use of narrow-row planting system changes the microclimate on the soil surface, favoring the survival of some insects (PIERCE; MONK, 2007; MOLIN; HUGLE, 2010). Information about these changes are important to understand how microclimatic factors affect feeding behavior, dispersion, oviposition, and development of insect pests, and can contribute to the establishment of new pest management methods (PEDIGO; RICE, 2008).

The narrow-row system raises many questions regarding the favoring of populational dynamics of some Lepidoptera species, boll weevil, and Pentatomidae and Miridae stink bugs (AHMAD et al., 2009).

Pentatomidae stink bugs migrating from soybean crops seem to be favored by the narrow-row planting system due to the favorable characteristics to the reproductive stage of plants, which occurs at a short period in this system; and mainly throughout the time when cotton plants are present in the field, which can be targets for migration of large stink bug population from soybean crops at the end of cycle. Some studies on stink bugs migrant from soybean confirm that they infest cotton plantations and cause damages to them (SORIA et al., 2010), resulting in abscission of floral buds (WILLRICH et al., 2004) and small bolls (BOMMIREDDY et al., 2007), decreases in fiber quality when they attack medium to large bolls; and cotton seed yield up to 59.0% lower than plantations without stink bugs (MUSSER et al., 2008).

The first stink bugs are found in soybean crops soon after the emergence of plants; after some generations in the crop, which takes approximately 40 days each, the stink bug populations start to cause damages during the soybean reproductive period, when they are benefited by favorable climatic conditions and abundant feed, resulting in increases in their populations (SILVA et al., 2011b).

Stink bugs of the species *Euschistus heros* (FABRICIUS, 1974) (Hemiptera: Pentatomidae) and *Edessa meditabunda* (FABRICIUS, 1974) (Hemiptera: Pentatomidae) have been migrating to cotton plants in the last cotton seasons, after the soybean harvest, because cotton plants provide shelter and sources of feed that allow the maintenance and reproduction of these Pentatomidae species (AZAMBUJA, 2013). The mean longevity of *E. meditabunda* insects fed on cotton plants was 78.3 days for males and 83.5 days for females, with pre-oviposition period of 30.2 days and oviposition period of 23.2 days; and the percentage of ovipositing females was 90.0%, with a mean of 55.2 eggs laid per female and 14 eggs per laying. The viability of eggs was 56.5%, denoting that the species is capable of reproducing and generating offspring when fed on cotton plants (AZAMBUJA et al., 2015); *E. heros* presented similar results with longevity of approximately 37 days and nymph period of 41 days (AZAMBUJA, 2013).

The objective of this work was to evaluate adult and nymph stink bug populations in cotton plantations under three plant spacings and, thus, to explain the effects of the cotton narrow-row planting system on the incidence of these insect pests.

Material and methods

The experiment was conducted in the 2010/2011 cotton season at the Experimental Farm of the Federal University of Grande Dourados (UFGD), in the municipality of Dourados, MS, Brazil (22°14'05"S, 54°59'19"W, and altitude of 430 m).

The soil of the area was classified as Typic Hapludox (Latossolo Vermelho Distroférico - SiBCS) of clayey texture; it was originally under a native vegetation of the Cerrado biome. The climate of the region is Am (tropical of monsoons), according to the Koppen classification. The total annual rainfall depth in the region is 1.400 mm to 1.500 mm, and the average annual temperature is 22.0°C (Peel et al., 2007).

The experiment was implemented in an area of 2.0 ha with cotton plantations. The cotton plants were grown in three different planting systems: ultra-narrow row, narrow planting row, and conventional. The cotton seeds of the cultivar FMT 701 were sowed at the end of December 2010 with a sowing density of 9 seeds per meter; after germination, the population was 8 plants per meter in the three planting systems.

The plantation was conducted using the recommended agricultural practices for cotton in the central region of Brazil (EMBRAPA, 2011), without application of broad-spectrum insecticides to enable the establishment of the stink bugs populations in the plantations. Insecticide was used during the experiment only for control of cotton leafworm [*Alabama argillacea* (Hubner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae)] and tobacco budworm [*Heliothis virescens* (Fabricius, 1781) (Lepidoptera: Noctuidae)]; the insecticide used was lufenuron (Lufenuron 108 CE; 1.0 L ha⁻¹). The experiment was implemented at 71 days after the emergence of the plants (DAP), when they were at F2 phenological stage (MARUR; RUANO 2001).

The experiment was implemented in a randomized block design, with three cotton planting systems and eight replications, totaling 24 plots. The cotton planting systems were selected based on spacing between rows of 0.22, 0.45, and 0.90 m (TABLE 1).

Table 1 - Treatments, plant population, and space between rows of cotton plantation. Dourados, MS, Brazil, 2012.

Treatment	Population (plant ha ⁻¹)	Planting system	Space between rows (m)
1	300.000	Ultra-narrow-row	0.22
2	200.000	Narrow-row	0.45
3	100.000	Conventional	0.90

Source: Elaborated by the authors (2012).

The sample plot size was 12×12 m; each growing system had 8 plots (replications). The occurrence of stink bug populations was surveyed in 5 days throughout the cycle of the plants, with 12-day intervals between evaluations. The stink bug infestation in cotton plants occurred naturally. The infestation was evaluated using the beating cloth method, and all stink bugs present in it were counted. The beating cloth was 1.0-m length and 0.90-m width; the samples had the same proportion of sampled area in all spacings, with values adjusted by number of stink bugs per 0.90 m². Two samplings were done per plot, using as evaluation the mean number of stink bugs (nymphs and

adults) of the two samplings. After the counting, the insects were collected and taken to a laboratory for identification to the species level and, then, they were discarded.

The stink bugs found and used for evaluation were from the species *Euschistus heros* (Fabricius, 1974) (Hemiptera: Pentatomidae) and *Edessa meditabunda* (Fabricius, 1974) (Hemiptera: Pentatomidae). These species were chosen for evaluation because of their occurrence in cotton plantations (SÓRIA et al., 2010). The stink bugs were divided into nymphs and adults for counting.

Descriptive and exploratory statistical analysis was carried out, using graphs for analysis of population dynamics. The data were subjected to analysis of variance by the F test and, when significant, the means were compared by the Tukey's test at 5% significance.

Results and discussion

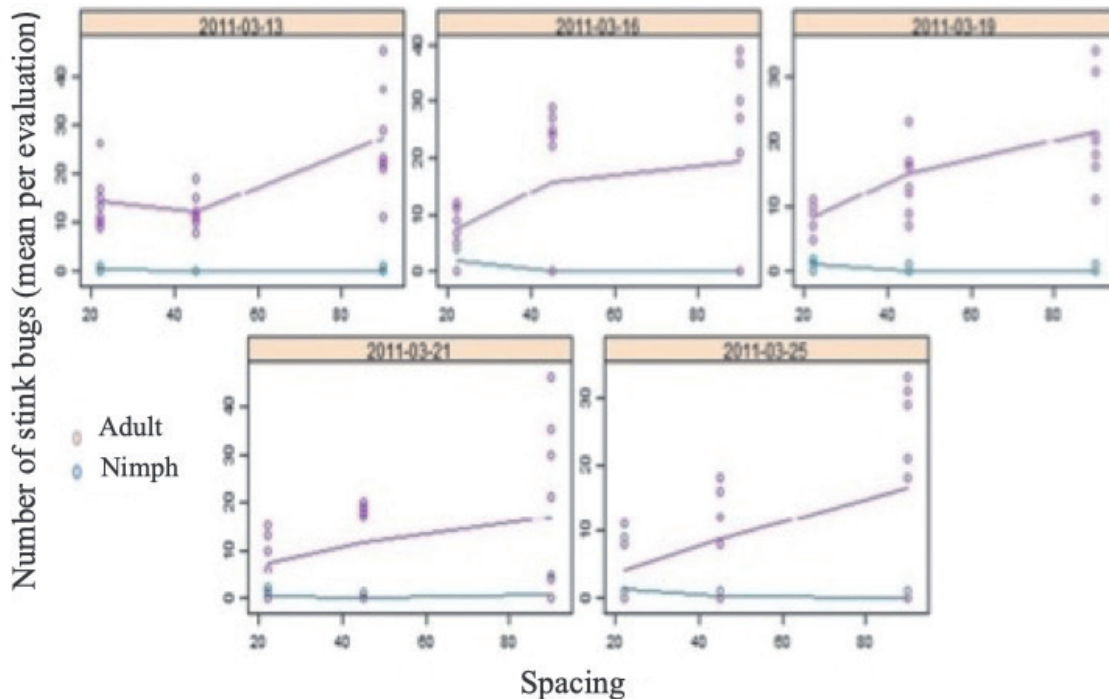
A total of 1,705 stink bugs were collected: 92% of them were from the species *Euschistus heros*, and the remainder were from the species *Edessa meditabunda*.

The number of adult stink bugs was higher than that of nymphs in all evaluations. The number of adult stink bugs increased as the spacing between planting rows was increased (FIGURE 1) (TABLE 2). This result may be due to the evaluation time, which was by the end of the soybean crop cycle in the region, making the stink bugs to migrate to cotton plantations and establish their population when they were at the initial reproduction process.

The plants grown in the narrow-row planting system presented better interception of solar radiation, which resulted in higher leaf area and faster closure of plant canopy between rows, favoring soil shading and decreasing the air temperature under the plantation canopy (SILVA et al., 2006). This may have favored the stink bug population, which presented higher number of nymphs in the planting spacing of 0.22 m.

The presence of nymphs in the evaluations indicates that the stink bugs were reproducing in the cotton plantation and were probably attracted to the spacing of 0.22 m for reproduction because of the characteristics of this plantation. The quantity of adult stink bugs depended on the planting row spacing: the population increased as the spacing between rows was increased.

Figure 1. Adult and nymph populations of stink bugs of the species *Euschistus heros* and *Edessa meditabunda* as a function of spacing between planting rows, found in five evaluations during the cotton plant cycle. Dourados, MS, Brazil, 2012.



Source: Elaborated by the authors (2012).

According to Corrêa-Ferreira and Panizzi (1999), the level for control of stink bugs in soybean crops is 4 adult stink bugs per beating cloth for plants at reproductive period; thus, the evaluations showed higher numbers than that indicated for soybean crops. This can be explained by the experiment time, when most soybean crops had already been harvested, making the cotton plants of the experimental area become attractive for most stink bugs (SORIA et al., 2010).

The adult stink bug population was statistically higher in the spacing of 0.90 m between planting rows than in the other treatments, considering the total of all evaluations. The number of adult stink bugs decreased as the spacing between planting rows decreased and the plant population increased. The number of nymph stink bugs found in the treatment 0.22-m planting row spacing was significantly different from the other treatments, presenting higher means, which indicates a preference of Pentatomidae species for oviposition in this plant spacing (TABLE 2).

The lower number of nymphs than adults in the cotton plants in all evaluations may be related to the time that stink bugs need to reach sexual maturity, and incubation of eggs (approximately 24 days). Moreover, the stink bugs were in process of migration to another plant, and they were still adapting to the new environment. The lower number of nymphs in the plots can be explained by the beginning of the diapause period of the stink bugs, when they need to store high amount of lipids to survive in the period without feed, which makes them to spend less energy for mating. Some insect-pest species, such as *Bemisia tabaci* (GENNADIUS) (Hemiptera: Aleyrodidae), *Pectinophora gossypiella*

(SAUNDERS, 1844) (Lepidoptera: Gelechiidae), and *Heliothis* spp. (Lepidoptera: Noctuidae), are not affected by plant spacing and population (AHMAD et al., 2009).

Table 2. Mean number of adult and nymph stink bugs of the species *Euschistus heros* and *Edessa meditabunda* (Pentatomidae) as a function of spacing between planting rows, considering the total of all evaluations during the cotton plant cycle. Dourados, MS, Brazil, 2012.

Spacing	Evaluation	
	Adult	Nymph
0.22 m	8.3 a*	1.0 b
0.45 m	12.7 a	0.1 a
0.90 m	20.3 b	0.2 a
F	29.32	5.64

Means followed by the same letter in the columns are not different by the Tukey's test at 5% probability.

Source: Elaborated by the authors (2012).

The comparison of the number of adult stink bugs found in each evaluation showed that in only one evaluation in the spacing of 0.90 m the mean number of number of adult stink bugs was statistically similar to that in the other spacing evaluated, although it was higher than that of the other treatments. All treatments were significantly different in the last evaluation (TABLE 3). The high number of stink bugs found in the plots may be related to the time the experiment was implemented, since the occurrence of brown stink bug population occurs from November to April, but the population peak of this insect occurs from March to April (CORRÊA-FERREIRA; PANIZZI, 1999)

E. heros insects complete approximately three generations throughout the soybean crop cycle, and after harvesting, they disperse, finishing their life cycle feeding on alternative hosts. This occurs for the whole soybean stink bug complex; after dispersion, they can infest plantations that still are at the vegetative stage, such as maize and wheat crops, or at the reproductive stage, such as cotton (PANIZZI, 2000), influenced by the plant spacing and population. Stink bugs migrate to other hosts searching for better conditions of shelter, feeding, and reproduction.

Table 3. Mean number of adult stink bugs of the species *Euschistus heros* and *Edessa meditabunda* (Pentatomidae) as a function of spacing between planting rows, in five evaluations during the cotton plant cycle. Dourados, MS, Brazil, 2012.

Spacing	Evaluation				
	03/13/11	03/16/11	03/19/11	03/21/11	03/25/11
0.22 m	14.1 a*	7.5 a	8.3 a	7.4 a	4.4 a
0.45 m	12.2 a	15.9 a	15.1 ab	17.8 ab	12.8 b
0.90 m	27.1 b	19.2 a	21.5 b	24.3 b	26.5 c
F	14.7	3.09	20.8	11.9	79.2

Means followed by the same letter in the columns are not different by the Tukey's test at 5% probability.

Source: Elaborated by the authors (2012).

The treatment with spacing of 0.22 m between planting rows presented higher number of nymph stink bugs in most evaluations, significantly differing from the treatment with spacing of 0.90 m by presenting higher number in two evaluations. The treatment with spacing of 0.90 m had higher number of nymph stink bugs in only one evaluation, at 03/21/2011 (TABLE 4). The number of nymphs was practically stable throughout the evaluations, indicating that although the adult population was high, the stink bugs were not yet reproducing. Although studies confirm the damages caused by stink bugs in cotton plants (SORIA et al., 2009; SORIA et al., 2010), their reproduction rate is not yet known.

Some discussions can be made about the low nymph population found: their infestation period, in which the population is establishing in the plantation; their non-preference feeding for cotton plants; the stink bug needs to store high lipid amounts, which prevents them to mate, making them to only finishing their life cycle with low quantity of feed, for the diapause; and females decrease their oviposition rates as their longevity increases.

Table 4. Mean number of nymph stink bugs of the species *Euschistus heros* and *Edessa meditabunda* (Pentatomidae) as a function of spacing between planting rows, in five evaluations during the cotton plant cycle. Dourados, MS, Brazil, 2012.

Spacing	Evaluation				
	03/13/11	03/16/11	03/19/11	03/21/11	03/25/11
0.22 m	0.4 a	2.0 a	1.0 a	0.5 a	1.3 b
0.45 m	0.0 a	0.0 a	0.1 b	0.1 a	0.6 ab
0.90 m	0.1 a	0.0 a	0.1 b	0.9 a	0.1 a
F	1.02	4.03	2.03	0.72	1.44

Means followed by the same letter in the columns are not different by the Tukey's test at 5% probability.

Source: Elaborated by the authors (2012).

Conclusion

The spacing between cotton planting rows affects stink bug populations of the species *Euschistus heros* and *Edessa meditabunda*;

Increases in cotton plant density decrease the occurrence of stink bug in the plantation;

The stink bug population is greater in cotton plantations with spacing of 0.90 m between planting rows;

População de percevejos em diferentes espaçamentos de cultivo de algodoeiro

Resumo

Algumas modificações nas características fenotípicas das plantas de algodão, como diminuição no número de folhas por planta, folhas com desenvolvimento reduzido e maior sombreamento do solo são causadas pelo aumento da população de plantas e diminuição no espaçamento entrelinhas. Os

percevejos migrantes da soja da família Pentatomidae aparentam ser beneficiados por este sistema adensado. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a população de percevejos adultos e ninfas em três espaçamentos de cultivo do algodão. O trabalho foi realizado na Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados no município de Dourados na safra 2010/2011. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso em três sistemas de cultivo do algodoeiro com oito repetições totalizando 24 parcelas. Os sistemas de cultivos foram divididos em relação aos espaçamentos entrelinhas: 0,22, 0,45 e 0,90 m. Foram realizadas cinco avaliações para levantamento da população de percevejos, sendo duas amostragens por parcela. Procedeu-se à contagem do número de ninfas e adultos de *Euschistus heros* e *Edessa meditabunda*. Há efeito do espaçamento sobre a população dos percevejos *Euschistus heros* e *Edessa meditabunda*. O adensamento do algodoeiro reduziu a presença de percevejo na lavoura. A população de percevejos é maior no espaçamento entrelinha de 0,90 m.

Palavras-chave: Cultivo adensado. Pentatomidae. Ambiente.

Referências

- AHMAD, A. U. H.; ALI, R.; ZAMIR, S. I.; MAHMOOD, N. Growth, yield and quality performance of cotton cultivar BH-160 (*Gossypium hirsutum* L.) as influenced by different plant spacing. **The Journal of Animal & Plant Sciences**, v. 19, n. 4, p. 189-192.
- AZAMBUJA, R.; DEGRANDE, P. E. ; SOUZA, E. P. ; PEREIRA, F. F; PASTORI, P. L. Reprodução de *Edessa meditabunda* (Hemiptera: Pentatomidae) em algodoeiro. **Acta Biologica Colombiana**, v. 20, p. 203-208, 2015.
- AZAMBUJA, R; DEGRANDE, P. E; PEREIRA, F. F. Comparative Biology of *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) feeding on Cotton and Soybean Reproductive Structures. **Neotropical Entomology**, v. 42, p. 359/365, 2013.
- BOMMIREDDY, P. L.; LEONARD, B. R.; TEMPLE, J. H. Influence of *Nezara viridula* feeding on cotton yield, fiber quality, and seed germination. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 100, p. 1560-1568, 2007.
- BORIN, A. L. D. C.; FERREIRA, A. C. B.; SOFIATTI, V.; CARVALHO, M. C. S.; MORAES, M. C. G. Produtividade do algodoeiro adensado em segunda safra em resposta à adubação nitrogenada e potássica. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 64, n. 6, p. 622-630, 2017.
- CHIAVEGATO, E. J.; SILVA, A. V.; GOTTARDO, L. C. B. Densidade e arranjo de plantas em sistema adensado. In: BELOT, J. L.; VILELA, P. A. (Org.). **O Sistema de cultivo do algodoeiro adensado em Mato Grosso**. Cuiabá: Defanti, 2010. v. 1, p. 121-134.
- CORRÊA-FERREIRA, B. S.; PANIZZI, A. R. **Percevejos da soja e seu manejo**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1999. 45p. (EMBRAPA-CNPSO. Circular Técnica, 24).

EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. **Produção sustentável de algodão**. Dourados, 2011. 27p.

MARUR, C. J.; RUANO, O. A reference system for determination of developmental stages of upland cotton. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 313-317, 2001.

MOLIN, W. T.; HUGIE, J. A. Effects of population density and nitrogen rate in ultra narrow row cotton. **SRX Agriculture**, v. 2010, n. 1, p. 1-6, 2010. DOI: 10.3814/2010/868723.

MUSSER, F. R.; KNIGHTEN, K. S.; REED, J. T. Comparison of cotton damage from tarnished plant bug (Hemiptera: Miridae) and southern green stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) adults and nymphs. **Midsouth Entomologist**, Starkville, v. 2, n. 1, p. 1-9, 2008.

PANIZZI, A. R. Suboptimal nutrition and feeding behavior of hemipterans on less preferred plant food sources. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 1-12, mar. 2000.

PEDIGO, L. P.; RICE, M. E. **Entomology and pest management**. 6. ed. Columbus: Prentice Hall, 2008. 816p.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; McMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, p. 1633-1644, 2007.

PIERCE, J. B.; MONK, P. Y. Influence of management on crop microclimate and control of cotton Bollworm, *Helicoverpa zea* Boddle. In: The world cotton research conference-4, 2007. Lubbock, TX. **Proceedings...** Disponível em: <<http://wcrc.confex.com/wcrc/2007/techprogram/P2072.HTM>>. Acesso em: 16 dez. 2012.

ROSOLEM, C. A.; ECHER, F. R.; LISBOA, I. P.; BARBOSA, T. S. Acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio pelo algodoeiro sob irrigação cultivado em sistemas convencional e adensado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 1, p. 457-466, 2012.

SILVA, A. V.; CHIAVEGATO, E. J.; CARVALHO, L. H.; KUBIAK, D. M. Crescimento e desenvolvimento do algodoeiro em diferentes configurações de semeadura. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 3, p. 407-411, 2006.

SILVA, A. V.; CHIAVEGATO, E. J.; CARVALHO, L. H.; FURLANI JUNIOR, E.; KONDO, J. I.; SALVA-TIERRA, D. K.; TISSELLI, A. C. P. C. Configurações de semeadura e produção e qualidade da fibra do algodoeiro Sowing configurations and yield and cotton fiber quality. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, p. 1709 – 1716, 2011.

SILVA, F. A. C.; CALIZOTTI, G. S.; PANIZZI, A. R. Survivorship and egg production of phytophagous pentatomids in laboratory rearing. **Neotropical Entomology**, v. 40, p. 35-38, 2011.

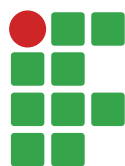
SORIA, M. F.; DEGRANDE, P. E.; PANIZZI, A. R. Algodoeiro invadido. **Revista Cultivar: Grandes Culturas**, Pelotas, v. 131, n. 1, p. 18-20, 2010.

SORIA, M. F.; THOMAZONI, D.; MARTINS, R. R.; DEGRANDE, P. E. Stink bug incidence on Bt cotton in Brazil. In: Beltwide Cotton Conferences, San Antonio. **Proceedings...**, p. 813-819, 2009.

WILLRICH, M. M.; LEONARD, B. R.; GABLE, R. H.; LAMOTTE, L. R. Boll injury and yield losses in cotton associated with brown stink bug (Heteroptera: Pentatomidae) during flowering. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 97, n. 1, p. 1928-1934, 2004.

Received: September 4, 2018

Accepted: March 20, 2019



Agronomic performance and severity of common rust in maize under different nitrogen sources

Hélcio Duarte Pereira¹

Renzo Garcia Von Pinho²

Ivan Vilela Andrade Fiorini³

Ewerton Léllys Resende⁴

Felipe Ribeiro Resende⁵

Luiz Paulo Miranda Pires⁶

Summary

Nitrogen is the most required and complex management element in maize crop, promoting the highest responses in crop yield. The objective of this work was to verify the effect of different N sources on topdressing in minimum tillage and conventional tillage systems on the agronomic performance of the Pioneer 32R22YHR single cross and on the severity of common rust disease. Two experiments were carried out in a randomized block design (DBC) in the 2013/14 crop in minimum tillage and conventional tillage systems. The treatments were: control without nitrogen, ammonium sulfate, urea, ammonium nitrate, a physical mixture of nitrate (70%) and ammonium sulfate (30%) and a chemical mixture of these same sources in the same proportion just explained. Nitrogen sources had no significant effect on plant height, ear insertion height, ear prolificacy, grain yield and leaf severity of common rust, regardless of the sowing system. Under conventional tillage, the plants presented higher plant height, ear insertion and grain yield. There was no effect of sowing systems on prolificacy. With the exception of nitrogen free treatment, for all others, the severity of common rust was higher in minimum tillage system.

Keywords: No-till. Zea mays. Puccinia sorghi. Nitrate. Ammonium.

Introduction

Among the factors that contribute to the low average maize yield in Brazil is the incorrect management of fertilizers, especially nitrogen (MEIRA et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2016; VARGAS et al., 2015). Nitrogen (N) is a strategic element in maize production and the search for more efficient sources of this nutrient has the potential to strongly impact crop production systems. N participates in many metabolic processes related to plant defense mechanisms, and can, beyond directly benefit

1 Universidade Federal de Lavras (UFLA), mestrado em Fitotecnia. Lavras, Minas Gerais. hhelciopassos@yahoo.com.br Rua Comendador José Esteves, 284, Centro, Lavras Minas Gerais, CEP 37.200-000.

2 UFLA, professor do Departamento de Agricultura UFLA. renzo@dag.ufla.br.

3 Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT) *Campus* Sinop, pesquisador associado. ivanvaf@yahoo.com.br.

4 UFLA, mestrado em Genética. ewertonlr@yahoo.com.br.

5 UFLA, graduando em Agronomia. feliperibeiroresende@gmail.com.

6 UFLA, doutorado em Fitotecnia. luizpaulo_vortex@hotmail.com.

yield, aid in disease tolerance (CHAGAS et al., 2018). N fertilization in maize is one of the main management tools to obtain high yields (MOTA et al., 2015).

N is the only one among mineral nutrients that can be absorbed by plants in two distinct forms: as NO^{-3} anion or as NH^{4+} cation (BELOW, 2002). N is a constituent of many stable compounds, including some inorganic compounds such as ammonium or nitrate salts and other organic compounds such as amino acids and nucleotides. These compounds differ deeply in their chemical properties (BLOOM, 2015).

To balance N nutritional requirements with environmental availability, plants need to modulate individual N metabolism steps such as absorption, NO^{-3} reduction, NH^{4+} assimilation, and N recycling (PRINSI; ESPEN, 2015). The dynamics of soil N is complex due to the numerous interactions with environmental factors. Thus, a better understanding of how is this behavior under prevailin cultivation conditions becomes of special importance to subsidize actions in order to improve the efficiency of N fertilization in maize crop, required in large amounts. Thus, there is interest in the use of alternative sources that enable the reduction of losses, increasing the efficiency of N use and, consequently, grain yield (SORATTO et al., 2011). The right choice of N source for maize fertilization is reflected in the profitability of the production system as a whole, taking into account not only the unit cost of fertilizer, but also the dose and its productive efficiency (SOUZA et al., 2012).

Although it is recognized that nutrition can influence the incidence of plant disease, little progress has been made in managing crop nutrition to improve phytosanitary control (WALTERS; BINGHAM, 2007). N fertilization of the plant can influence the amount and pathogenicity of the fungal spores produced and, consequently, interfere with secondary cycles of disease in the field, as in the case of leaf rusts (ABRO et al., 2013). Among them, the common rust (*Puccinia sorghi*) has prominence in corn crop due to its wide distribution and damage potential.

Riedeman and Tracy (2010) evaluated 36 important commercial maize cultivars used in the American Corn Belt from 1930 to the present and found a significant increase in resistance levels to this leaf disease ($0.05\% \text{ year}^{-1}$) at the same time as yield more than quadrupled during the period. Dey et al. (2012), in turn, found estimates of grain yield losses in cultivars susceptible to common rust ranging from 11.75 to 60.53% in tropical conditions.

Nutrient supply to plants is directly related to their vegetative development and, consequently, to the leaf area available for attack by pathogens. Pegoraro et al. (2001) state that soil fertility level is an important factor for plant predisposition to diseases. In turn, Tomazela et al. (2006) state that balanced mineral nutrition, especially regarding N, can attenuate disease severity. The objective of this work was to verify the effect of different N sources applied in topdressing, in minimum tillage and conventional tillage systems, on the agronomic performance of Pioneer 32R22YHR single cross and on the severity of common rust disease.

Material and methods

Two experiments were carried out in Lavras-MG from November 2013 to April 2014, one in conventional tillage and the other in minimum tillage system. The climate on this place is classified as mesothermic, with annual average temperatures of $19.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$, annual average precipitation of 1,411 mm, with 70.0% of this total concentrated from December to March.

The first experiment was carried out in a conventional tillage system in the experimental area of the Department of Agriculture at the campus of the Federal University of Lavras (UFLA), in a dystrophic Red Latosol (LVAd), with clay content of 54.0 dag kg^{-1} and 4.0% slope (SANTOS, 2013). The

results obtained with the chemical analysis of this soil (0-20 cm depth) were: pH in H₂O = 5.7; P = 11.1 mg dm⁻³; K = 109.0 mg dm⁻³; Ca = 39.0 mmolc dm⁻³; Mg = 12.0 mmolc dm⁻³; V% = 57.1; organic matter = 30.0 g kg⁻¹, S-SO₄⁻⁴ = 4.8 mg dm⁻³, Zn²⁺ = 5.5 mg dm⁻³, Mn²⁺ = 14.3 mg dm⁻³, Cu²⁺ = 3.0 mg dm⁻³ and B = 0.6 mg dm⁻³.

The second experiment was carried out in the experimental area of the UFLA Department of Agriculture, located in Lavras-MG in a minimum tillage system, on soil classified as Dystrophic Red Yellow Latosol (LVAd), with a clay content of 57.0 dag.kg⁻¹ and slope of 9%. The results obtained with the chemical analysis of the soil at this location (0-20 cm depth) were: pH in H₂O = 5.5; P = 4.6 mg dm⁻³; K = 72.0 mg dm⁻³; Ca = 12.0 mmolc dm⁻³; Mg = 5.0 mmolc dm⁻³; V% = 42.5; organic matter = 25.0 g kg⁻¹, S-SO₄⁻⁴ = 9.8 mg dm⁻³, Zn²⁺ = 4.3 mg dm⁻³, Mn²⁺ = 9.1 mg dm⁻³, Cu²⁺ = 1.5 mg dm⁻³ and B = 0.7 mg dm⁻³. Experimental areas in previous years had been cultivated for more than five years with maize sowing after maize and off season fallow interval.

Different sources of N applied in topdressing were evaluated when the maize plants had 4 to 6 fully expanded leaves. For all treatments the amount of N supplied was 120.0 kg ha⁻¹ aiming at good crop yield and varying the amount of N source as a function of the element content in each fertilizer. The treatments consisted of a control without N; ammonium sulfate (21.0% N); urea (45.0% N); ammonium nitrate (34.0% N); physical mixture of 70.0% and 30.0% by weight of ammonium nitrate and sulphate respectively, so that the final N content in the granule mixture was 30.0% and a chemical mixture of ready-made ammonium nitrate and sulphate, with 30.0% N content. Sowing fertilization was the same for all treatments and consisted of 450.0 kg ha⁻¹ of the formulated N-P-K 08-24-12. In addition, all treatments received 80.0 kg ha⁻¹ of KCl in topdressing, along N from the evaluated sources, which were applied to the surface as a continuous fillet beside the plants.

The genetically modified maize cultivar Pioneer 32R22YHR was used, an early single cross classified as moderately susceptible to the common rust fungus *Puccinia sorghi*, with a final population of 65,000 plants ha⁻¹ for both experiments. In the minimum tillage system, sowing was performed on 11/29/2013 and in the experiment on conventional tillage system on 12/7/2013. The areas used to carry out the experiments were desiccated with Roundup-Transorb herbicide 15 days before sowing.

The crop management was commonly performed in the region for good yield potential maize and was similar in the experiments, being performed when necessary. Weed control was carried out at a 5-leaf expanded stage using 3.0 L ha⁻¹ of atrazine mixture and 2.0 L ha⁻¹ of Roundup at 30 days after sowing. For insect control the insecticide Match was applied at a dosage of 500.0 ml ha⁻¹ at 50 days after maize emergence. The experimental design was randomized blocks (DBC) with five replications, with a draw for each experiment. The experimental plot consisted of six 0.8 m spaced rows, 5 m long, for the no-till experiment and 4 m long for the conventional tillage experiment. The two central lines were considered useful area of the plot.

The following traits were evaluated: a) Plant height (m) - measured in four plants in the useful area of the plot before harvest, from soil level to the insertion of the flag leaf; b) Ear insertion height (m) - measured in four plants in the useful area of the plot before harvest, considering the insertion height of the first ear; c) Ear prolificacy - total ears present in the useful area of the plot divided by the total plants in that area; d) Grain yield (kg ha⁻¹) - obtained based on the total grain in the useful area, adjusted to the moisture of 13.0% on a wet basis; e) Common rust severity - area under the disease progress curve (AACPD) according to the methodology of Campbell and Madden (1990).

To evaluate the severity of common rust on plants, a diagrammatic grade scale was used (AGROCERES, 1996) by analyzing four random plants in the plot in each evaluation, for a total of 5

evaluations for each experiment. The plants were subjected to the natural occurrence of rust due to disease-favorable weather conditions and evaluations began with the first symptoms of the disease in the field. For the experiment carried out under conventional tillage the evaluations occurred at 58, 69, 80, 90 and 99 days after sowing. For the minimum tillage system experiment the dates were at 67, 78, 87 98 and 103 days after sowing.

The data were subjected to the joint analysis of variance of the experiments, with application of the F test, and the means compared by Tukey test at 5.0% probability, using the R statistical software (R core Team, 2015).

Results and discussion

Table 1 presents the precipitation and average temperatures of the region, by decay (ten days periods), ranging from the beginning of the experiments until the female flowering phase of maize (R1) that occurred on 01/30/14 for the experiment in minimum tillage system and on 02/02/14 for the experiment in conventional tillage system. Note the irregularity of precipitation during the development of the maize and the tendency of rising temperatures in the considered period. This allows us to state that this was an atypical year in relation to the water regime, considering the long summer periods that occurred.

Table 1 – Climatological data of the region of the experiments in the considered period. UFLA, Lavras-MG.

Period	Decay	Precipitation (mm)	Average temperature (°C)
29/11 – 09/12	1°	89.4	23.03
09/12 – 19/12	2°	32	21.93
19/12 – 29/12	3°	53.6	22.86
29/12 – 08/01	4°	2.8	23.91
08/01 – 18/01	5°	86.9	24.07
18/01 – 28/01	6°	161.4	23.58
28/01 – 07/02	7°	0	24.75
07/02 – 17/02	8°	30.5	23.08

Source: Elaboration by authors (2015).

It can be observed from the results of the joint analysis of variance that for none of the traits evaluated there was a significant effect of the N sources studied (TABLE 2). Concerning the tillage systems only for ear prolificacy the effect was not significant, which shows significant differences between the conventional and minimum tillage systems for plant height, ear insertion height, grain yield and the severity of common rust. The validity of the joint analysis is also verified as a function of the relation between the residual mean squares of the individual analyzes. The interaction between these factors occurred only for the common rust severity. Experimental precision is classified as medium to high considering the values of the coefficient of variation (CV).

Table 2 – Summary of joint analysis of variance for plant height (AP), ear insertion height (AIE), ear prolificacy (PROL), grain yield (PROD), and common rust severity (SF) in maize.

Sources	DF	Mean Squares ⁽¹⁾				
		AP	AIE	PROL	PROD	SF
Tillage system (T)	1	0.91452*	0.30495*	0.0000408 ^{ns}	16,736,356*	5,094.5*
Sources of Nitrogen (S)	5	0.01182 ^{ns}	0.001405 ^{ns}	0.0047333 ^{ns}	1,478,277 ^{ns}	34.1 ^{ns}
T*S	5	0.00725 ^{ns}	0.001486 ^{ns}	0.0064549 ^{ns}	2,003,265 ^{ns}	249.8*
Blocks/T	8	0.03554	0.021003	0.0029179	12,574,369	124.4
Residue	40	0.0114	0.006973	0.0047995	2,418,985	83.5
CV (%)		4.14	6.78	7.25	17.00	9.40
Relation between residual MS		1.51	1.62	1.06	4.01	2.67

^{ns} and * - not significant and significant at 5% by the F test, respectively.

Source: Elaboration by authors (2015).

Carmo et al. (2012) also found no effect of N sources on sweet corn yield and development, evaluating urea and ammonium sulfate as sources of N supply. Similar result was found by Meira et al. (2009) with the cultivation of irrigated grain corn. Also evaluating N fertilization in maize on topdressing, Mota et al. (2015) found no differentiated effect on yield from the following sources: ammonium nitrate, common urea, urea with urease enzyme inhibitor and urea with ammonium nitrification inhibitor, in two years of evaluation. Results consistent with those found here were also reported by Schiavinatti et al. (2011) for plant height and main ear insertion, in two years of testing three sources of N. For grain yield only in one of the years, they found disadvantage of urea as source of N. On the other hand, Galindo et al. (2016) evaluated urea and urease inhibitor urea, associated or not with *Azospirillum brasilense* inoculation, in maize cultivated in minimum tillage system and did not find any effect of the evaluated sources on grain yield and leaf macro and micronutrient contents.

Although several studies did not report a differentiated effect between N sources, Sugiharto and Sugiyama (1992) found that when plants received N ammonium the total and messenger RNA levels of photosynthetic enzyme in C4 plants, phosphoenolpyruvate carboxylase (PEPcase), approximately twice compared to the plants receiving nitrate as a source of N, as well as the levels of amino acid Glutamine. However, these authors did not evaluate these effects until the end of the plant cycle. In any case, this suggests that there may be compensation for slower nitrate metabolism by maize plants throughout the cycle, so that the effects do not persist to physiological maturity when expressing traits such as grain yield and vegetative development. The results of this work, evaluating traits of vegetative development at the end of the maize cycle and also the yield do not prove any metabolic disadvantage of nitrate on ammonium.

Investigating the effects of N sources based on nitrate and ammonium, supplied in the vegetative phase, Prinsi and Espen (2015) verified several different physiological effects on maize plants. The overall carbon and nitrogen balance was altered as a function of the source, such as sucrose and amino acid contents, differently in roots, xylem sap and leaf tissues. Simultaneous supply of both sources yielded results suggesting a synergistic effect on plant metabolism. Thus, the authors conclude that maize plants need to adapt physiologically as a function of the N source present in the environment. Such synergistic effect of N sources did not translate into higher yield or vegetative development in

the present work, because among the tested sources there were fertilizers formed by mixture of ammonium sulfate and ammonium nitrate that did not surpass these same sources used alone.

By means of yield it is possible to verify that even the treatment without N did not differ from the other treatments (TABLE 3). This suggests favorable conditions for the crop in both experiments, as it is known that responses to N in maize are generally very pronounced and severe reductions are expected in its absence (MEIRA et al., 2009).

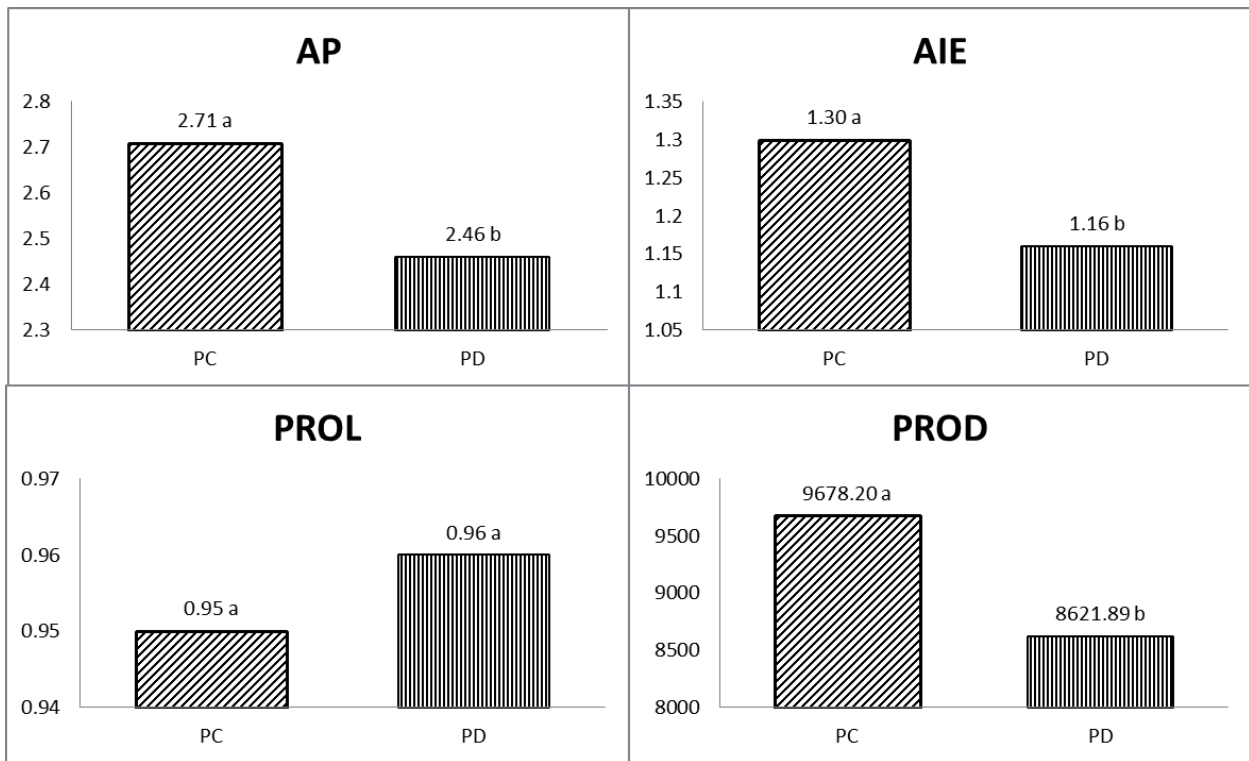
Table 3 – Average values for the traits plant height (AP), ear insertion height (AIE), ear prolificacy (PROL) and grain yield (PROD) of maize as a function of different sources of N.

Sources of Nitrogen	AP (m)	AIE (m)	PROL	PROD (kg ha ⁻¹)
No nitrogen	2.56	1.24	0.93	8,601.47
Ammonium sulfate (SA)	2.56	1.22	0.95	9,575.54
Urea	2.63	1.23	0.99	9,512.15
Ammonium nitrate (NA)	2.56	1.22	0.96	9,315.86
Physical mixture (NA + AS)	2.62	1.25	0.93	8,856.54
Chemical mixture (NA + AS)	2.55	1.23	0.97	9,038.69
F test	1.04 _{ns}	0.202 _{ns}	0.986 _{ns}	0.611 _{ns}

Source: Elaboration by authors (2015).

Mota et al. (2015) evaluating sources and doses of N in topdressing also found high yield for the treatment without N and attributed this fact to a high availability of N in the soil. Thus, favorable environmental conditions may have contributed to the lack of effect of N sources, as they make the differences between them small. Lange et al. (2008) also found no response in yield to N fertilization in maize and attribute this to the differentiated favorable conditions of the study, such as history of the area, as it must have occurred in the present work. Maize response to N fertilizer is affected by climatic and soil factors, so response curves can vary greatly between different sites. Thus, in a fertile soil with a high residual N supply, nitrogen fertilizers may have no effect or even decrease yields (BELOW, 2002). Amanullah (2014) illustrates well the variable response in harvest index and efficiency of use by maize plants to nitrogen fertilizers as a function of the source used and also the doses, year and cultivar. The work of Soratto et al. (2011) corroborate with the results presented here for the effect of N sources on maize yield. These authors did not find any difference in crop performance as a function of the N source used for topdressing. However, unlike what occurred in the present study, differential response in relation to the absence of the nutrient was verified, even using lower doses.

It was noted that the conditions in the conventional tillage system were more favorable to maize due to the better yield and vegetative development (FIGURE 1). The area managed under the minimum tillage system, although with a history of monoculture of maize, was not an area under consolidated no-tillage system with crop rotations, due to soil surface mulching conditions and crop management, which may have harmed the culture. It is known that the soil tillage system can influence N availability and its use by the crop due to the alteration of the physical properties, as well as its chemical and biotic components (BELOW, 2002).

Figure 1 - Average values for the traits plant height (AP), ear insertion height (AIE), ear prolificacy (PROL) and grain yield (PROD) of maize as a function of sowing/tillage system, conventional tillage (PC) and minimum tillage (PD).

Source: Elaboration by authors (2015).

Lange et al. (2008) state that in no-tillage system the nutrient dynamics as well as their horizontal and vertical variability are different. Oliveira et al. (2016) point out that studies with N involve different sowing/cultivation systems, climatic and soil conditions and, therefore, generalizations about N management do not fit well. For the unfolding of sowing/tillage systems within each source of N (TABLE 4), it is observed that the severity of common rust was higher under minimum tillage system, except for treatment without N. Maize remains in the area under minimum tillage and it should not be the cause of the higher severity of rust, since it is a biotrophic fungus, therefore, unaffected by crop residues as a possible source of inoculum.

Table 4 – Unfolding of nitrogen source interaction and crop tillage systems for common rust severity, as measured by area below the disease progress curve.

Sources of N	Conventional tillage	Minimum tillage
No nitrogen	95.00 a A ⁽¹⁾	93.98 a A
Ammonium sulfate (SA)	86.28 a B	107.40 a A
Urea	86.33 a B	109.30 a A
Ammonium nitrate (NA)	85.68 a B	109.98 a A
Physical mixture (SA + NA)	91.45 a B	108.65 a A
Chemical mixture (SA + NA)	83.38 a B	109.38 a A

(1) In each column, means followed by the same lower case and, in each row, higher case, do not differ at 5% probability by the Tukey test.

Source: Elaboration by authors (2015).

Prior to the installation of the experiments, there were no tiguera maize plants in the areas used under minimum and conventional tillage system, which also contributes to low inoculum source. The particular microclimate created in the area under minimum tillage system and the fact that there are other areas with maize nearby are pertinent factors to explain the higher severity of the disease in this experiment. It is intriguing that only for treatment without N there was no difference in disease severity between the two tillage systems. It could be thought that in this situation the plants had less vegetative development giving rise less leaf area for possible fungal attack, not allowing to verify the difference between the tillage systems. However, just in the minimum tillage system that the crop presented the lowest vegetative development, considering the traits of plant height and ear insertion, yet presenting higher disease severity for all other treatments. Thus, these results do not allow a direct association between vegetative development and severity of common rust in maize, as addressed by other studies.

Gomes et al. (2007) studying the management of N fertilization in maize also found no effect of N on disease severity, although based on the premise that treatments that promote greater vegetative development would have greater severity of leaf diseases, consequently. On the other hand, Pegoraro et al. (2001) attribute the non-occurrence of unbalanced nutrition to the fact that they did not verify the effect of different levels of fertilization on phaeosphaeria leaf spot severity in maize. Contrary to what was found here, Tomazela et al. (2006) found that treatments that received higher amounts of N had higher leaf area index and, simultaneously, higher incidence of tropical rust. Santos et al. (2014) attribute the higher severity of rice blast at higher N rates to the increase in leaf area and number of panicles in response to the large nutrient supply.

It is a fact that plant responses to pathogens vary from crop to crop depending on the environmental conditions, which are particular to each situation. The work of Santos et al. (2013) illustrates this case. The authors found an effect of N doses on the severity of common rust in maize only in one of the years of study, with no record of its occurrence in another year of research. Thus, there may have been insufficient pressure of this disease in the year of conducting the experiments of the present work, in such a way as to not allow verifying the effect of N sources.

Conclusions

The sources of N, at a dose of 120.0 kg ha⁻¹ applied between V4 and V6 stage, evaluated in this work do not influence the agronomic performance and severity caused by common rust in maize.

The conventional tillage system provides higher plant height, ear insertion and grain yield compared to the minimum tillage system for the conditions evaluated in this work.

The severity of common rust in maize is higher under minimum tillage system for all nitrogen sources studied, except for the absence of nitrogen.

Desempenho agronômico e severidade de ferrugem comum em milho sob diferentes fontes de nitrogênio

Resumo

O nitrogênio é o elemento mais requerido e de manejo mais complexo na cultura do milho, promovendo as maiores respostas na produtividade da cultura. Objetivou-se com este trabalho verificar o efeito de diferentes fontes de N em cobertura, em sistemas de semeadura em cultivo mínimo e semeadura em preparo convencional do solo, no desempenho agronômico do híbrido simples de milho Pioneer 32R22YHR e na severidade da doença ferrugem comum. Foram implantados dois experimentos em delineamento blocos ao acaso (DBC) na safra 2013/14 em sistemas de semeadura em cultivo mínimo e semeadura em preparo convencional do solo. Os tratamentos foram: testemunha sem N, sulfato de amônio, ureia, nitrato de amônio, uma mistura física de nitrato (70%) e sulfato de amônio (30%) e uma mistura química dessas mesmas fontes na mesma proporção. As fontes de N não tiveram efeito significativo na altura de planta, altura de inserção de espiga, prolificidade, produtividade de grãos e severidade foliar de ferrugem comum, independentemente do sistema de semeadura. Sob sistema de semeadura em preparo convencional do solo, as plantas apresentaram maior altura de planta, inserção de espiga e produtividade de grãos. Não houve efeito dos sistemas de semeadura para a prolificidade. Com exceção do tratamento sem N, para todos os demais, a severidade de ferrugem comum foi maior em sistema de semeadura em cultivo mínimo.

Palavras-chave: Plantio direto. *Zea mays*. *Puccinia sorghi*. Nitrato. Amônio.

Referências

ABRO, M. A.; LECOMPTE, F.; BRYONE, F.; NICOT, P. C. Nitrogen fertilization of the host plant influences production and pathogenicity of *Botrytis cinerea* secondary inoculum. **Phytopathology**, v. 103, n. 3, p. 261-267, 2013. DOI: 10.1094/PHYTO-08-12-0189-R

AGROCERES. **Guia agrocere de sanidade**. 2 ed. São Paulo: Sementes Agrocere S/A, 1996. 72 p.

AMANULLAH. Source and rate of nitrogen application influence agronomic N-use efficiency and harvest index in maize (*Zea mays* L) genotypes. **Maydica**, v. 59, n. 1-4, p. 81-90, 2014.

BELOW, F. E. **Fisiologia, nutrição e adubação nitrogenada do milho**. Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 99, p. 7-12, 2002.

BLOOM, A. J. The increasing importance of distinguishing among plant nitrogen sources. **Current opinion in plant biology**, v. 25, p. 10-16, 2015. DOI: 10.1016/j.pbi.2015.03.002

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to Plant Disease Epidemiology**. New York City: John Wiley & Sons, 1990.

CARMO, M. S.; CRUZ, S. C. S.; SOUZA, E. J. de; CAMPO, L. F. C.; MACHADO, C. G. Doses e fontes de Nitrogênio no desenvolvimento e produtividade da cultura de milho doce (*Zea mays* convar. *saccharata* var. *rugosa*). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 223-231, 2012.

CHAGAS, J. F. R.; SANTOS, G. R.; COSTA, R. V.; ALVES, J. F.; NASCIMENTO, I. R. Adubação nitrogenada na severidade de doenças foliares, produtividade e respostas bioquímicas em híbridos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 17, n. 1, p. 1-14, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v17n1p1-14>

DEY, U.; HARLAPUR, S. I.; DHUTRAJ, D. N.; SURYAWANSHI, A. P.; BADGUJAR, S. L.; JAGTAP, G. P.; KULDHAR, D. P. Spatiotemporal yield loss assessment in corn due to common rust caused by *Puccinia sorghi* Schw. **African Journal of Agricultural Research**, v. 7, n. 37, p. 5265-5269, 2012. DOI: 10.5897/AJAR12.1103

GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZZETTI, S.; SANTINI, J. M. K.; ALVES, C. J.; NOGUEIRA, L. M.; LUDKIEWICZ, M. G. Z.; ANDREOTTI, M.; BELLOTTE, J. L. M. Corn Yield and Foliar Diagnosis Affected by Nitrogen Fertilization and Inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 40, 2016. DOI: 10.1590/18069657rbcs20150364

GARCIA, P. L.; GONZÁLEZ-VILLALBA, H. A.; SERMARINI, R. A.; TRIVELIN, P. C. O. Nitrogen use efficiency and nutrient partitioning in maize as affected by blends of controlled-release and conventional urea. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 64, n. 14, p. 1944-1962, 2018. DOI: 10.1080/03650340.2018.1469746

GOMES, R. F.; SILVA, A. G.; ASSIS, R. L.; PIRES, F. R. Efeito de doses e da época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agrônômicos da cultura do milho sob semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 931-938, 2007. DOI: 10.1590/S0100-06832007000500010

LANGE, A.; CABEZAS, W. A. R. L.; TRIVELIN, P. C. O. Recuperação do nitrogênio das fontes sulfato e nitrato de amônio pelo milho em sistema semeadura direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n.1, p. 123-130, 2008. DOI: 10.1590/S0100-204X2008000100016

MEIRA, F. A.; BUZZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, A.; SÁ, M. E.; ANDRADE, J. A. C. Fontes e épocas de aplicação do nitrogênio na cultura do milho irrigado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 275-284, 2009. DOI: 10.5433/1679-0359.2009v30n2p275

MOTA, M. R.; SANGOI, L.; SCHENATTO, D. E.; GIORDANI, W.; BONIATTI, C. M.; DALL'IGNA, L. Fontes estabilizadas de nitrogênio como alternativa para aumentar o rendimento de grãos e a eficiência de uso do nitrogênio pelo milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 39, n. 2, p. 512-522, 2015. DOI: 10.1590/01000683rbcs20140308

OLIVEIRA, F. C.; SOUSA NETTO, M.; ARAUJO, L. S.; ALMEIDA, A. C. S.; SILVEIRA, P. M.; CUNHA, P. C. R. Corn development and production in function of sources of nitrogen fertilizers and doses. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 4, p. 812-821, 2016. DOI: 10.1590/1983-21252016v29n405rc

PEGORARO, D. G.; VACARO, E.; NUSS, C. N.; SOGLIO, F. K. D.; SERENO, M. J. C. M.; BARBOSA NETO, J. F. Efeito de época de semeadura e adubação na mancha-foliar de *Phaeosphaeria* em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 8, p. 1037-1042, 2001. DOI: 10.1590/S0100-204X2001000800005

PEREIRA, O. A. P. Doenças do milho. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. ed. **Manual de Fitopatologia. Volume 2. Doenças das Plantas Cultivadas**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. v. 2. p. 500-516.

PRINSI, B.; ESPEN, L. Mineral nitrogen sources differently affect root glutamine synthetase isoforms and amino acid balance among organs in maize. **BMC plant biology**, v. 15, n. 1, p. 1, 2015. DOI: 10.1186/s12870-015-0482-9

R CORE TEAM (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RIEDEMANN, E. S.; TRACY, W. F. Vegetative phase change characteristics and resistance to common rust of corn cultivars developed in different eras. **Crop science**, v. 50, n. 1, p. 87-92, 2010. DOI: 10.2135/cropsci2008.11.0656

SANTOS, G. R.; GAMA, F. R.; GONÇALVES, C. G.; RODRIGUES, A. C.; LEÃO, E. U.; CARDON, C. H.; BONIFÁCIO, A. Severidade de doenças foliares e produtividade de genótipos de milho em resposta à adubação nitrogenada. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 4, p. 505-513, 2013. DOI: 10.1590/S0034-737X2013000400009

SANTOS, G. R.; CASTRO NETO, M. D.; RODRIGUES, A. C.; BONIFACIO, A.; KORNDORFER, G. H. Fertilização silicatada e nitrogenada no controle da brusone do arroz em sistema irrigado. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 4, p. 103-108, 2014.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SCHIAVINATTI, A. F.; ANDREOTTI, M.; BENETT, C. G. S.; PARIZ, C. M.; LODO, B. N.; BUZETTI, S. Influência de fontes e modos de aplicação de nitrogênio nos componentes da produção e produtividade do milho irrigado no Cerrado. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 925-930, 2011. DOI: 10.1590/S0006-87052011000400027

SORATTO, R. P.; SILVA, A. H.; CARDOSO, S. M.; MENDONÇA, C. G. Doses e fontes alternativas de Nitrogênio no milho sob semeadura direta em solo arenoso. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n 1, p. 62-70, 2011. DOI: 10.1590/S1413-70542011000100007

SOUZA, J. A.; BUZETTI, S; TARSITANO, M. A. A.; VALDERRAMA, M. Lucratividade do milho em razão das fontes, doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 3, p. 321-329, 2012. DOI: 10.1590/S0034-737X2012000300005

SUGIHARTO, B.; SUGIYAMA, T. Effects of Nitrate and Ammonium on Gene Expression of Phosphoenolpyruvate Carboxylase and Nitrogen Metabolism in Maize Leaf Tissue during Recovery from Nitrogen Stress. **Plant Physiology**, v. 98, n. 4, p. 1403-1408, 1992. DOI: 10.1104/pp.98.4.1403

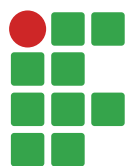
TOMAZELA, A. L.; FAVARIN, J. L.; FANCELLI, A. L.; MARTIN, T. N.; DOURADO NETO, D.; REIS, A. R. Doses de Nitrogênio e fontes de Cu e Mn suplementar sobre a severidade da ferrugem e atributos morfológicos do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 2, p. 192-201, 2006. DOI: 10.18512/1980-6477/rbms.v5n2p192-201

VARGAS, V. P.; SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; PICOLI, G. J.; CANTARELLA, H. Maize Leaf Phytotoxicity and Grain Yield are Affected by Nitrogen Source and Application Method. **Agronomy Journal**, Madison, v. 107, n. 2, p. 671-679, 2015. DOI: 10.2134/agronj14.0121

WALTERS, D. R.; BINGHAM, I. J. Influence of nutrition on disease development caused by fungal pathogens: implications for plant disease control. **Annals of Applied Biology**, v. 151, p. 307-324, 2007. DOI: 10.1111/j.1744-7348.2007.00176.x

Received: January 28, 2019

Accepted: April 8, 2019



Comparison of nonlinear models for the description of carbon mineralization in soils treated with pig slurry

Gustavo Sérgio de Paula¹

Edilson Marcelino Silva²

Thais Destefani Ribeiro Furtado³

Ariana Campos Frühauf⁴

Joel Augusto Muniz⁵

Abstract

One of the strategies to reduce environmental impacts caused by pig slurry is its application to soils for agricultural productions. Carbon mineralization curves can be used to determine the best periods for the use of organic matter for an adequate management of soils and growing plants. The objective of this study was to evaluate the fit of nonlinear models for soil carbon mineralization. The experiment was conducted using a randomized block design with four replications and four treatments. The treatments consisted of monthly applications of pig slurry at rates of 0, 7.5, 15.0, and 30.0 m³ ha⁻¹ of pig slurry. Soil samples were collected and incubated for 26 days; then, seven observations of mineralized carbon volume were made over time. The description of the carbon mineralization followed the Stanford and Smith, Cabrera, and Juma models, considering the structure of autoregressive errors AR (1), when necessary; the fits were compared using the Akaike Information Criterion (AIC). The description of carbon mineralization in the treatments by nonlinear models was, in general, adequate. Juma was the most adequate model to describe the treatment with rate of 0. Stanford and Smith was the most adequate model to describe the treatments with rates of 7.5 and 15.0 m³ ha⁻¹. Cabrera was the most adequate model to describe the treatment with rate of 30.0 m³ ha⁻¹.

Keywords: Organic waste. Stanford and Smith model. Cabrera model. Juma model.

Introduction

Pig production is relevant in the Brazilian agrobusiness due to the high number of people employed in this production chain and the expressive generation of income for producers and exports to the country. Brazil is the fourth largest pig meat producer and exporter country (CONAB, 2017; GUIMARÃES et al., 2017). Its high pig production generates a large amount of liquid wastes, which can cause several environmental problems when not appropriately used or disposed, such as contamination of water bodies and public health problems due to the release of substances, such as nitrate in water courses (CADONÁ, 2017).

1 Universidade Federal de Lavras (UFLA), graduando em Agronomia. gustavo.paula1@agronomia.ufla.br. Departamento de Estatística, Campus Universitário da UFLA, Lavras, Minas Gerais, CEP 37200-000.

2 UFLA, doutorando em Estatística e Experimentação Agropecuária. edilsonmg3@hotmail.com.

3 UFLA, doutoranda em Estatística e Experimentação Agropecuária. t.destefani.ribeiro@gmail.com.

4 UFLA, doutoranda em Estatística e Experimentação Agropecuária. arianafruhauf@gmail.com.

5 UFLA, professor titular. joamuniz@des.ufla.br.

However, an alternative for the use of pig slurry to decrease its environmental impacts is its use as a source of nutrients to agricultural crops. The chemical composition of pig slurry includes a large amount of nitrogen, which is required in large amounts by plants (BISON PINTO et al., 2014). Moreover, the input of organic compounds to the soil stimulates the growth of microorganism populations, resulting in carbon immobilization or mineralization as carbon dioxide; and the amount and quality of the substrate and its interaction with the soil microbiota can result in mineralization of the native soil organic matter (FERNANDES et al., 2011).

Several factors affect the decomposition process of organic compounds in the soil, such as the relation between the compound pH and soil pH, the compound chemical composition, the amount of carbon, the C to N ratio, and the form of application to the soil (e.g. incorporation). Most of the carbon mineralization occurs, in general, at the beginning of the decomposition of organic compounds in the soil because of a greater soluble fraction with labile compounds in this period; when this fraction decreases, the mineralization is slower because of the more resistant compounds to microorganisms (GIACOMINI et al., 2008). This dynamic of the mineralization curve can be described by mathematical functions that constitute nonlinear regression models (FERNANDES et al., 2011; SILVA et al., 2019a).

Thus, studying carbon mineralization curves over time is important and necessary to understand the decomposition dynamics of organic compounds that can assist in more favorable soil management practices for agricultural production. Nonlinear models are used to describe carbon mineralization curves; they provide a good fit and gather the information contained in the data into few parameters, providing estimates with biological and practical interpretations, which are useful to rural producers (SILVEIRA et al., 2018).

One of the most used nonlinear models to describe soil carbon mineralization over time is the Stanford and Smith (1972). This model was used in several studies on dynamics of carbon, presenting good results in researches on eucalyptus plantations (BARRETO et al., 2010), tannery sludge (MARTINES et al., 2006), septic tank sludge, anaerobic digester sludge, reactor sludge (SILVA, 2017), carcass and residue of small ruminants (PEREIRA, 2014), pig slurry and oat plant residues (SILVA et al., 2019a), and sewage sludge and oat plant residues (SILVA et al., 2019b).

In studies on nonlinear models with measures in the same experimental unities over time, observations normally present correlations, which also occurs in studies of decompositions in soils (SILVA et al., 2019a), presenting structures of dependence in the experimental errors. According to Silveira et al. (2018), considering the modeling of this correlation is necessary to obtain an appropriate fit.

The objective of the present work was to evaluate the fit of nonlinear regression Models Cabrera (1993), Juma et al. (1984), and Stanford and Smith (1972) for the description of carbon mineralization in soils from the 2nd to the 26th day after pig slurry application, and to identify the most adequate model to describe the dynamics of decomposition of organic compounds in the soil.

Material and methods

The data used to fit the models were extracted from Fernandes et al. (2011) and correspond to mean results of an experiment that evaluated carbon mineralization in soils using different rates of pig slurry. The experiment was conducted in São Gabriel do Oeste, MS, Brazil. The soil of the area was classified as a Typic Hapludox (Latossolo Vermelho Distrófico - SiBCS); it was covered with pastures

for bovine milk production. Soil samples were collected from the 0-10 cm layer. The pig slurry used consisted of feces and urine, feed leftovers, and water from the drinkers and cleaning processes.

The experiment was conducted in a randomized block experimental design, with four treatments and four replications. The treatments consisted of monthly applications of pig slurry at rates of 0, 7.5, 15.0, and 30.0 m³ ha⁻¹ of pig slurry. The carbon mineralization (C) data was obtained in laboratory conditions by measuring the C released by the soil microbial activity as carbon dioxide (CO₂). The soil samples were air dried and sieved (2.0 mm mesh). Aliquots of 50.0 g of soil were placed in 100.0-ml flasks. The soil moisture was corrected to 60.0% of maximum water retention capacity. The amount of mineralized carbon was evaluated after 2, 6, 9, 13, 16, 22, and 26 days of incubation.

The nonlinear models evaluated were: Cabrera (1), Juma (2), and Stanford and Smith (3), according to the following equations:

$$C_i = C_1(1 - \exp(-k_1 t_i)) + k_0 t_i + u_i \quad (1)$$

$$C_i = C_0 t_i / (v + t_i) + u_i \quad (2)$$

$$C_i = C_0(1 - \exp(-k t_i)) + u_i \quad (3)$$

at which

$u_i = \phi_1 u_{i-1} + \dots + \phi_p u_{i-p} + \varepsilon_i$, with $i = 1, 2, \dots, n$ (n = number of evaluation times);

u_i is the residue of the fit in the i th time;

ϕ_1 is the autoregressive parameter of order 1;

u_{i-1} is the residue of the fit of the preceding time to the i th measure;

ϕ_p is the autoregressive parameter of order p ;

u_{i-p} is the residue of the fit in the p times before the i th measure;

ε_i is the experimental error, with normal distribution with mean zero and variance σ^2 , e. g., $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$.

When the residues in the models were independent, the parameters ϕ_i were null and, consequently, $u_i = \varepsilon_i$ (MAZZINI et al., 2003; GUEDES et al., 2004, SAVIAN et al., 2007; MENDES et al., 2008; PRADO et al., 2013; SOUZA et al., 2014).

The C_i in the equations (1), (2), and (3) defines the mean value of the amount of mineralized carbon in the times t_i in days; C_0 indicates the value of the amount of potentially mineralizable carbon; C_1 is the amount of easily mineralizable carbon; k , k_1 , k_0 are mineralization rates; v is the half-life time; t_i is the time of the i th evaluation, expressed in days (PEREIRA et al., 2005; PEREIRA et al., 2009). The half-life time (v) of potentially mineralizable carbon for the Stanford and Smith model, and of easily mineralizable carbon for the Cabrera model was estimated by $v = \ln(2)/k$, and $v = \ln(2)/k_1$, respectively. When the parameter k_0 of the Cabrera model was zero, the model became the Stanford and Smith model. Moreover, the Cabrera model considers two carbon fractions: an easily mineralizable (C_1) and a resistant (k_0) fraction. The Juma model and the Stanford and Smith model consider only one carbon fraction: potentially mineralizable fraction (C_0).

The estimation of the parameters C_0 , C_1 , k , k_1 , k_0 , and v of the models was done using the minimum square method, obtaining the nonlinear normal equation system. In the case of nonlinear models, the system presents no direct solution, and use of iterative algorithms of numerical search is necessary to obtain the estimates of the parameters (CARNEIRO et al., 2014; MUIANGA et al.,

2016). Several iterative processes are described in the literature; the one used in the present work was the Gauss-Newton algorithm (MUNIZ et al., 2017; RIBEIRO et al., 2018a; RIBEIRO et al., 2018b). This algorithm considers the expansion in series of Taylor to approach the nonlinear regression model with linear terms, then, applying the ordinary minimum square method to estimate the parameters. The calculations of estimates for the sampled data, their fit to graphics, and all computational processes involved with the elaboration of this work were developed using the R program (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2016).

Confidence intervals of the estimated parameters were obtained under the supposition of normality of residues. According to Draper and Smith (2014), an interval of 95% of confidence for the parameter β_i of the model is defined as:

$$IC(\beta_i) : b_i \pm t(v;0;025).S(b_i) \quad (4)$$

at which:

b_i is the estimate for the parameter (β_i);

$S(b_i)$ is the standard error of the estimate;

$t(v;0;025)$ is the upper quantile of the Student t distribution, considering $\alpha = 5\%$ and the degrees of freedom $v = n - d$, at which d is the number of parameters of the model.

The Durbin Watson test was applied to verify the presence of residual dependence between the measures, evaluating if the residue of an observation is associated with the residue of the adjacent observations (FURTADO et al., 2019). The Breusch-Pagam test was used to verify the homogeneity of residues, and the Shapiro-Wilk test was used to verify their normality.

The models were compared for quality of fit, and the most adequate model to describe the C mineralization curve over time was indicated. The following criteria was used:

i . Adjusted coefficient of determination, R^2_{aj} , defined by:

$$R^2_{aj} = 1 - \frac{(1-R^2)(n-1)}{n-d}; \quad (5)$$

at which

R^2 the coefficient of determination;

n is the number of observations and d is the number of parameters of the model.

A model should be preferred than the other when presenting a higher value of AIC.

ii. Akaike information criterion (AIC) given by the expression:

$$AIC = -2\log L(\tilde{\theta}) + 2p \quad (6)$$

at which

$L(\tilde{\theta})$ is the maximum of the likelihood function;

p is the number of parameters in the model;

\log is the natural logarithm operator. Between two models, the lower the value of AIC, the better the model fits the data.

Results and discussion

The results obtained by analysis of experimental errors (TABLE 1) were expressed by the Shapiro-Wilk, Breusch-Pagan, and Durbin-Watson tests. According to the results, the Shapiro-Wilk test indicated residual normality for all models and all treatments evaluated, except for the treatment with pig slurry rate of 0 of the Stanford and Smith model ($p < 0.05$); thus, this model was disregarded, and the estimates of the parameters were not presented, as well as the evaluators of quality of fit of this model for the rate of 0. The Breusch-Pagan test indicated residual homogeneity for all models and treatments ($p > 0.05$). The Durbin-Watson test showed correlations for all treatments of the Juma model, and for the treatment with rate of $30.0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ of the Cabrera model; thus, the correlation was considered in the study and the fits with autoregressive errors of order 1 AR(1) was presented to explain the dependence of residues of these treatments. This correlation of the errors was expected, since the measures were made in the same plot over time. Silva et al. (2019a) also found correlation for the fit of nonlinear models to data of carbon mineralization from pig slurry; and Silveira et al. (2018) found correlation of errors when fitting nonlinear models to accumulated production of biogas from pig waste. The treatments evaluated by the Stanford and Smith model and Cabrera model presented independence of errors in the pig slurry rates of 0, 7.5, and $15.0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

Table 1 – P-values of Shapiro-Wilk (SW), Durbin-Watson (DW), and Breusch-Pagan (BP) tests applied to errors of models for mineralized carbon ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1}$) of the evaluated treatments.

Treatments (Rate of slurry)	Model	SW p-value	BP p-value	DW p-value
0	Stanford and Smith	0.0172	0.7773	0.6880
0	Cabrera	0.3564	0.2199	0.9240
0	Juma	0.4946	0.1730	0.0220
7.5	Stanford and Smith	0.4235	0.0824	0.0620
7.5	Cabrera	0.6256	0.1797	0.1280
7.5	Juma	0.3216	0.1876	0.0120
15	Stanford and Smith	0.7274	0.1939	0.7220
15	Cabrera	0.6247	0.2079	0.7020
15	Juma	0.3421	0.2237	0.0100
30	Stanford and Smith	0.5128	0.8778	0.6260
30	Cabrera	0.2637	0.1472	0.0200
30	Juma	0.3857	0.1469	0.0200

Source: Elaborated by the authors (2019).

The estimates of parameters of models and their respective confidence intervals at 95% probability are presented in Table 2. The estimate of confidence interval of parameter k_0 of the Cabrera model for the rates of 0, 7.5, and $15 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ included the value zero. According to Zeviani et al. (2012), this result indicates that the parameter value is zero, therefore, the model did not fit for these treatments; when the parameter k_0 is not considered, the model reduces itself to the Stanford and Smith model, with only one fraction of carbon (potentially mineralizable fraction). For the rate of 30 of the Cabrera model, the estimates of confidence intervals showed that all parameters of the model did not include the value zero, showing that the model describes the treatment, and the half-life time

(v) of easily mineralizable carbon was estimated in 2.5 days (table 2). Only this treatment presented two mineralization phases, an easily mineralizable (C_1) and a resistant phase (k_0). Silva et al. (2019a) found that the Cabrera model was more adequate for the use of pig slurry at rates of $20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, incorporated to the soil; thus, the treatment presented two phases of carbon mineralization.

Table 2 – Estimates of the parameters of the models, and their respective asymptotic confidence intervals of 95% (LL = lower limit, and UL = upper limit) in the fit of mineralized C ($\text{mg of CO}_2 \text{ kg}^{-1}$) of the evaluated treatments.

Stanford and Smith Model							
Rate 0				Rate 7.5			
	LL	Estimates	UL		LL	Estimates	UL
C_0	--	--	--	C_0	93.6419	94.9092	96.1986
k	--	--	--	k	0.2499	0.2643	0.2798
v	--	--	--	v	2.4772	2.6225	2.7736
Rate 15				Rate 30			
	LL	Estimates	UL		LL	Estimates	UL
C_0	97.3797	97.9326	98.4894	C_0	100.8229	101.4000	101.9444
k	0.2627	0.2690	0.2755	k	0.2586	0.2647	0.2709
v	2.5159	2.5767	2.6385	v	2.5586	2.6186	2.6803
Cabrera Model							
Rate 0				Rate 7.5			
	LL	Estimates	UL		LL	Estimates	UL
C_1	87.0386	91.5985	96.8376	C_1	88.1567	91.5890	95.3962
k_0	-0.2614	0.0285	0.1813	k_0	-0.0177	0.1539	0.3129
k_1	0.2443	0.2694	0.2964	k_1	0.2598	0.2800	0.3013
v	2.3386	2.5729	2.8372	v	2.3005	2.4755	2.6680
Rate 15				Rate 30			
	LL	Estimates	UL		LL	Estimates	UL
C_1	95.2927	98.3546	101.6897	C_1	98.8410	100.0313	100.2218
k_0	-0.1682	-0.0195	0.1199	k_0	0.0548	0.0638	0.0726
k_1	0.2518	0.2672	0.2832	k_1	0.2692	0.2702	0.2711
v	2.4476	2.5941	2.7528	v	2.5568	2.5653	2.5748
				ϕ		-0.9544	

Juma Model							
Rate 0				Rate 7.5			
	LL	Estimates	UL		LL	Estimates	UL
C_0	95.1644	105.4848	115.8052	C_0	101.679	110.0563	118.4334
v	1.7842	3.0315	4.2789	v	2.1089	3.0908	4.0727
ϕ		0.3152		ϕ		0.3056	
Rate 15				Rate 30			
	LL	Estimates	UL		LL	Estimates	UL
C_0	102.9182	113.4426	123.9671	C_0	107.5219	117.7371	127.9524
v	1.8619	3.0481	4.2344	v	1.9906	3.1155	4.2403
ϕ		0.3190		ϕ		0.2985	

Source: Elaborated by the authors (2019).

The Stanford and Smith model fitted to the rates of 7.5, 15.0, and 30.0 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$, and the Juma model fitted to the data of the four treatments, since the estimates of confidence intervals showed that all parameters of the model did not include the value zero.

Considering the confidence intervals to estimate the parameter C_0 in the Stanford and Smith model, there was no superposition between confidence intervals in the treatments with rates of 7.5, 15.0, and 30.0 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$. Thus, the rate of 30.0 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ presented higher potentially mineralizable carbon than the rates of 15.0 and 7.5 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$; and the rate of 15.0 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ had higher potentially mineralizable carbon than the rate of 7.5 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$. These results were expected, since a higher rate can stimulate the microbial activity, increasing the mineralization of the carbon added to the soil and the degradation of the native soil organic matter (FERNANDES et al., 2011). Despite the differences in amount of potentially mineralizable carbon (C_0), the parameter half-life time (v) of all treatments in the Stanford and Smith model had superposition of confidence intervals, showing that all treatments needed approximately 2.6 days to mineralize half of the potentially mineralizable carbon.

Superposition was found in the Juma model when considering the confidence intervals for the estimate of the parameter C_0 in all treatments; thus, all treatments presented the same amount of potentially mineralizable carbon. Although the amount of carbon added was different, this factor alone does not totally explain the complexity in the soil ecosystem, where several other factors, such as C to N ratio and the type of N ions, can affect the carbon mineralization by microorganisms (FERNANDES et al., 2011). Superposition was found between the confidence intervals of the parameter half-life time (v) in all treatments of the model; as well as the Stanford and Smith model, this indicates that all treatments needed approximately 3 days to decompose half of the potentially mineralizable carbon.

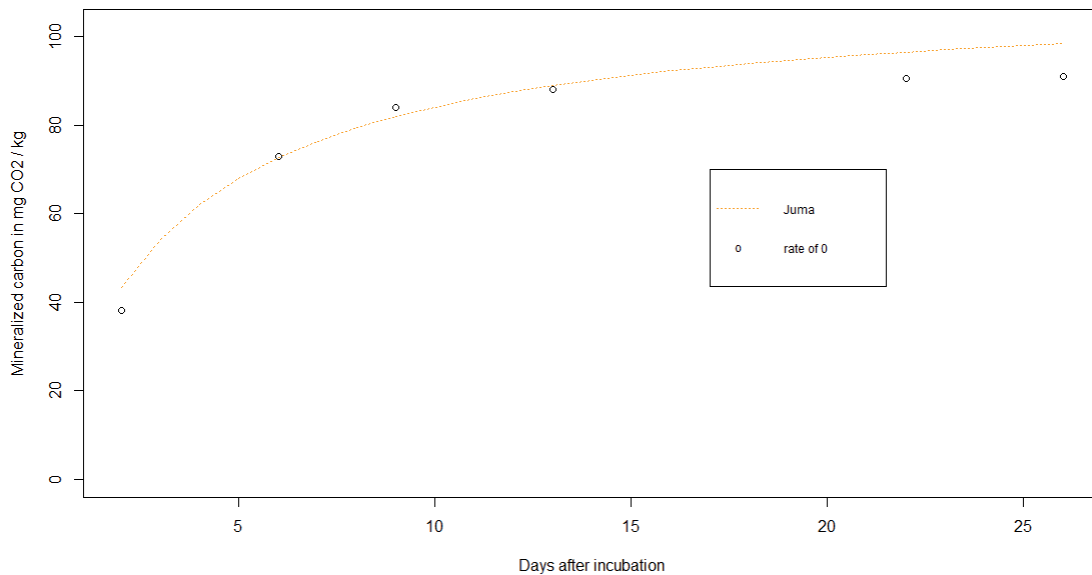
All models presented, in general, good fit in all treatments, since the values of the adjusted coefficient of determination (R^2_{aj}) were above 94% (TABLE 3). The fits are shown in Figures 1 to 4. Silva et al. (2019a) studied the fit of the nonlinear models (Stanford and Smith, and Cabrera) for carbon mineralization from pig slurry and oat plant residues in soils and found R^2_{aj} values higher than 0.97, indicating that the models describe adequately the data. For the rate of 0, Juma was the only model that described the carbon mineralization. For the rates of 7.5 and 15.0 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$, Stanford and Smith was the model that best described the carbon mineralization, which presented lower AIC values and higher R^2_{aj} values than the Juma model. For the rate of 30.0 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$, Cabrera was the model that best described the carbon mineralization, presenting the lowest AIC and the highest R^2_{aj} , followed by the Stanford and Smith model and Juma model.

Table 3 – Estimates of selection criteria: adjusted coefficient of determination (R^2_{aj}) and Akaike information criterion (AIC) for the fitted models for the description of mineralized carbon ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1}$) of the evaluated treatments.

Treatments	Model	Selection criteria	
		R^2_{aj}	AIC
Rate 0	Stanford and Smith	0.9993	12.4458
	Cabrera	0.9992	14.1103
	Juma	0.9482	39.5166
Rate 7.5	Stanford and Smith	0.9988	16.9311
	Cabrera	0.9995	11.0225
	Juma	0.9701	36.9607
Rate 15.0	Stanford and Smith	0.9997	7.1026
	Cabrera	0.9997	8.7364
	Juma	0.9544	39.6909
Rate 30.0	Stanford and Smith	0.9998	7.1097
	Cabrera	0.9999	1.5950
	Juma	0.9610	37.3420

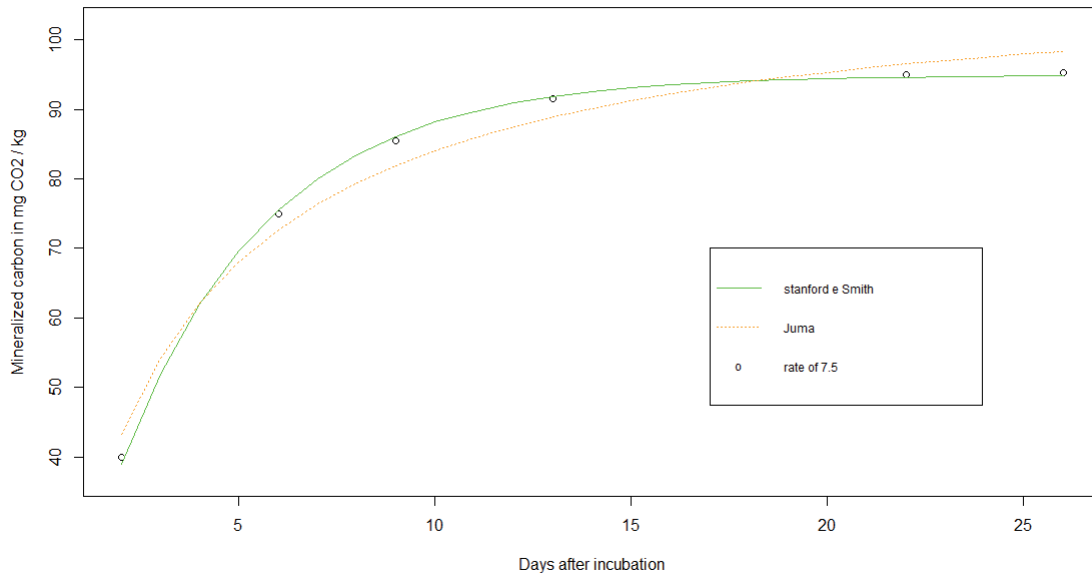
Source: Elaborated by the authors (2019).

Figure 1 – Fitted model for carbon mineralization ($\text{mg of CO}_2 \text{ kg}^{-1}$) as a function of time of incubation, at the rate of $0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ of pig slurry.



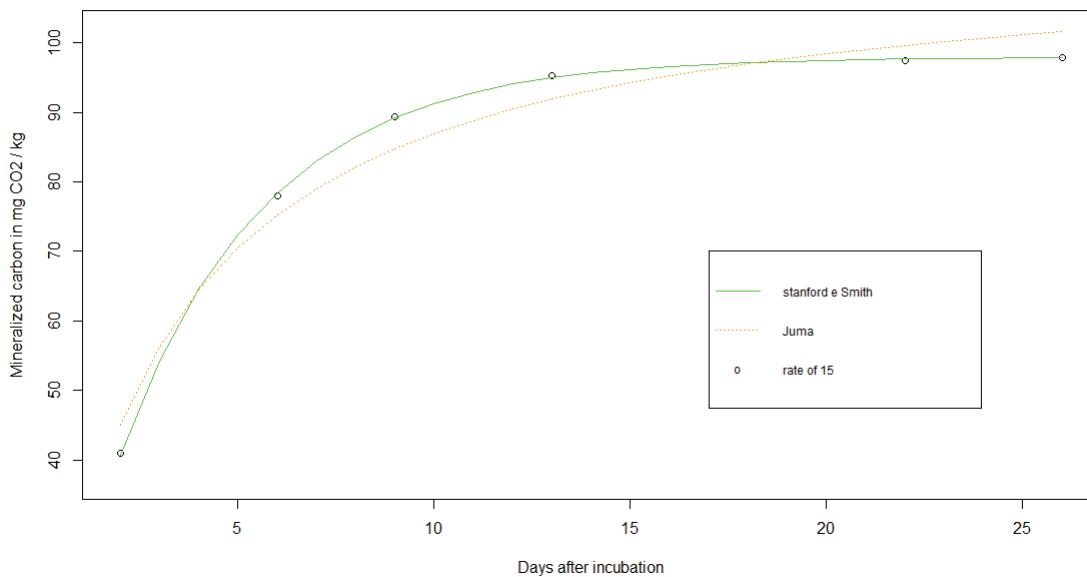
Source: Elaborated by the authors (2019).

Figure 2 – Fitted model for carbon mineralization (mg of CO₂ kg⁻¹) as a function of time of incubation, at the rate of 7.5 m³ ha⁻¹ of pig slurry.



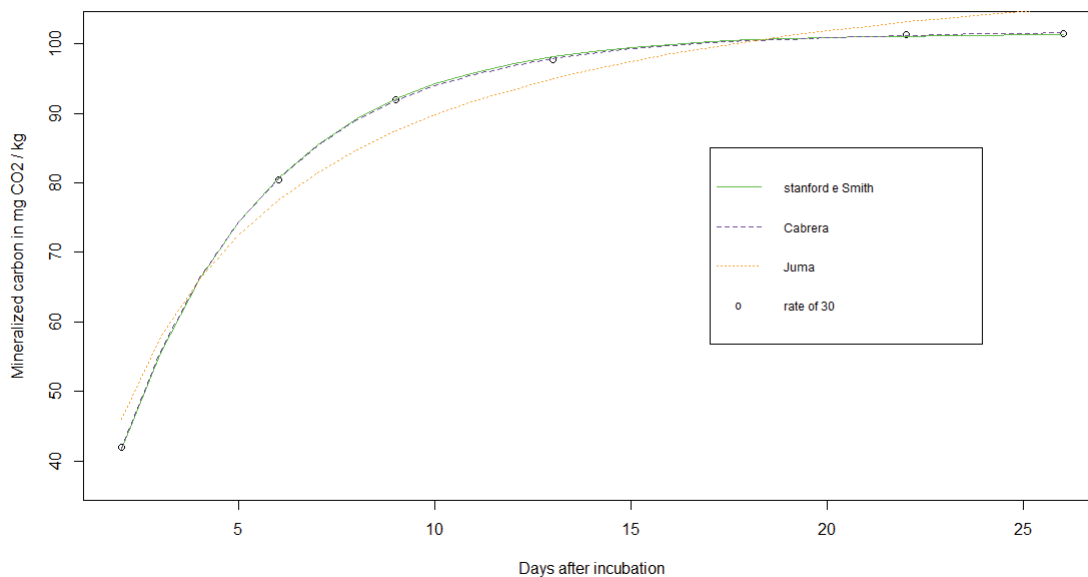
Source: Elaborated by the authors (2019).

Figure 3 – Fitted model for carbon mineralization (mg of CO₂ kg⁻¹) as a function of time of incubation, at the rate of 15.0 m³ ha⁻¹ of pig slurry.



Source: Elaborated by the authors (2019).

Figure 4 – Fitted model for carbon mineralization (mg of CO₂ kg⁻¹) as a function of time of incubation, at the rate of 30.0 m³ ha⁻¹ of pig slurry.



Source: Elaborated by the authors (2019).

Conclusions

Juma was the most adequate model for the description of carbon mineralization in the treatment with pig slurry at rate of 0 m³ ha⁻¹, thus, this treatment presents only one fraction of carbon that is mineralizable.

Stanford and Smith was the best model for the description of carbon mineralization in the treatments with pig slurry at rates of 7.5 m³ ha⁻¹ and 15 m³ ha⁻¹, i.e., these treatments presented only carbon fractions that are exponentially mineralized.

Cabrera was the most adequate model to describe carbon mineralization in the treatment with pig slurry at rate of 30.0 m³ ha⁻¹, thus, this treatment certainly presents fractions of mineralizable carbon with exponential behavior, and more resistant fractions with constant mineralization.

Comparação de modelos não lineares na descrição da mineralização do carbono no solo tratado com dejetos de suínos

Resumo

Uma estratégia para reduzir os impactos ambientais causados por dejetos de suínos consiste em utilizar esses resíduos em solos para produção de culturas agrícolas. Por meio das curvas de mineralização de carbono é possível determinar os melhores períodos para utilização da matéria orgânica visando ao manejo adequado do solo e das culturas. Objetivou-se com este estudo comparar

o ajuste de modelos não lineares que descrevem a mineralização de carbono no solo. O experimento foi realizado usando o delineamento blocos ao acaso com quatro repetições e quatro tratamentos. Foram usados os seguintes tratamentos: sem adição (0), doses mensais de 7,5; 15,0 e 30,0 m³ ha⁻¹ de dejetos de suínos. As amostras de solo coletadas foram incubadas por 26 dias e foram feitas sete observações do volume de carbono mineralizado ao longo do tempo. A descrição da mineralização do carbono foi feita pelos modelos Stanford e Smith, Cabrera e Juma, considerando estrutura de erros autorregressivos AR (1) quando necessário. Para comparar os ajustes foi utilizado o critério de informação Akaike (AIC). Em geral, a descrição da mineralização de carbono nos tratamentos pelos modelos não lineares foi adequada. O modelo Juma foi o mais adequado para descrever o tratamento de dose 0. O modelo Stanford e Smith foi o mais adequado para descrever os tratamentos de dose 7,5 e 15,0 m³ ha⁻¹. O modelo Cabrera foi o mais adequado para descrever o tratamento de dose 30,0 m³ ha⁻¹.

Palavras-chave: Resíduo orgânico. Modelo Stanford e Smith. Modelo Cabrera. Modelo Juma.

References

BARRETO, P. A. B.; RODRIGUES, E. F. G.; RODRIGUES, A. C. G.; BARROS, N. F.; ALVES, B. J. R.; FONSECA, S. Mineralização de nitrogênio e carbono em solos sob plantações de eucalipto, em uma sequência de idades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 735-745, jun. 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832010000300015&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 14 jan. 2019.

BISON PINTO, M. A.; FABBRIS, C.; BASSO, C. J.; SANTI, A. L.; GIROTTO, E. Aplicação de dejetos líquido de suínos e manejo do solo na sucessão aveia/milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 2, p. 205-212, abr./jun. 2014. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/25759/16779>. Acesso em: 14 jan. 2019.

CABRERA, M. L. Modeling the flush of nitrogen mineralization caused by drying and rewetting soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 57, p. 63-66, 1993.

CADONÁ, E. A. **Contaminação da água pelo uso agrícola de dejetos de suínos na bacia hidrográfica rio coruja/bonito, braço do Norte/SC**. 2017. 127 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

CARNEIRO, A. P. S.; MUNIZ, J.A; CARNEIRO, P.L.S; MALHADO, C.H.M.M; MARTINS FILHO, R.; SILVA, F.F. Identidade de modelos não lineares para comparar curvas de crescimento de bovinos da raça Tabapuã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n. 1, p. 57-62, 2014. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/18183>. Acesso em: 14 jan 2019.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Análise mensal de carne suína**, dezembro/2017, 5 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-carne-suina>. Acesso em: 14 jan 2020.

- DRAPER, N. R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. 3rd ed., reprint. New York: J. Wiley; 2014.
- FERNANDES, A. H. B. M.; CARDOSO, M. A.; SOUZA, R. A. C.; FERNANDES, F. A.; SOARES, M. T. S.; CRISPIM, S. M. A.; GALVANI, F.; LISITA, F. O. **Nitrificação e Mineralização de Carbono em Solos Tratados com Dejetos de Suínos Biodigeridos**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2011.
- FURTADO, T. D. R.; MUNIZ, J. A.; SILVA, E. M.; FERNANDES, J. G. Drying kinetics of jaboticaba pulp by regression models. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 41, n. 1, p. e-097, 2019.
- GUEDES, M. H. P.; MUNIZ, J. A.; PEREZ, J. R. O.; SILVA, F. F.; AQUINO, L. H.; SANTOS, C. L. Estudo das curvas de crescimento de cordeiros das raças Santa Inês e Bergamácia considerando Heterogeneidade de variâncias. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 2, p. 381-388, mar./abr. 2004. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542004000200019&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 15 jan. 2019.
- GUIMARÃES, D. D.; AMARAL, G. F.; MAIA, G. B. S.; LEMOS, M. L. F.; ITO, M.; CUSTODIO, S. **Suinocultura: estrutura da cadeia produtiva, panorama do setor no brasil e no mundo e o apoio do BNDES**. Agroindústria, 2017.
- JUMA, N. G.; PAUL, E. A.; MARY, B. Kinetic analysis of net mineralization in soil. **Soil Science Society of America Journal**, v. 48, p. 465-472, 1984.
- MARTINES, A. M.; ANDRADE, C. A.; CARDOSO, E. J. B. N. Mineralização do carbono orgânico em solos tratados com lodo de curtume. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 7, p. 1149-1155, jul. 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2006000700011&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 14 jan. 2019.
- MAZZINI, A. R. A.; MUNIZ, J. A.; AQUINO, L. H.; SILVA, F. F. Análise da curva de crescimento de machos Hereford. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 5, p. 1105-1112, 2003.
- MENDES, P. N.; MUNIZ, J. A.; SILVA, F. F.; MAZZINI, A. R. A. Modelo Logístico difásico no estudo do crescimento de fêmeas da raça Hereford. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 7, p. 1984-1990, 2008.
- MUIANGA, C. A.; MUNIZ, J. A.; NASCIMENTO, M. S.; FERNANDES, T. J.; SAVIAN, T. V. Descrição da curva de crescimento de frutos do cajueiro por modelos não lineares. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 38, n. 1, p. 22-32, 2016.
- MUNIZ, J. A.; NASCIMENTO, M. S.; FERNANDES, T. J. Nonlinear models for description of cacao fruit growth with assumption violations. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 1, p. 250-257, 2017.
- PEREIRA, J. M.; MUNIZ, J. A.; SILVA, C. A. Nonlinear models to predict nitrogen mineralization in an Oxisol. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 4, p. 395-400, ago. 2005. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162005000400014&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 15 jan. 2019.

PEREIRA, J. M.; MUNIZ, J. A.; SAFADI, T.; SILVA, C. A. Comparação entre modelos para predição do nitrogênio mineralizado: uma abordagem bayesiana. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 33, p. 1792-1797, 2009.

PEREIRA, M. S. **Avaliação das taxas de mineralização de carbono e nitrogênio do composto orgânico proveniente de carcaça e despojo de pequenos ruminantes**. 2014. 48 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

PRADO, T. K. L.; SAVIAN, T. V.; MUNIZ, J. A. Ajuste dos modelos Gompertz e Logístico aos dados de crescimento de frutos de coqueiro anão verde. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 5, p. 803-809, maio 2013.

RIBEIRO, T. D.; SAVIAN, T. V.; FERNANDES, T. J.; MUNIZ, J. A. The use of the nonlinear models in the growth of pears of 'Shinseiki' cultivar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 48, n. 1, e20161097, jan. 2018 (a). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20161097>. Acesso em: 16 jan. 2019.

RIBEIRO, T. D.; PACOPAHYBA, R. W. M.; MORAIS, A. R.; MUNIZ, J. M. Description of the growth of pequi fruits by nonlinear models. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 40, n. 4, p. e-949, 2018 (b). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452018949>. Acesso em: 16 jan. 2019.

SAVIAN T. V.; MUNIZ, J. A. A Study of in situ degradability: Heterogeneity of variances and correlated errors. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 64, p. 548-554, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590%2Fs0103-90162007000500013>. Acesso em: 16 jan. 2019.

SILVA, D. A. P. **Mineralização da matéria orgânica de lodo aplicado no solo e produtividade do capim-tifton 85**. 2017. 92 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SILVA, D. M.; ANTONIOLLI, Z. I.; JACQUES, R. J. S.; SILVEIRA, A. O.; SILVA, D. A. A.; RACHE, M. M.; PASSOS, V. H. G.; SILVA, B. R. Indicadores Microbiológicos de Solo em Pastagem com Aplicação Sucessiva de Dejetos de Suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 6, p. 1585-1594, dez. 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832015000601585&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 14 jan. 2019.

SILVA, E. M.; RIBEIRO, T. D.; FERNANDES, J. G.; MUNIZ, J. A. Descrição da mineralização do carbono de dejetos de suíno e palha de aveia no solo por modelos não lineares. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 11, p. 210-225, 2019a. Disponível em: https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/1299/pdf_1. Acesso em: 14 jan. 2020

SILVA, E. M.; SILVEIRA, S. C.; RIBEIRO, T. D.; MUNIZ, J. A. Descrição da decomposição do lodo de esgoto e palha de aveia por modelos não lineares. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 11, p. 153-164, 2019b. Disponível em: https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/1287/pdf_1. Acesso em: 14 jan. 2020

SILVEIRA, S. C.; MUNIZ, J. A.; SOUSA, F. A.; CAMPOS, A. T. Modelos não lineares ajustados à produção acumulada de biogás provenientes de camas sobrepostas de suínos. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 10, n. 3, p. 91-103, jul./set. Disponível em: <https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/1168>. Acesso em: 14 jan. 2019.

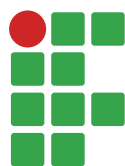
STANFORD, G.; SMITH, S. J. Nitrogen mineralization potentials of soil. **Soil Science Society of America Journal**, v. 36, p. 465-471, 1972.

SOUSA, I. F.; KUNZLE NETO, J. E.; MUNIZ, J. A.; GUIMARÃES, R. M.; SAVIAN, T. V.; MUNIZ, F. R. Fitting nonlinear autoregressive models to describe coffee seed germination. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, p. 2016-2021, 2014.

ZEVIANI, W. M.; SILVA, C. A.; CARNEIRO, W. J. O.; MUNIZ, J. A. Modelos não lineares para a liberação de potássio de esterco animal em latossolos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 10, p. 1789-1796, out., 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v42n10/a28712cr3006.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2019.

Received: February 27, 2019

Accepted: May 10, 2019



The use of *Polistes versicolor* (Olivier, 1971) in the control of *Ascia monuste orseis* (Godart, 1819) in kale cultivation

Gabriel de Castro Jacques¹

Daniel Cambraia Oliveira²

Marcos Magalhães de Souza³

Luís Cláudio Paterno Silveira⁴

Abstract

Social wasps have been successfully utilized as means of biological control, particularly for the larvae of Lepidoptera. *Ascia monuste orseis* causes devastating effects on the kale, inducing production losses of up to 100%, therefore, requiring stringent control measures. This work aimed testing the species *Polistes versicolor* as potential means of biological control of *A. monuste orseis*, during autumn and winter, when the kale crop shows good development. These experiments were conducted at the IFMG - Bambuí *Campus*, between May and June 2017, during which time four *P. versicolor* colonies were translocated to artificial shelters constructed in proximity to the kale crop, being registered daily the predation of the social wasp on like of *A. monuste orseis* caterpillars. The translocation of *P. versicolor* colonies onto the kale crop during the cold and drought seasons was shown to be ineffective in controlling the *A. monuste orseis* population. This was because this social wasp exhibited low foraging activity, and therefore a low degree of predation on the target pest; however, it became crucial to assess their activity during the hottest and most humid times of the year, as *P. versicolor* effectively preys upon the various species among the Lepidoptera.

Keywords: *Brassica oleracea*. Biological control. Lepidoptera. Social wasps.

Introduction

The social wasps (Hymenoptera: Vespidae) are usually included among the subfamilies Polistinae, Stenogastrinae and Vespinae, of which Polistinae alone comprises 343 species in Brazil (HERMES et al., 2017).

Significant as natural predators of pest insects, these social wasps are effective even in small populations and make substantial contributions towards controlling and reducing the peak times of infestation (PICANÇO et al., 2010). Lepidopteran larvae are among the preferred prey of social wasps (PREZOTO; MACHADO, 1999; BICHARA-FILHO et al., 2009; FREITAS et al., 2015). Some species of polistine wasps, particularly those of the genus *Polistes*, have already been employed in biological control programs in Brazil (PREZOTO; MACHADO, 1999; MARQUES, 2005; ELISEI et al., 2010).

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) – *Campus* Bambuí. gabriel.jacques@ifmg.edu.br. Rodovia Bambuí/Medeiros, Km 05, Fazenda Varginha, Bambuí-MG, CEP 38900-000.

2 IFMG – *Campus* Bambuí. daniel.cambraia@hotmail.com.

3 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) – *Campus* Inconfidentes. marcos.souza@ifsuldeminas.edu.br.

4 Universidade Federal de Lavras (UFLA), Programa de Pós-Graduação em Entomologia. lcpsilveira@den.ufla.br.

Kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*), which belongs to the family Brassicaceae, is the largest among the oyster species, and it includes 14 vegetables. Besides the common cabbage (*B. oleracea* var. *capitata*), the others are cauliflower (*B. oleracea* var. *botrytis*), broccoli (*B. oleracea* var. *italica*) and mustard (*B. juncea*) (FILGUEIRA, 2000). The kale has its best development during the autumn and winter; however, it expresses a high degree of adaptability to varied climates (FILGUEIRA, 2000). Several lepidoptera also attack the kale, such as *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1776) (Noctuidae), *Trichoplusia ni* (Hübner, 1803) (Noctuidae), *Ascia monuste orseis* (Godart, 1819) (Pieridae) e *Plutella xylostella* (L., 1758) (Plutellidae) (GALLO et al., 2002).

Ascia monuste orseis is one of the key pests of crops in the Neotropical region, mainly in Brazil (BITTENCOURT-RODRIGUES; ZUCOLOTO, 2009). As the caterpillars of this species devour the leaves, they cause great cultivation losses, which translate sometimes into as much as 100% production loss (VENDRAMIM; MARTINS, 1982).

Four or five days after the females of this pest oviposit the undersurface, most often, of the young leaves (BITTENCOURT-RODRIGUES; ZUCOLOTO, 2009), the caterpillars hatch out. During the first and second instars, they feed in the site where oviposition had occurred. However, the fourth and fifth instar caterpillars exhibit some degree of mobility and move to other leaves and sometimes even from one cultivar to another (BARROS-BELLANDA; ZUCOLOTO, 2003). The larval period extends for 20 to 25 days, after which the pupal stage lasts for a mean of 11 days (BITTENCOURT-RODRIGUES; ZUCOLOTO, 2009).

Ascia monuste orseis is mostly controlled by insecticide application, which can result in several problems, such as remaining as residues in food, mortality of natural enemies, poisoning to the applicators, and development of resistant pest populations. Thus, the use of agents of biological control is one method to minimizing the employment of these products. However, only one study is available, demonstrating the effectiveness of the social wasp *Polybia ignobilis* (Haliday, 1836) in the biological control of this pest (PICANÇO et al., 2010). Although there is no study of the specific relationship of the genus *Polistes* with this pest, it is recognized that wasps of this genus are excellent predators of agricultural pests, mainly Lepidoptera caterpillars (ELISEI et al., 2010).

The *Polistes versicolor* (OLIVIER, 1971) species in particular was selected as an agent of biological control for various reasons, as listed: a) availability of the predation records of this wasp on the lepidopteran caterpillars (MARQUES, 2005, ELISEI et al., 2010); b) as the dominant species in the IFMG - Bambuí *Campus* (JACQUES et al., 2015), which facilitates nest location; c) being a registered forage species on the kale culture (JACQUES et al., 2018); d) easy translocation of their nests (ELISEI et al., 2012), which enables them to accept the shelter; and e) wide distribution of this species across Brazil (BARBOSA et al., 2016), opening up opportunities to employ this methodology throughout the country.

The objective of this work, therefore, is to examine the effectiveness of the *P. versicolor* (Hymenoptera: Vespidae) found in the kale crop (*B. oleracea* var. *acephala*), on the biological control of *A. monuste orseis* (Lepidoptera: Pieridae), during the autumn and winter seasons, the time when this brassica crop develops well.

Material and methods

From May to June 2017, all the experiments were performed at the Federal Institute of Minas Gerais, Bambuí *Campus*, Bambuí, Minas Gerais, Brazil (20°02'16.1"S 46°00'28.6"W; 725.9 m), in a kale crop (*B. oleracea* var. *acephala*), and subjected to treatment with conventional cultivation practices (FILGUEIRA, 2000), without the pesticide application.

The experiment included two treatments: T1 - Kale planting with the *P. versicolor* wasp colonies and *A. monuste orseis* caterpillar infestation; T2 - Kale being planted without the wasp colonies and with *A. monuste orseis* caterpillar infestation. The second treatment was employed as a control, with which the mortality rate of the treatments with the wasp colonies and without them could be compared.

Each treatment was conducted in an area of 5.0 x 5.0 m, provided with 1.0 x 0,5 m spacing (FILGUEIRA, 2000), for a total of 5 rows containing 10 plants in each. The areas were 900 m apart, to ensure that the T1 treatment wasps did not consume the T2 treatment caterpillars. The longest return distance to the nest for the *P. versicolor* workers was established as 850 m (GOBBI, 1978).

In the T1 area, artificial wooden shelters, constructed using a 0.3 x 0.4 x 0.1 m sized board and attached to a deck of 1.8 m, were installed. In each shelter, a 0.13 x 0.17 x 0.11 m sized white plastic pot, open at the base alone, was installed, to offer protection against the rain and sun (ELISEI et al., 2012). The base of each batten, up to a height of around 0.50 m, was coated with burnt oil and grease, to protect against ant attacks (PREZOTO; MACHADO, 1999). Four such shelters were constructed at about one meter distance from the border of the crop.

Four *P. versicolor* colonies, with 32, 34, 21 and 14 wasps per nest, were identified and gathered from man-made constructions on *campus*, and, using the translocation method proposed by Elisei et al. (2012), the colonies were captured during the early hours of the night, when most of the wasps are in the nest (PREZOTO; MACHADO, 1999). After carefully bagging the colonies in a large plastic bag without destroying their peduncles, the wasps were separated from the nest. The wasps showed positive phototropism, moving immediately to the highest and brightest portion of the bag, facilitating their separation from the nest. Then, the colonies were immediately glued to the shelters by their peduncles, using cyanoacrylate ester glue or Super-Bonder® (Figure 1). The plastic bag containing the individuals was wrapped in the overnight shelter of the translocation and removed the next morning after all the wasps had flown away from it.

Figure 1 – The *Polistes versicolor* colony translocated to the artificial shelter.



Source: From de author (2018).

Once the nests were translocated, 30 numbers of the third and fourth instar larvae of *A. monuste orseis* were released at 7 o'clock in the morning, on five randomly selected kale plants, for both treatments T1 and T2, for fifteen days. In this experiment five plants corresponded to 10% of the total number of plants, demonstrating the degree of economic loss to the crop (PICANÇO et al., 2005). At 18 hours of the same day, the caterpillars were collected and the daily degree of predation was recorded for both treatments. As *P. versicolor* experiences a diurnal rhythm, the caterpillars were left undisturbed at night to minimize their death due to other factors. Daily observations were recorded between 11am and 1pm (and feeding was *ad libitum*), in order to confirm the cause of death of the *A. monuste orseis* caterpillars.

The *A. monuste orseis* were produced by first collecting the postures in the IFMG-BambuÍ garden. They were packed in 500 ml pots and brought to a B.O.D. with the temperature controlled at 25 ± 2 °C and a 12 h photoperiod. Fresh kale leaves were supplied daily to the caterpillars, until they reached the pupal stage. The pupae were transferred to a cage (2.5 x 2.5 x 2.5 m) in a greenhouse having 20 pots with kale seedlings for oviposition. The adults were fed with 10% honey and the new postures collected every day.

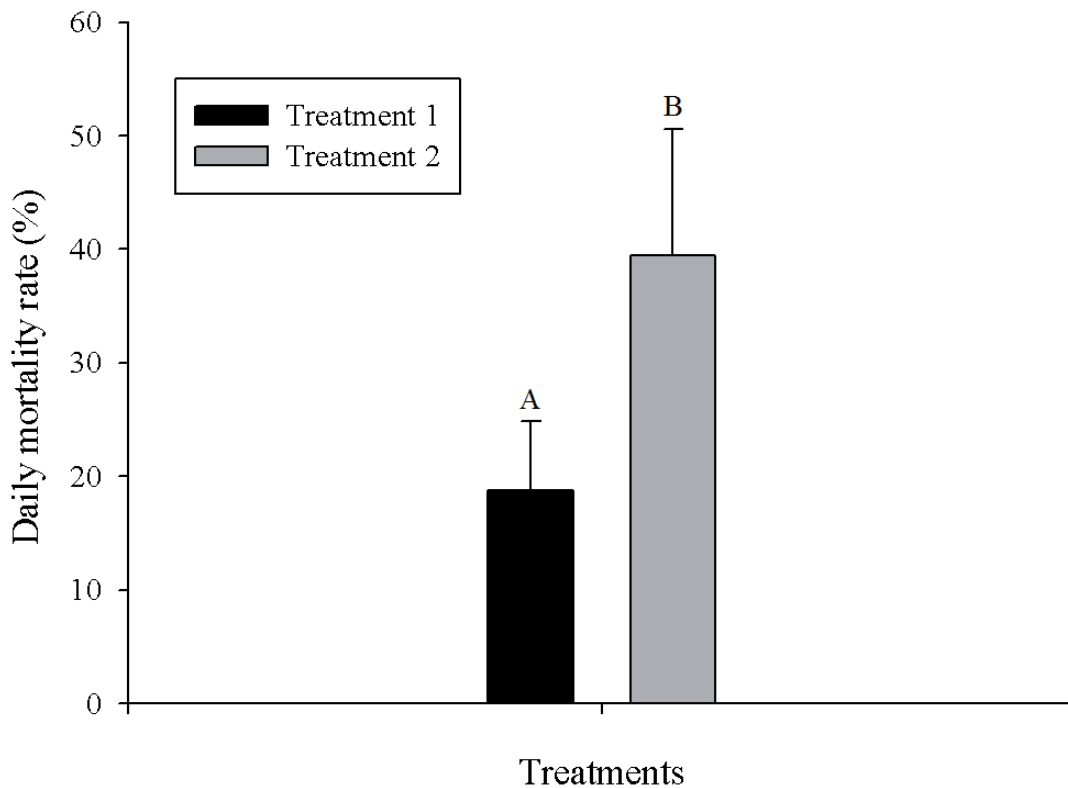
A comparison was made of the daily mortality rate between the two treatments and the means were compared using the T test at the 5% level of significance through the statistical program Past, v. 2.17c (HAMMER et al., 2005). The *P. versicolor* colonies were also closely tracked, and the number of individuals from the colonies was observed every day (PREZOTO; MACHADO, 1999). The colonies were then removed from the T1, 15 days after the experiment commenced and the predation each day was noted for another 15 days to record the effect of the treatment site on the final findings.

The findings recorded of the daily mortality rate were subjected to regression analyses, accounting for the variables of "daily temperature" and "relative air humidity", with $p < 0.05$ using the BioEstat 5.3 program (AYRES et al., 2007). Relative temperatures and humidities were determined from the Bambuí weather station, situated on the IFMG-BambuÍ Campus. Measurements were taken at nine and fifteen hours every day, and their means were utilized for the regression analyses.

Results and discussion

Treatment T1, involving the *P. versicolor* colonies, showed a value of 18.8% for the mean daily mortality rate of the *A. monuste orseis*. However, the T2 treatment, in the absence of the *P. versicolor* colonies, was statistically higher ($p = 0.001$), showing a mean value of 39.46% (FIGURE 2).

Figure 2 – Daily mortality rate (%) from day 1 to 15 of the experiment for Treatments (1), with the *P. versicolor* colonies, and (2), without the *P. versicolor* colonies.



Source: From de author (2018).

Translocations of social wasp nests can cause stress in the colony, leading to abandonment of the nest. The success of the translocation technique is considered by the presence of the individuals in the colonies at least five days after the transfer (ELISEI et al., 2012), and this occurs in about 60 to 85% of the cases (BUTGNOL, 1992; PREZOTO; MACHADO, 1999). In our study, the translocations of the colonies *P. versicolor* were completely successful and all four colonies remained unchanged throughout the experiment.

However, during the observation period, these colonies were only slightly active, with merely three predatory attacks by these wasps on *A. monuste orseis* being recorded. During the experiment, the mean temperature was 22°C and the mean relative humidity 62.2%. These values may have caused the decline in the foraging activity of *P. versicolor*, which is much greater under conditions of high light intensity and humidity and, particularly so at high air temperatures (ELISEI et al., 2010), decreasing between the months of May and September (ELISEI et al., 2013). The return of the *P. versicolor* workers to prey on the eucalyptus plantation during the cold and dry seasons is very minimal (ELISEI et al., 2010). Normally, the higher levels of temperatures, light intensity, humidity and air velocity favor the well being of the foraging of social wasps (DE CASTRO et al., 2011).

The foraging demand is likely stimulated by the climatic variables, as well as the biological needs of the colony (DETONI et al., 2015). When the experiment was concluded, the cells were empty, without eggs and larvae, indicating a probable abandonment of the colonies. Nests which

support a decreasing number of immature ones, also experience a drop in the food collection. The prey supplies protein essential for offspring growth and development; therefore, the quantity of prey captured using fodder is an indirect estimation of the number of immature wasps and, thus, the protein demand of the colony (CANEVAZZI; NOLL, 2011).

The foraging behavior pattern evident in *P. versicolor* is not directed by a queen or any other individual exerting control, but arises only based on the colony requirements (DE SOUZA; PREZOTO, 2012a). Although they lack a queen, the workers carry on the foraging activity (DE SOUZA; PREZOTO, 2012a). Aggressive behavior among the individuals induces exit foraging, reducing the number of workers as the needs of the colony decline (DE SOUZA; PREZOTO, 2012b). Besides, the return of workers which exhibit foraging is the main stimulus which initiates the activities within the colony (DE SOUZA; PREZOTO, 2012a).

Carbohydrates and proteins are amenable to storage within the cells for consumption at a later date, and form a good store of reserve for the unfavorable seasons (MICHELUTTI et al., 2017); this results in a reduction in the foraging activities. Such storage abilities have been recorded earlier for the colonies of *Polistes simillimus* Zikán, *Polybia paulista* (Von Lhering), *P. occidentalis*, *Mischocyttarus drewseni* (Saussure) and *Mischocyttarus cassununga* (Von Lhering) (MICHELUTTI et al., 2017). However, foraging activities for water are also observed to decline during the cold and dry seasons, as water is principally utilized in the colony for keeping it cool, a finding earlier reported for *P. versicolor* (ELISEI et al., 2013).

The foraging behavior of *P. versicolor* for plant fiber is also at a minimum during the cold and dry seasons, as this resource is mainly required during the demographic explosion phase within the colony, to building and expand the nest cells (ELISEI et al., 2010), although such activities are not noticeable in the translocated nests. Foraging for vegetable fibers occurs when the worker uses the jaw to shave the vegetal substrate, including stems, trunks or other such materials. This process takes place more easily when the substrate is moist, and the plant fibers are soft (ELISEI et al., 2010).

During the experiment, we observed that 90 to 100% of the mortality of *A. monuste orseis* was found as a result of predation by another social wasp, *Polybia ignobilis* (Haliday, 1836), for both treatments. This wasp, recognized as the main predator of *A. monuste orseis* (Picanço et al., 2010), was found in large number in T2 treatment, which did not have the colonies of *P. versicolor*, especially during the initial stages of the experiment.

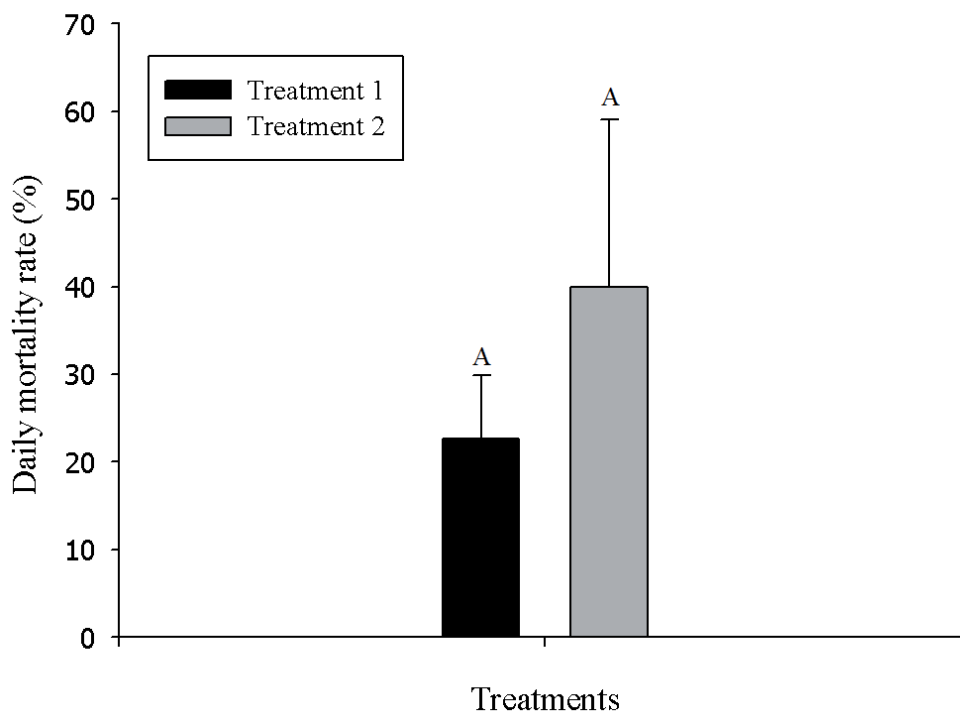
For the T1 treatment, the findings revealed a very low predation rate, particularly in the first five days (10.4%), which were statistically below ($p = 0.031$) the average recorded in the other ten days (25.0%). This was probably because of the necessity to separate the two areas (900 meters) in order to minimize the likelihood of the *P. versicolor* foraging in the T2 treatment. The sample area T2 was thus nearer to the horticulture section of the Campus, which supported a variety of cultures like cucurbitaceae, lettuce, tomato, sunflower and other brassicaceae, providing a more heterogeneous ecosystem, which positively affected the prey availability for *P. ignobilis*, with respect to the T1 sample area.

This vespid preys on a variety of insects including *Edessaru fomarginata* (De Geer, 1773), *Chlosynela lacinia saunderssi* Doubleday & Hewitson, 1849, *Diaphania hyalinata* (L., 1767), *Diaphania nitidalis* Cramer, 1782, *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824), *Diatraea* sp., *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller, 1848), *Heliothis zea* (Boddie, 1850), *Mocis latipes* (Guenée, 1852), *Pectinophora gossypiella* (Saunders, 1844), *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) and *Utetheisa ornatrix* (L.,

1758) (SOUZA; ZANUNCIO, 2012), which might have induced it to migrate more quickly to the T2 treatment.

Comparing the two treatments in terms of the mortality rate, a similarity ($p = 0.662$) was noted between days 6 and 15 (FIGURE 3). This may have been due to decrease in the stress of translocated *P. versicolor* colonies. In addition, an increase in *P. ignobilis* activity and foraging evident in Treatment T1 was observed. Such an escalation in the *P. ignobilis* foraging activity might be linked to the more intense defoliation in the kale precipitated by *A. monuste orseis*, which most likely stimulated a higher degree of sinomonium secretion, which in turn attracted more numbers of these predatory wasps. When plants experience a herbivorous attack, they emit a wide variety of volatile substances in large quantities, induced by these herbivores (HIPVs). Their natural enemies use these secretions to find their hosts/prey. Such behavior has been recorded earlier for *P. ignobilis* which forages on *Pasiflora edulis* Sims (RAW, 1998). Other species belonging to genus *Polybia* are also drawn to plants that have experienced herbivore attacks (SARAIVA et al., 2017).

Figure 3 – Daily mortality rate (%) from day 6 to 15 of the experiment for treatments (1), with the *P. versicolor* colonies, and (2), without the *P. versicolor* colonies.



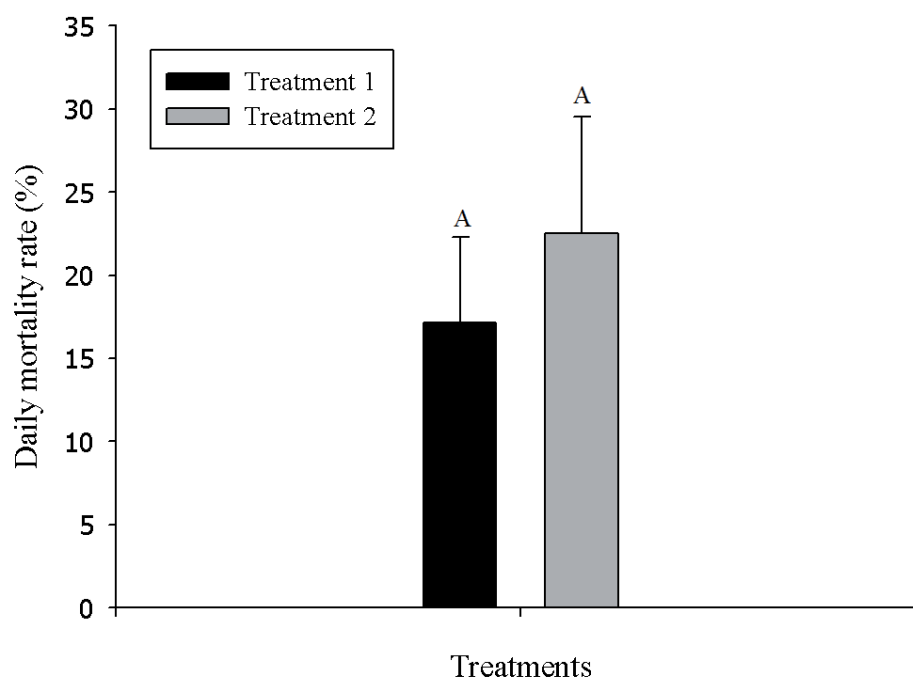
Source: From de author (2018).

After being attracted to the T1 treatment area, characterized by abundant food supply, *P. ignobilis* began to forage frequently this area, exhibiting a behavior pattern reported earlier for this species (RAW, 1998). Social wasp workers search for food alone and opportunistically (MICHELUTTI et al., 2017), returning to hunt in places of success of the previous hunt and feeding several times of the same species of prey (BICHARA-FILHO et al., 2009).

For both treatments no regression analysis model was fitted to the daily data on the predation rate, taking into consideration the variables “daily temperature” and “relative humidity”. This was most likely because of the low variations in the temperature and humidity during the 15 experimental days.

The two locations without the presence of the wasp colonies registered a similar daily predation rate (FIGURE 4), indicating that once the first few days of the experiment were over, the location of the treatment did not influence the results.

Figure 4 – Daily mortality rate (%) for Treatments (1), without the *P. versicolor* colonies, and (2), without the *P. versicolor* colonies, during fifteen days after the colonies were removed.



Source: From de autor (2018).

Conclusions

The translocation of the *P. versicolor* colonies onto the kale crop during the cold and drought periods was ineffective in controlling the *A. monuste orseis* population. This was because the forage activity of this social wasp was poor, therefore, predation on the target pest was also low.

O uso de *Polistes versicolor* (Olivier, 1971) no controle de *Ascia monuste orseis* (Godart, 1819) no cultivo da couve

Vespas sociais têm sido utilizadas com sucesso no controle biológico, principalmente para lagartas de Lepidoptera. *Ascia monuste orseis* causa efeitos devastadores na couve, induzindo perdas de produção de até 100%, exigindo, portanto, medidas rigorosas de controle. Este trabalho teve

como objetivo testar a espécie *Polistes versicolor* no controle biológico de *A. monuste orseis* durante o outono e o inverno, quando a cultura da couve apresenta bom desenvolvimento. Esses experimentos foram conduzidos no IFMG - Campus Bambuí, entre maio e junho de 2017, período em que quatro colônias de *P. versicolor* foram translocadas para abrigos artificiais construídos nas proximidades da cultura da couve, sendo registrada diariamente a predação da vespa social em lagartas de *A. monuste orseis*. A translocação de colônias de *P. versicolor* para a cultura da couve durante as estações frias e secas mostrou-se ineficaz no controle da população de *A. monuste orseis*. Isso ocorreu porque essa vespa social exibiu baixa atividade de forrageamento e, portanto, um baixo grau de predação sobre a praga alvo; no entanto, torna-se crucial avaliar sua atividade durante os períodos mais quentes e úmidos do ano, já que *P. versicolor* preda efetivamente várias espécies de Lepidoptera.

Palavras-chave: *Brassica oleracea*. Controle Biológico. Lepidoptera. Vespas sociais.

Acknowledgments

To the Federal Institute of Education, Science and Technology of Minas Gerais – Campus Bambuí, for granting a trainee scholarship; and Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) for granting a PhD scholarship.

References

- AYRES, M.; AYRES JÚNIOR, M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. A. **BIOESTAT - Aplicações estatísticas nas áreas das Ciências Bio-Médicas**. Mamirauá; Belém, PA, 2007.
- BARBOSA, B. C.; PASCHOALINI, M. F.; PREZOTO, F. Studies of social wasp diversity in Brazil: Over 30 years of research, advancements and priorities. **Sociobiology**, Chico, v. 63, n. 3, p. 858-880, Sept. 2016.
- BARROS-BELLANDA, H. C. H.; ZUCOLOTO, F. S. Importance of larval migration (dispersal) for the survival of *Ascia monuste* (Godart) (Lepidoptera:Pieridae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 11-17, jan./mar. 2003.
- BICHARA-FILHO, C. C.; SANTOS, G. M. M.; RESENDE, J. J.; CRUZ, J. D.; GOBBI, N.; MACHADO, V. L. L. Foraging behavior of the swarm-founding wasp, *Polybia (Trichothorax) sericea* (Hymenoptera, Vespidae): prey capture and load capacity. **Sociobiology**, Chico, v. 53, n. 1, p. 61-69, Jan. 2009.
- BITTENCOURT-RODRIGUES, R. S.; ZUCOLOTO, F. S. How feeding on young and old leaves affects the performance of *Ascia monuste orseis* (Godart) (Lepidoptera, Pieridae). **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 53, n. 1, p. 102-106, 2009.
- BUTIGNOL, C. A. Observações sobre a bionomia da vespa predadora *Polistes versicolor* (Olivier, 1791) (Hymenoptera, Vespidae) em Florianópolis/SC. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 19, n. 2, p. 201-206, 1992.

CANEVAZZI, N. C. S.; NOLL, F. B. Environmental factors influencing foraging activity in the social wasp *Polybia paulista* (Hymenoptera: Vespidae: Epiponini). **Psyche: A Journal of Entomology**, London, v. 2011, p. 1-8, 2011.

DE CASTRO, M. C.; GUIMARÃES, D. L.; PREZOTO, F. Influence of Environmental Factors on the Foraging Activity of *Mischocyttarus cassununga* (Hymenoptera, Vespidae). **Sociobiology**, v. 58, p.1-9, jan. 2011.

DE SOUZA, A. R.; PREZOTO, F. Regulation of worker activity in the social wasp *Polistes versicolor*. **Insectes Sociaux**, v. 59, p. 193-199, May. 2012a.

DE SOUZA, A. R.; PREZOTO, F. Aggressive interactions for a decentralized regulation of foraging activity in the social wasp *Polistes versicolor*. **Insectes Sociaux**, v. 59, n. 4, p. 463-467, Nov. 2012b.

DETONI, M.; MATTOS, M. C.; CASTRO, M. M.; BARBOSA, B. C.; PREZOTO, F. Activity schedule and foraging in *Protopolybia sedula* (Hymenoptera, Vespidae). **Revista Colombiana de Entomologia**, Bogotá, v. 41, n. 2, p. 245-248, July/Dec. 2015.

ELISEI, T.; VAZ E NUNEZ, J.; RIBEIRO JÚNIOR, C.; FERNANDES JÚNIOR, A. J.; PREZOTO, F. Uso da vespa social *Polistes versicolor* no controle de desfolhadores de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 5, p. 958-964. Set. 2010.

ELISEI, T.; RIBEIRO JUNIOR, C.; FERNANDES JUNIOR, A. J.; VAZ E NUNES, J.; DE SOUZA, A. R.; PREZOTO, F. Management of Social Wasp Colonies in Eucalyptus Plantations (Hymenoptera:Vespidae). **Sociobiology**, v. 59, n. 4, p.1-8, Nov. 2012.

ELISEI, T.; NUNES, J.; RIBEIRO JUNIOR, C.; FERNANDES JUNIOR, A.; PREZOTO, F. What is the Ideal Weather for Social Wasp *Polistes versicolor* (Olivier) go to Forage? **EntomoBrasilis**, v. 6, n. 3, p. 214-216, Oct. 2013.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa, MG: UFV, 2000.

FREITAS, J. L.; PIRES, E. P.; OLIVEIRA, T. T. C.; SANTOS, N. L.; SOUZA, M. M. Vespas sociais (Hymenoptera: Vespidae) em lavouras de *Coffea arabica* L. (Rubiaceae) no Sul de Minas Gerais. **Revista Agrogeoambiental**, v. 7, n. 3, p. 69-79, Set. 2015.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S., OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GOBBI, N. Determinação do raio de vôo de operárias de *P. versicolor* (Hymenoptera, Vespidae). **Ciência e Cultura**, v. 30, p. 364-365, 1978.

HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologica Electronica**, v. 4, p. 1-9, 2005.

HERMES M. G.; SOMAVILLA, A.; ANDENA, S. R. **Vespidae** in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil. PNUD, 2017. Disponível em: <<http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/4019>>. Acesso em: 31 out. 2017.

JACQUES, G. C.; SOUZA, M. M.; COELHO, H. J.; VICENTE, L. O.; SILVEIRA, L. C. P. Diversity of Social Wasps (Hymenoptera: Vespidae: Polistinae) in an Agricultural Environment in Bambuí, Minas Gerais, Brazil. **Sociobiology**, v. 62, n. 3, p. 439-445, Sept. 2015.

JACQUES, G. C.; PIKART, T. G.; SANTOS, V. S.; VICENTE, L. O.; SILVEIRA, L. C. P. Niche overlap and daily activity pattern of social wasps (Vespidae: Polistinae) in kale crops. **Sociobiology**, v. 65, n. 2, p. 312-319, Jun. 2018.

MARQUES, O. M. Defensive behavior of caterpillars of *Heraclides anchysiades capys* (Lepidoptera: Papilionidae) against the social wasp *Polistes versicolor versicolor* (Hymenoptera: Vespidae). **Magistra**, Cruz das Almas, v. 17, n. 1, p. 28-32, jan./abr. 2005.

MICHELUTTI, K. B.; SOARES, E. R. P.; PREZOTO, F.; ANTONIALLI-JUNIOR, W. F. Opportunistic strategies for capture and storage of prey of two Species of social wasps of the Genus *Polybia* Lepelletier (Vespidae: Polistinae: Epiponini). **Sociobiology**, Chico, v. 64, n. 1, p. 105-110, May 2017.

PICANÇO, M. C.; FERNANDES, F. L.; MORENO, S. C.; FIDELIS, E. G. Manejo integrado de pragas de hortaliças. In: FONTES, P. C. R. **Olericultura: teoria e prática**. Viçosa: UFV, 2005. p.159-168.

PICANÇO, M. C.; OLIVEIRA, I. R.; ROSADO, J. F.; SILVA, R. S. Natural Biological Control of *Ascia monuste* by the Social Wasp *Polybia ignobilis* (Hymenoptera: Vespidae). **Sociobiology**, Chico, v. 56, n. 1, p. 67-76, Jan. 2010.

PREZOTO, F.; MACHADO, V. L. L. Ação de *Polistes (Aphanilopterus) simillimus* Zikán (Hymenoptera: Vespidae) na produtividade de lavoura de milho infestada com *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Zociências**, Juiz de Fora, v. 1, n. 1, p. 19-30, dez. 1999.

RAW, A. The third trophic level of plant defence: neotropical social wasps use of odours of freshly damaged leaves when hunting. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 15, n. 4, p. 1075-1092, Dec. 1998.

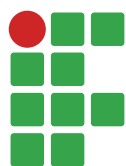
SARAIVA, N. B.; PREZOTO, F.; FONSECA, M. G.; MORAES, M. C. B.; BORGES, M.; LAUMANN, R. A.; AUAD, A. M. The social wasp *Polybia fastidiosuscula* Saussure (Hymenoptera: Vespidae) uses herbivore-induced maize plant volatiles to locate its prey. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 141, p. 620-629, 2017.

SOUZA, M. M.; ZANUNCIO, J. C. **Marimbondos: Vespas Sociais (Hymenoptera: Vespidae)**. Editora UFV; Viçosa, MG, 2012.

VENDRAMIM, J. D., MARTINS, J. C. Aspectos biológicos de *Ascia monuste orseis* (Latreille: Pieridae) em couve (*Bassica oleracea* L. var. *acephala*). **Poliagro**, v. 4, p. 57-65, 1982.

Received: December 13, 2018

Accepted: June 6, 2019



Tematic maps for irrigation of the watermelon crop in Piauí state

José Roberto de Oliveira¹

Francisco Edinaldo Pinto Mousinho²

Aderson Soares de Andrade Júnior³

Kleiton Rocha Saraiva⁴

Francisco das Chagas de Andrade Porto Nunes⁵

Abstract

In semi-arid regions, inadequate management of irrigation in watermelon crops greatly increases yield losses. As a result, we sought to regionalize irrigation slides necessary for watermelon cultivation in the State of Piauí, considering different sowing times and soils with different water retention capacities. Irrigation slides were determined by the crop water balance, considering a historical series of fifteen years, originating from daily pluviometric precipitation records in 165 sites of this region. The reference evapotranspiration (ETO) and the respective crude irrigation slides were estimated on a daily scale for each site. Then, the crude irrigation slides were spatialized to the entire target region through a routine performed in Excel and later using the SPRING software, depending on the available water capacity in the soil and the date of sowing. Seeding dates with the need for minor irrigation slides for watermelon cultivation in Piauí were January 1st, February 1st and March 1st and in relation to sowing dates, the largest irrigation slides were verified on August 1st, September 1st and October 1st. Regionalized irrigation sheets varied according to the available water capacity in the soil and date of planting.

Keywords: *Citrullus lanatus*. Water balance. Simulation. Planning.

Introduction

The production of watermelon *Citrullus lanatus* in Brazil is approximately 2.3 million tons of the fruit and an average yield of 22 ton ha⁻¹, prominently in the northeast region of the country, with a production of around 663.458 tons and an average yield of 18 ton ha⁻¹. The Brazilian State of Piauí occupies the fifth place in terms of production in relation to the other states of the region, with 57.187 tons and average yield of around 24.5 ton ha⁻¹, especially, in the municipalities of Barras, Jatobá do Piauí, Parnaíba and Campo Maior, which together produced approximately 20 thousand tons of the fruit (IBGE, 2018).

Watermelon yield depends on several factors, especially cultivation, fertilization, climatic factors and the proper application of irrigation depths during the crop cycle (FILGUEIRA, 2008). According to

1 Instituto Federal do Piauí (IFPI). *Campus* Avançado José de Freitas, mestre em Agronomia. joseoliveira@ifpi.edu.br. José de Freitas (PI), 64110-000.

2 Colégio Técnico de Teresina (CTT), professor doutor, Universidade Federal do Piauí. femmousi@ufpi.edu.br.

3 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Meio Norte, doutor em Irrigação e Drenagem. aderson@cpamn.embrapa.br.

4 Instituto Federal do Piauí (IFPI), *Campus* Campo Maior. Doutor em Engenharia Agrícola. kleiton.rocha@ifpi.edu.br.

5 Universidade Federal do Piauí, mestre em Agronomia. Centro de Ciências Agrárias. francisco.porto17@gmail.com.

this author, water requirements differ along the watermelon crop cycle, being greater at the beginning of branching and intensifying from the fruiting stage until the beginning of fruit ripening.

According to Oliveira (2014), the use of irrigation blades is not yet a practice of the Piauí producers, what is done necessary to ensure the fulfillment of the water requirement of the watermelon at different stages of plant development. Saraiva et al. (2013) corroborated this fact in their study on irrigated watermelon crops in the State of Ceará, Brazil, and found that during the crop cycle the sprinklers at times spray excessive water while at other times the water supply is deficient.

The existing studies that determine spatialization of irrigation depths for watermelon crops in Piauí State, Brazil, are still not satisfactory, since the work developed so far has been carried out only in the municipalities of Teresina and Parnaíba (ANDRADE JÚNIOR, 2000). Studies like those are crucial if one considers the economic importance of the watermelon crop in this State.

According to Mousinho et al. (2003) and Azevedo et al. (2005), irrigation levels significantly influence watermelon crop yields. Ferreira (2012) reinforced that in a field study carried out in Teresina, Piauí State, where maximum yields were obtained by applying irrigation depths of 223.9 and 212.4 mm, respectively, for cultivars Crimson Sweet ($34,642.97 \text{ kg ha}^{-1}$) and Shadow ($25,453.55 \text{ kg ha}^{-1}$).

In a study carried out in the micro-region of Teresina and along the coast of Piauí State, Andrade Júnior (2000) estimated, by simulation, gross depths demanded for watermelon crops. In the municipality of Teresina, he found depths oscillating between 24.3 mm, in the month of March, and 357.9 mm in August; and, in the municipality of Parnaíba, the depth intervals oscillated between 82.6 mm, in March, and 464,8 mm in September.

It is worth stressing that there has been a lack of technical and scientific data on irrigation depth determination and management practices for watermelon crop to meet the demands of irrigated areas in different regions, and under various soil conditions in semiarid Brazilian regions. Hence, in this paper we regionalize the gross irrigation depths needed for watermelon crop in Piauí State, Brazil, by taking into account several sowing dates and soils with different available water capacities.

Material and methods

According to the Köppen classification, the State of Piauí, Brazil, has three climatic types: Aw, Aw' and BSh. The Aw type occurs in the south-central and south-west Piauí, with hot and humid characteristics and summer rains, with the rainy season occurring from November to March, at which the months of December, January and February are the ones with the highest rainfall levels, and June, July and August are the driest months. In that region, the average annual rainfall ranges from 1,000 to 1,400 mm. The type 'Aw', hot and humid with summer and autumn rains, occurs in the north of the State, with the rainy season in the region occurring from January to May, and February, March and April are the months with the highest rainfall levels, and August, September and October are the driest ones. The average annual rainfall ranges from 1,000 to 1,800 mm.

The BSh type, semi-arid, occurs in the southeast of the State, characterized by a short rainy season in the summer between the months of December and April. In this region, the average annual rainfall varies from 400 to 800 mm, with January, February and March being the driest quarter, and July, August and September being the driest and hottest months of the year (MEDEIROS, 1996).

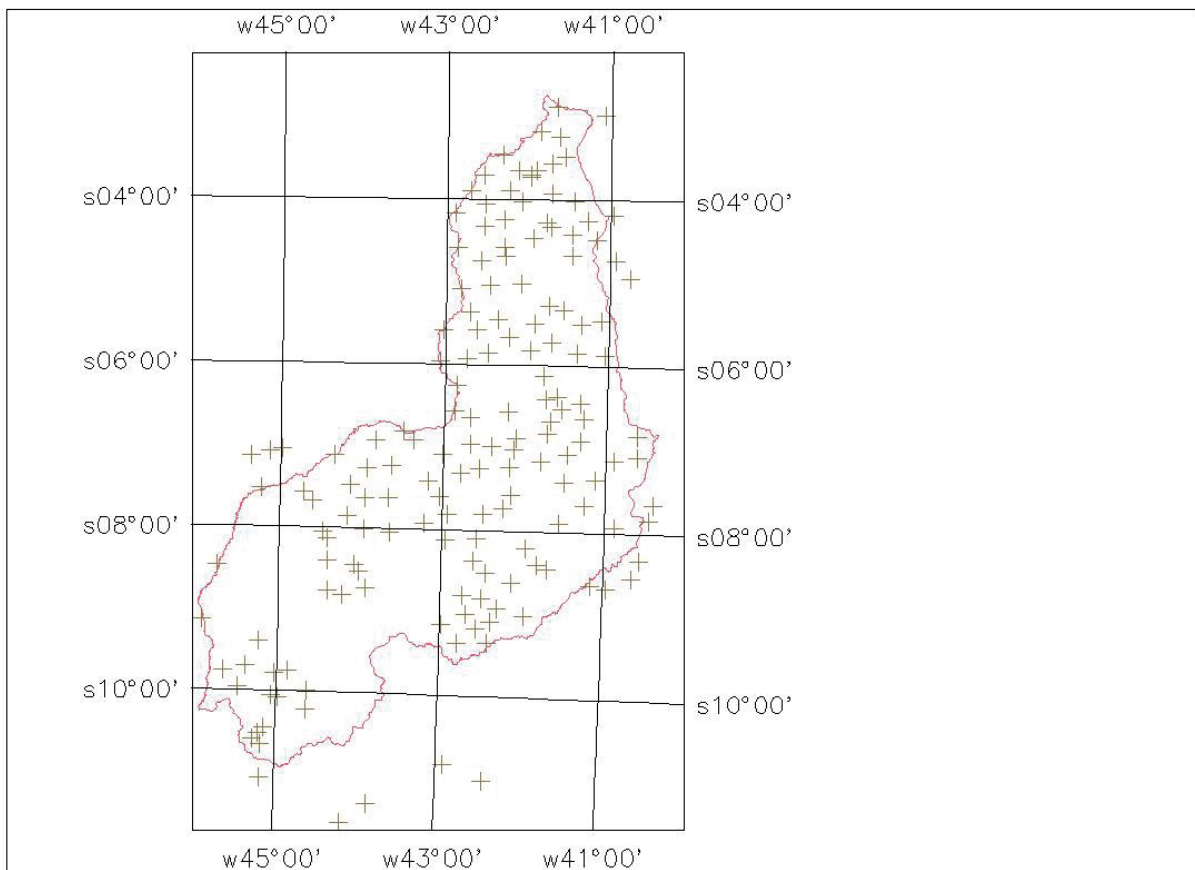
According to climatological data of the region, available by Atmospheric Sciences Center of Universidade Federal de Campina Grande, the average annual air humidity varies from 85.0%, in the north-central part of the Piauí State, to 55.0% in the most southeast region, a semi-arid one.

Sunshine duration exceeds 3,200 hours per year in some places, and the annual average temperature varies from 24.1 °C to 27.8 °C.

The Piauí State has a great variability of soil types, mainly Latosols, Neosols, Argisols, Nitosols and Luvisols (EMBRAPA, 2006). These types of soils show characteristics of medium to low natural fertility and great variability of water holding capacity, inherent to their different granulometric compositions. However, these soils have a great agricultural potential given its physico-chemical and topographic characteristics.

The data used in the present study came from daily rainfall records obtained from pluviometric stations of Sudene (Superintendency for the Development of the Northeast, Brazil) and INMET (Brazilian National Institute of Meteorology), installed in 165 sites. Of those, 145 are located in Piauí State, and the others are in the neighboring States (FIGURE 1).

Figure 1 – Geographic location of the pluviometric stations from where daily rainfall data were obtained, with emphasis on the limits of the Piauí State, Brazil.



Source: Elaborated by the authors (2014).

Reference evapotranspiration (ET_0) was estimated on a daily basis for all sites, using the method of Thornthwaite (1948). Since no data on annual average air temperature were available for all sites, they were estimated using the equations proposed by Lima and Ribeiro (1998), who suggested estimating the monthly average air temperature for the Piauí State by basing the equations on the

latitude, longitude and altitude of the site. Using these equations, the average air temperatures by site were obtained for each month of the year, thus estimating the monthly values of ET_0 . The daily values for each site were obtained by dividing the monthly ET_0 values by the number of days of the respective month. Because there were no significant alterations in the daily values of ET_0 from one year to the next, and for the purposes of performing daily water balances, their values were considered equal for all years of the rainfall recorded history.

The reference evapotranspiration (ET₀) and the respective gross irrigation depths were estimated on a daily scale for each location. Then, the raw irrigation depths were spatialized for the entire target region through a routine performed in Excel and later using the software SPRING 5.1.2 (SANTOS et al., 2010), according to the available water capacity in the soil and the date of sowing.

The water balances were performed based on the cycle equal to 65 days for all the sowing times considered. This period of 65 days goes from seedling emergence to fruit physiological maturity (ANDRADE JÚNIOR et al., 2007) for the edaphoclimatic conditions of the State, depending on the variety. However, considering that seedling emergence occurs 5 days after sowing, regardless of the time of the year, the complete cycle of watermelon was considered to be 70 days, from the sowing date until the physiological maturation of the fruits for all the sites of the State and the sowing times simulated (MOUSINHO et al., 2008). Twelve different sowing dates were used as the basis of calculation, with the first day of each month adopted as the standard date, and considering as cultivation areas only those under irrigation.

The crop coefficient (K_c) values in their different stages of development, used to estimate the maximum evapotranspiration (ET_m), were based on research carried out under similar soil and climatic conditions (BEZERRA; OLIVEIRA, 1999), using as a basis the values recommended by Doorenbos and Pruitt (1997), Doorenbos and Kassam (2000) and Ferreira (2012). The developmental stages of the crop were defined according to recommendations by Doorenbos and Kassam (2000), and they were based on local research, as follows: I - establishment (from emergence until 10.0% of soil cover); II - vegetative development (from 10.0% of soil cover until the beginning of flowering); III - flowering and fruiting (from the beginning of flowering until the beginning of maturation); and IV - maturation (from the beginning of ripening to harvest). The K_c values for each developmental stage of the crop and the duration thereof are shown in Table 1.

Table 1 - Duration intervals of the developmental stages and crop coefficients (K_c) for each watermelon developmental stage.

Stage	Days after sowing	K _c
I	0 – 20	0.55
II	21 – 45	0.80
III	46 – 60	1.05
IV	61 – 70	0.75

Source: Elaborated by the authors (2014).

Water balances were performed for situations that were representative of the holding capacity of most soils in the region, given the great variability of soil types in the Piauí State, especially about the great difference in the water available capacity (AWC).

The AWC of the soil is defined as the maximum amount of water the soil can store along its profile, and the following expression was used as the basis of calculation:

$$\text{"AWC"} = (\theta_{FC} - \theta_{PWP}) Z \quad (1)$$

at which:

AWC - available water capacity of the soil, L;

θ_{FC} - soil moisture in field capacity, $L^3 L^{-3}$;

θ_{PWP} - soil moisture at the permanent wilting point, $L^3 L^{-3}$;

Z - effective depth of the root system, L.

Even though there was AWC variation throughout the crop cycle due to the growth of the root system until reaching the effective depth, and to the physical characteristics of the soil in the different depths, in the present study, the AWC values were assumed constant throughout the crop cycle; that is, equal to 0.3 m (CARVALHO, 1999). Three AWC values were used for the water balances: 20, 40 and 60 mm (EMBRAPA, 2003). These values did represent, respectively, soils with lower, medium and high water holding capacity.

The crop water balances (CWB) were determined on a daily basis during the watermelon cycle taking into consideration irrigated crops, using the method proposed by Thornthwaite and Mather (1955) and described by Pereira et al. (2002). The CWB values were performed for each year of the rainfall recorded history and for each of the 165 sites under study, on each of the twelve sowing dates and for the three AWC values used. For this procedure, a computational routine was developed in the programming language Visual Basic 6.0 (macros) linked to the spreadsheet software Excel, added to the possibility of performing simulations using the Monte Carlo method.

As not all rainfall at a given site becomes available to the plants, for the purposes of determining the CWB values, effective daily rainfall was estimated through a fixed percentage of the total daily rainfall. The fixed percentage method is defined as the effective rainfall with a respective exceedance probability to the applied percentage, as described by Sampaio et al. (2000). In this way, the percentage of 75.0% was used according to recommendations by Doorenbos and Pruitt (1997), using AWC as the effective rainfall limit value, as proposed by Embrapa (2003):

$$ER_i = TR_i \quad \text{if} \quad TR_i \leq AWC \quad (2)$$

$$ER_i = 0,75 TR_i \quad \text{if} \quad TR_i > AWC \quad (3)$$

at which:

ER_i - effective rainfall occurred on day i, L;

TR_i - total precipitation occurred on day i, L.

To determine the water balances, a variable irrigation was considered, using an irrigation depth to raise the water storage level in the soil according to the field capacity, always irrigating the plants before they reached the wilting point. As mentioned by Pereira et al. (2002), this point represents a

percentage of the AWC called “readily available water” (RAW), that is, the percentage of water that can be extracted from the soil, when at its maximum storage and without causing a water deficit to the crop, expressed as follows:

$$\text{RAW} = f \text{ AWC} \quad (4)$$

at which:

RAW - readily available water, L;

f - fraction of water depletion in the soil, dimensionless.

Thus, in determining the crop water balance, irrigation was performed when the RAW had been consumed. Fraction *f* varies with the type of crop and its water requirements at each developmental stage and, therefore, it is variable during the crop cycle. However, for practical purposes, fixed values were adopted. In the present study, the *f* value was set as 0.5, according to recommendations by Doorenbos e Kassam (2000).

As for the irrigated crops, and in order to estimate gross irrigation depths, for the simulations it was decided that irrigation would take place by conventional spraying, with the system efficiency being fixed at 75%. This efficiency value was used because it is a value that, in the scope of farms, can be easily obtained with the proper management of the system.

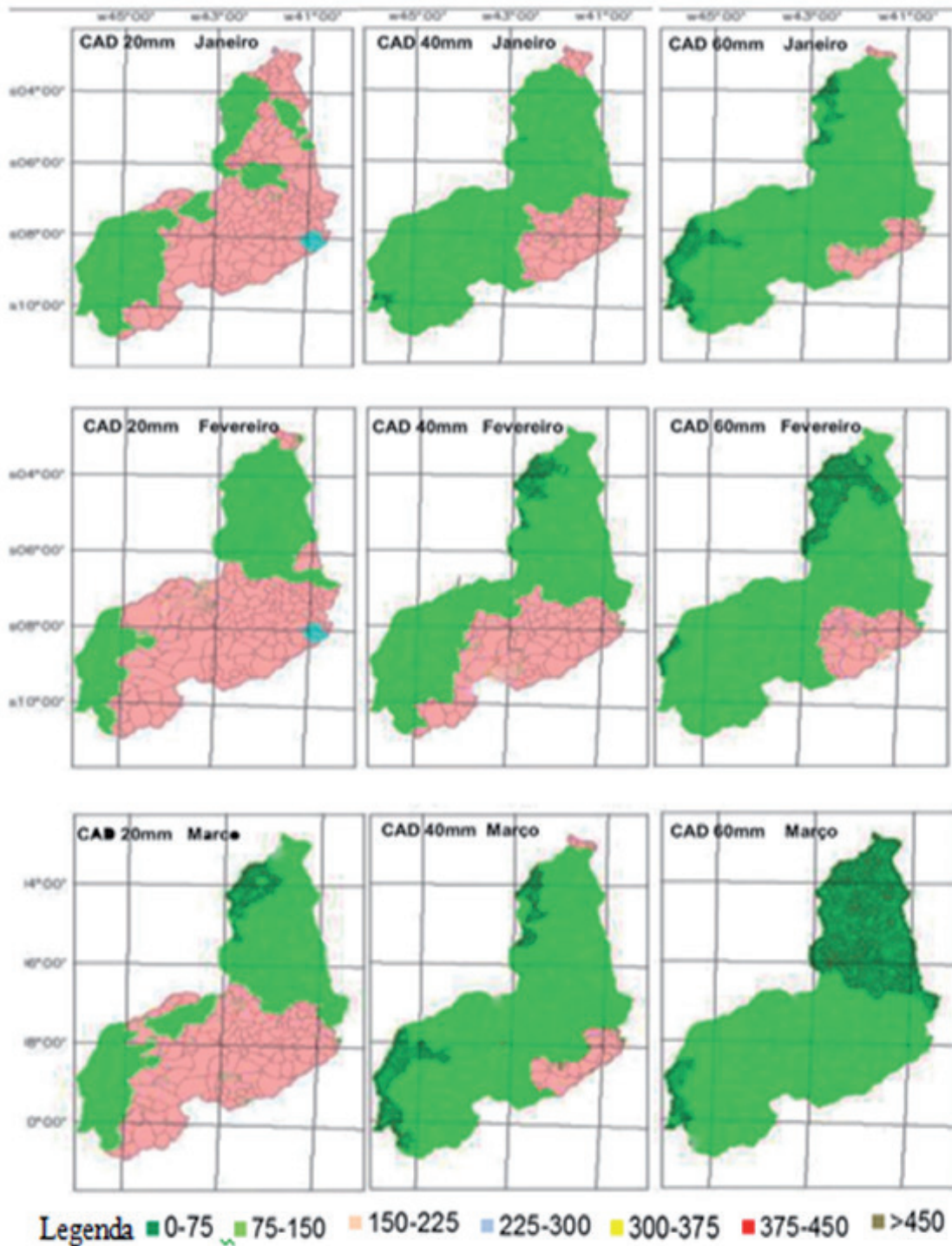
Crop water balances (CWB) were then performed for each site, combining the twelve sowing dates and the three soil available water capacities (AWC), regarding the irrigated crops. As a result of the daily water balance throughout the watermelon cycle at each site, the maximum evapotranspiration (ME) and the actual evapotranspiration (AE) of the crops were obtained for the different sowing dates and AWC data. In addition, the values of gross irrigation depth required were obtained for the irrigated crops, in which, because there was no water deficit in the soil, the actual value was equal to the maximum evapotranspiration (MOUSINHO et al., 2008).

Before the depth simulations, the adherence Kolmogorov-Smirnov test was performed at 5% significance level, for the series of gross depths obtained in the different crop water balances. After confirming the probability distribution fitting to the series of data, the parameters of this distribution, mean and standard deviation, were used to carry out one thousand simulations using the Monte Carlo method, thus obtaining one thousand depth values for the combinations of sowing dates and AWC values for irrigated watermelon crops (MOUSINHO et al., 2008).

Results and discussion

Thematic maps of simulated irrigation depths for watermelon crops in the State of Piauí, Brazil, for the different adopted AWC values and sowing dates are displayed in Figures 2 to 5. The gross irrigation depths for the watermelon cycle showed great variation in relation to the sowing dates. On the sowing dates of January 1st, February 1st and March 1st, regardless of the AWC, the classes of predominant depths in the State were the intervals 75-150 mm and 150-225 mm (FIGURE 2).

Figure 2 - Gross irrigation depths (mm) for watermelon crops in the Piauí State, Brazil, with sowing taking place from January 1st to March 1st and with different soil available water capacities.



Source: Elaborated by the authors (2014).

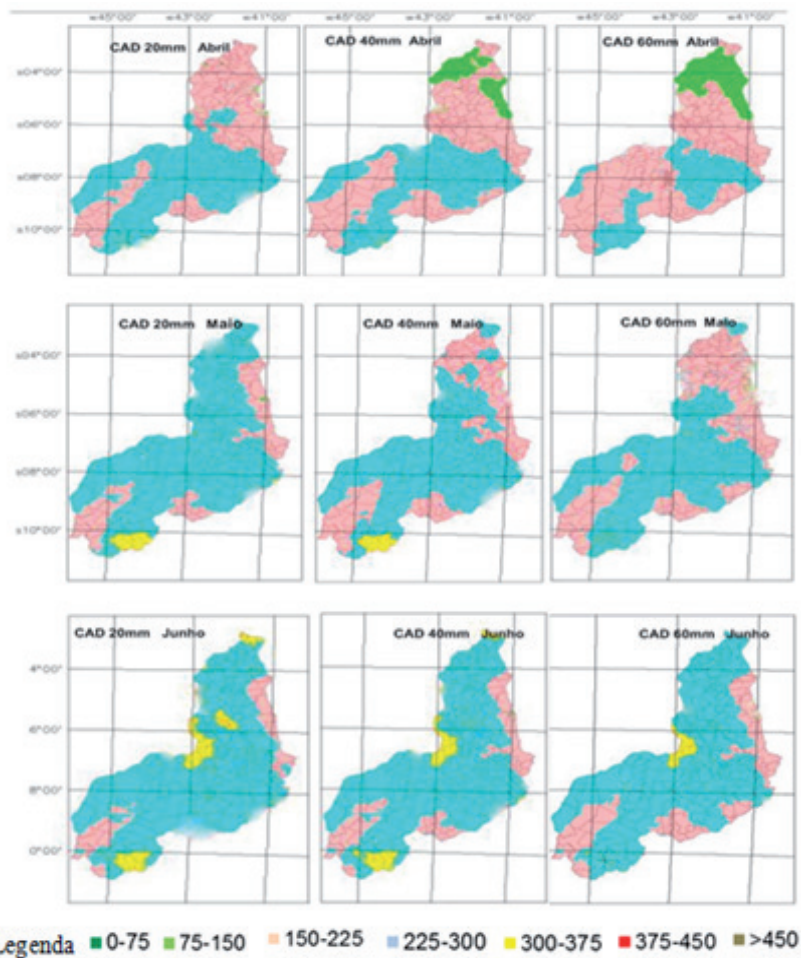
Andrade Júnior (2000), working with data simulation to obtain irrigation depths for watermelon crops in the micro-regions of Teresina and Parnaíba, observed for the first sites depths that oscillated

around 24.3 mm, with sowing taking place in March; in other sites the depths for the same sowing date oscillated around 82.6 mm. Both results are depth intervals similar to those observed in the present study for the sowing date of March 1st for all adopted AWC values (20, 40 and 60 mm).

The situations of lower water supply requirements for watermelon cropping corresponded to the sowing dates from January 1st to March 1st, due to higher rainfall levels in those months in the Piauí State. That is, it is the highest rainfall season mainly affecting in the northern region of the State (MEDEIROS, 1996).

From the sowing date of April 1st, the demand for irrigation increased with the appearance of the class intervals of gross irrigation depths that oscillated between 225 and 300 mm, mainly from the south center to the south of the State. With the sowing delayed to May 1st, there is a predominance of depth intervals between 225 and 300 mm for all values of AWC. This class interval increased the coverage area in the State when sowing was delayed to June 1st (FIGURE 3). According to Oliveira and Silva (2009), the thematic maps (water supply and demand) generated serve as a guide to set the best sowing dates for crops.

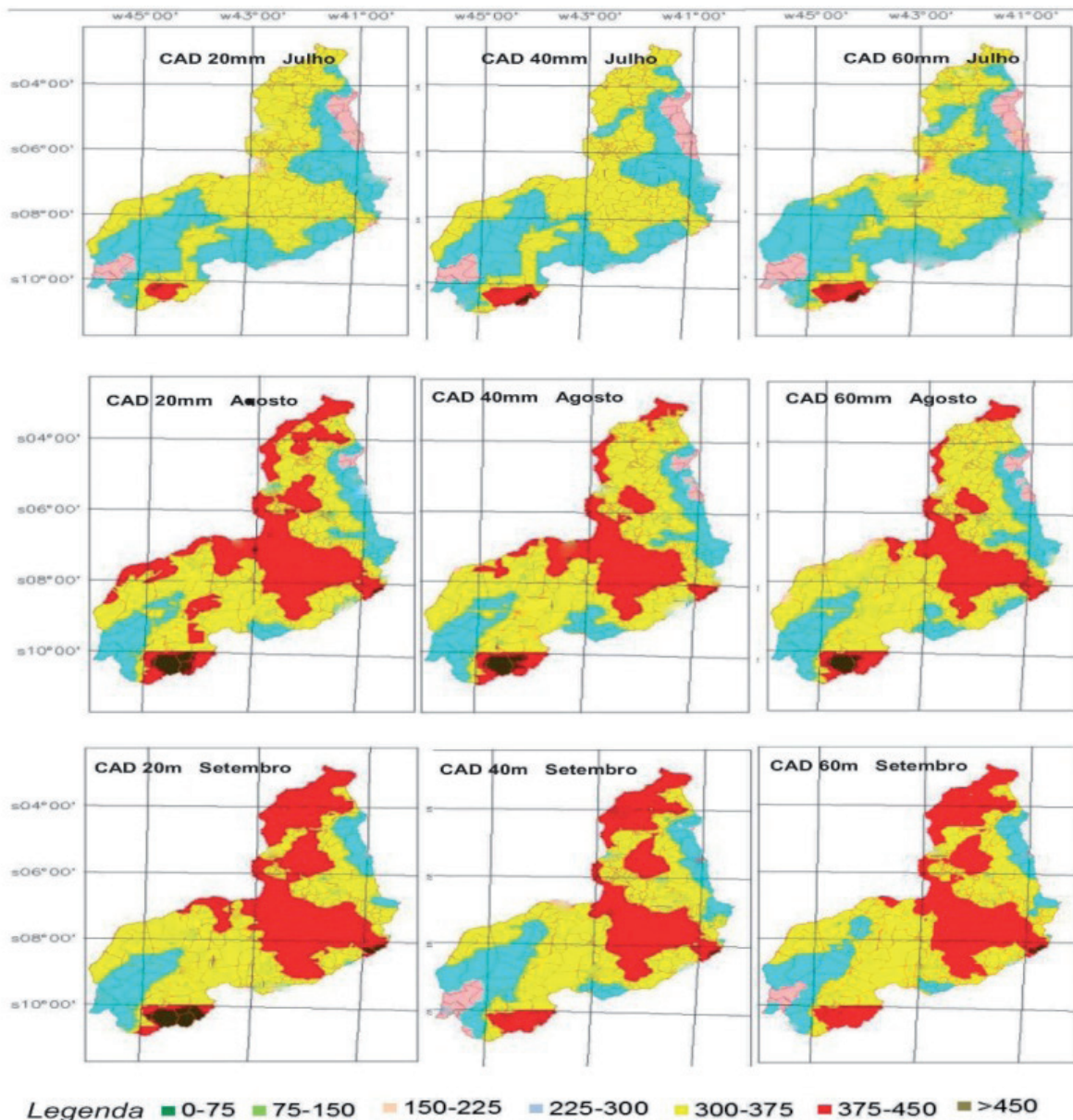
Figure 3 - Gross irrigation depths (mm) for watermelon crops in the Piauí State, Brazil, with sowing taking place from April 1st to June 1st and with different soil available water capacities.



Source: Elaborated by the authors (2014).

When sowing took place on July 1st, the classes of depths between 300 and 375 mm increased their area of coverage from the center to the north of the State, and there were small areas with irrigation demand higher than 375 mm in the south (FIGURE 4).

Figure 4 - Gross irrigation depths (mm) for watermelon crops in the Piauí State, Brazil, with sowing taking place from July 1st to September 1st and with different soil available water capacities.



Source: Elaborated by the authors (2014).

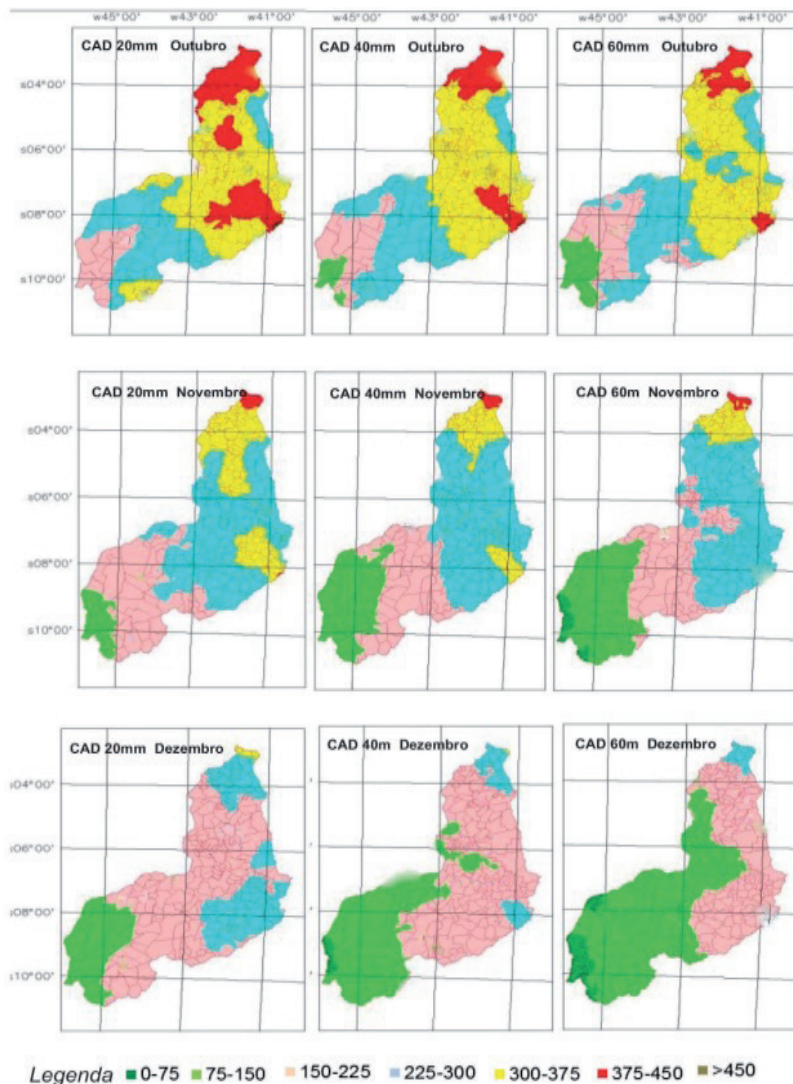
The classes of depths between 150 and 225 mm practically disappeared when the sowing date was August 1st. The classes of depths between 375 and 450 mm increased its area of coverage, mainly in the northern center of the State. Andrade Júnior (2000) obtained a similar result for the

month of August, with values around 357.9 mm in the micro-region of Teresina, and 464.8 mm in the micro-region of Parnaíba, in the same Piauí State.

When sowing took place on September 1st, the classes of depths between 375 and 450 mm occurred in the north center and increased its area of coverage in the north of the State. This corroborates the result obtained by Rossato (2001), in which, for the same sowing dates (August 1st to September 1st), the soils showed the lowest amounts of accumulated water, thus increasing the amount of water to be applied to the soil for watermelon crops.

When sowing took place on October 1st, the classes of depths between 375 and 450mm decreased in occurrence, occurring only in the north and northeast of the State. This is in accordance with the values recommended by Doorenbos and Kassam (2000), who suggest depths ranging from 400 to 600 mm for a complete cycle of watermelon crops (FIGURE 5).

Figure 5 - Gross irrigation depths (mm) for watermelon crops in the Piauí State, Brazil, with sowing taking place from October 1st to December 1st and with different soil available water capacities.



Source: Elaborated by the authors (2014).

When sowing was delayed to November 1st, the depths between 75 and 150 mm covered the southern region of the Piauí State, decreasing in occurrence those between 300 and 375 mm that were restricted to the north. In addition, the depths between 375 and 450 mm were encompassed practically the northern end with small coverage area.

When the sowing date was December 1st, the classes of depths between 75 and 150 mm occurred from the south to the north center of the State. The area of coverage of depths between 150 and 225 mm ranged from the center north to the north of the State. In turn, small coverage areas were associated with depths in the interval between 225 and 300 mm, that occurred only in the northern region of Piauí State.

Conclusions

The sowing dates with the need for smaller irrigation sheets for the cultivation of watermelon throughout the State of Piauí and in all CAD situations are January 1st, February 1st and March 1st, and the sowing dates in need of Major irrigation sheets are August 1st, September 1st and October 1st.

The regionalized irrigation blanks varied according to the capacity of water available in the soil - CAD and date of planting.

Mapas temáticos para irrigação da cultura de melancia no estado do Piauí

Resumo

Em regiões semiáridas, o manejo inadequado da irrigação na cultura da melancia aumenta consideravelmente as perdas de produtividade. Em razão disso buscou-se regionalizar lâminas de irrigação necessárias para o cultivo da melancia no Estado do Piauí, considerando diversas épocas de semeadura e solos com diferentes capacidades de retenção de água. As lâminas de irrigação foram determinadas pelo balanço hídrico de cultivo, considerando uma série histórica de quinze anos, proveniente de registros diários de precipitação pluviométrica em 165 locais dessa região. A evapotranspiração de referência (ET_0) e as respectivas lâminas brutas de irrigação foram estimadas em escala diária, para cada local. Em seguida, as lâminas brutas de irrigação foram espacializadas para toda região alvo por meio de uma rotina realizada no Excel e posteriormente utilizando o software SPRING 5.1.2, em função da capacidade de água disponível no solo e da data de semeadura. As datas de semeadura com a necessidade de lâminas de irrigação menores para o cultivo de melancia no Piauí foram 1º de janeiro, 1º de fevereiro e 1º de março e, em relação às datas de semeadura, as maiores lâminas de irrigação foram verificadas em 1º de agosto, 1º de setembro e 1º de outubro. Os lençóis de irrigação regionalizados variaram de acordo com a capacidade de água disponível no solo e a data de plantio.

Palavras-chave: *Citrullus lanatus*. Balanço hídrico. Simulação. Planejamento.

References

- ANDRADE JÚNIOR, A. S. de. **Viabilidade da irrigação, sob risco climático e econômico, nas microrregiões de Teresina e Litoral Piauiense**. Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo – 2000.
- AZEVEDO, B. M.; BASTOS, F. G. C.; VIANA, T. V. A.; RÊGO, J. L.; D’ÁVILA, J. H. T. Efeitos de níveis de irrigação na cultura da melancia. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v. 36, n. 1, p. 9-15, 2005.
- BEZERRA, F. M. L.; OLIVEIRA, C. H. L. Evapotranspiração máxima e coeficiente de cultura nos estádios fenológicos da melancia irrigada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 2, p. 173-177, 1999.
- CARVALHO, R. N. de. **Cultivo da melancia para a agricultura familiar**. Brasília, EMBRAPA -SPI, 1999. 127 p.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, 2000. 221 p. (Estudos FAO: Irrigação e drenagem, nº 33, tradução Gheyi, H. R. e outros. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2000).
- DOOREMBOS, J.; PRUITT, W. O. **Necessidade hídrica das culturas**. Trad. de GHEYI, H.R.; METRI, J. E. C.; DAMASCENO, F. A. V. Damasceno. Campina Grande: UFPB, 1997. p. 47-72: Escolha do coeficiente de cultivo: Kc. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 24).
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. Brasília, 2006.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Soluções tecnológicas. Metodologia para estimativa da precipitação efetiva em áreas agrícolas. Embrapa Cerrados. Planaltina-DF, 2003.
- FERREIRA, V. M. **Coeficiente de cultura e lâmina ótima de irrigação para a melancia, na microrregião de Teresina-PI**. 2012. Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura** – Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2008.
- IBGE–INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-2018. Disponível em: <<http://sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp>>. Acesso em: 06 jun. 2019.
- LIMA, M. G. de; RIBEIRO, V. Q. Equações de estimativa da temperatura do ar para o Estado do Piauí. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 2, p. 221-227, 1998.
- MEDEIROS, R. M. de. **Isoietas médias mensais e anuais do Estado do Piauí**. Teresina: Secretaria de Agricultura e Abastecimento e Irrigação, Departamento de Hidrometeorologia, 1996, 24 p.

MOUSINHO, F. E. P.; COSTA, R. N. T.; SOUZA, F.; GOMES FILHO, R. R. Função de resposta da melancia à aplicação de água e nitrogênio para as condições edafoclimáticas de Fortaleza, CE. **Revista Irriga**, Botucatu-SP, v. 8, n. 3, p. 264-272, 2003.

MOUSINHO, F. E. P.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; FRIZZONE, J. A. Viabilidade econômica do cultivo irrigado do feijão-caupi no Estado do Piauí. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá-PR, v. 30, n. 1, p.139-145, 2008.

OLIVEIRA, L. F. C.; SILVA, M. A. S. Regionalização da lâmina suplementar de irrigação e época de semeadura do milho no estado de Goiás e Distrito Federal. **Biosciense Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 4, p. 43-52, July/Aug. 2009.

OLIVEIRA, J. R. **Espacialização das lâminas de irrigação para a cultura da melancia no estado do Piauí**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Piauí – UFPI. Teresina-PI. 84f. 2014.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R. SENTELHAS.; P. C. **Agrometeorologia: Fundamentos e Aplicações Práticas**. Agropecuária-Guaíba, 478 p., 2002.

RODRIGUES, B. H. N.; ATHAYDE SOBRINHO, C.; BASTOS, E. A.; MELO, F. de B; CARDOSO, M. J.; SILVA, P. H. S. da; DUARTE, R. L. R. **A cultura da melancia/Embrapa Meio-Norte** – 2. ed. rev. Amp. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. 85 p. il. (Coleção Plantar, 57).

ROSSATO, L. **Estimativa da capacidade de armazenamento de água no solo do Brasil**. São José dos Campos–SP. INPE, 2001.

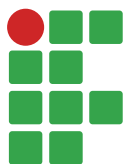
SAMPAIO, S. C.; CORREA, M. M.; VILAS BOAS, M. A.; OLIVEIRA, L. F. C. de. Estudo da precipitação efetiva para o município de Lavras, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB. v. 4, n. 2, p. 210-213, 2000.

SANTOS, A. R.; PELUZIO, T. M. O.; SAITO, N. S. **Spring 5.1.2 Passo a Passo: Aplicações Práticas**. Alegre, ES: CAUFES, 2010. v.1, 153p.

SARAIVA, K. R.; BEZERRA, F. M. L.; SOUZA, F.; CAMBOIM NETO, L. F. Aplicação do “ISAREG” no manejo da irrigação na cultura da melancia no Baixo Acaraú, Ceará. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza-CE. v. 44, n. 1, p. 53-60, 2013.

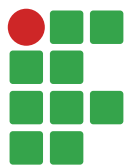
Received: April 3, 2019

Accepted: June 7, 2019



Sumário

Características agrônômicas de genótipos de girassol na segunda safra em Muzambinho - MG.....	121
Guilherme Henrique Expedito Lense, Fernanda Almeida Bócoli, Alberto Donizete Alves	
Volatilização de amônia por fertilizantes nitrogenados aplicados em cobertura no milho sob dois sistemas de cultivo.....	132
César Ferreira Santos, Sheila Isabel do Carmo Pinto, Konrad Passos e Silva, Paulino da Cunha Leite, Vagner Aparecido Vitor	
Índices de conforto térmico de vacas lactantes em instalação <i>free stall</i> adaptada	143
João Marcos de Carvalho Vasconcelos, Sindynara Ferreira, Elisa de Souza Junqueira Rezende, José Luiz de Andrade Rezende Pereira	
Efeito do Bayfolan® cobre no controle de <i>Pseudomonas syringae pv. garcae in vitro</i>	156
Amanda Pereira Honório, Roseli dos Reis Goulart, Eunice Maria Baquião	
Crescimento inicial da pitaya (<i>Hylocereus undatus</i>) em função da adubação com NPK..	165
Ana Flávia Matias Gonçalves, Sheila Isabel do Carmo Pinto, Ricardo Monteiro Corrêa	
População de percevejos em diferentes espaçamentos de cultivo de algodoeiro	174
Izidro dos Santos de Lima Junior, Paulo Eduardo Degrande, Elmo Pontes de Melo, Ligia Maria Maraschi da Silva Piletti, Antonio Luiz Viegas Neto	
Desempenho agrônômico e severidade de ferrugem comum em milho sob diferentes fontes de nitrogênio	184
Hélcio Duarte Pereira, Renzo Garcia Von Pinho, Ivan Vilela Andrade Fiorini, Ewerton Lélys Resende, Felipe Ribeiro Resende, Luiz Paulo Miranda Pires	
Comparação de modelos não lineares na descrição da mineralização do carbono no solo tratado com dejetos de suínos.....	196
Gustavo Sérgio de Paula, Edilson Marcelino Silva, Thais Destefani Ribeiro Furtado, Ariana Campos Frühauf, Joel Augusto Muniz	



Características agronômicas de genótipos de girassol na segunda safra em Muzambinho - MG

Guilherme Henrique Expedito Lense¹

Fernanda Almeida Bócoli²

Alberto Donizete Alves³

Resumo

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma oleaginosa com características agronômicas que justificam seu cultivo no sudeste brasileiro. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho agrônômico de genótipos de girassol cultivados em Muzambinho (MG) na segunda safra. Foi adotado o delineamento em blocos casualizados (DBC), com seis genótipos (MULTISSOL, BRS G35, BRS G47, BRS G48, M734, e SYN 045) e quatro repetições, totalizando 24 parcelas experimentais com área de 16,8 m² em cada parcela. Adotou-se uma população de aproximadamente 45.000 plantas ha⁻¹. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e ao Teste Tukey, a 5% de probabilidade. Ocorreu variação no comportamento agrônômico dos genótipos para todos os parâmetros avaliados. A variedade MULTISSOL foi o genótipo que apresentou maior precocidade. O híbrido SYN 045 apresentou maior duração do ciclo. O híbrido M734 se mostrou como o genótipo com maior peso de 1.000 aquênios. Os genótipos que proporcionaram maiores rendimentos de grãos e de óleo foram M734, SYN 045 e BRS G48. Os maiores teores de óleo nos aquênios foram observados para SYN 045 e BRS G48.

Palavras-chave: *Helianthus annuus* L. Florescimento. Produção de óleo.

Introdução

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma dicotiledônea anual da família Asteraceae, apresentando características agrônômicas importantes, como maior resistência à seca, ao frio e ao calor. Além disso, adapta-se a diferentes condições edafoclimáticas, sendo sua produção pouco influenciada pela latitude, altitude e fotoperíodo (CASTRO et al., 1997).

São diversos os usos do girassol, a planta pode ser utilizada para produção de silagem e os grãos para a fabricação de ração animal. Pode-se realizar a extração de óleo de alta qualidade para consumo humano ou utilizá-lo como matéria-prima para produção de biodiesel, a planta também é empregada como ornamental em decorações ou ainda na alimentação de pássaros (LEITE et al., 2005).

Devido a esses diversos usos e as suas particularidades agrônômicas, a cultura do girassol gera uma crescente demanda do setor industrial e comercial, fazendo desta uma boa alternativa econô-

1 Universidade Federal de Alfenas, mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. guilhermeelense@gmail.com. Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700, Centro, 37130-000, Alfenas, Minas Gerais, Brasil.

2 Universidade Federal de Lavras, mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. fernanda.muz@hotmail.com.

3 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) - Campus Muzambinho, professor. alberto.alves@muz.ifsuldeminas.edu.br.

mica na rotação, consórcio e sucessão de cultivos em regiões onde predomina a produção de grãos (PORTO; CARVALHO; PINTO, 2007).

A área de girassol plantada no Brasil na safra 2014/2015 correspondeu a 111,5 mil hectares com uma produtividade média de 1.374,0 kg ha⁻¹, nesse ano agrícola o estado do Mato Grosso ocupava a liderança na produção nacional, com 86 mil hectares plantados e uma produtividade de 1.348,0 kg ha⁻¹. Minas Gerais, por sua vez, apresentava 14 mil hectares cultivados com girassol em 2015, com produtividade média de 1.465,0 kg ha⁻¹, região caracterizada pela semeadura na segunda safra, ocorrendo normalmente em março e abril com previsão de colheita entre julho e agosto (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2016).

A entrada do girassol no processo produtivo e a maior adesão pelos produtores no seu plantio podem ser viabilizadas pelo fato de a sua cadeia produtiva utilizar, mediante algumas adaptações técnicas, o mesmo maquinário disponível para a produção e o processamento de outros grãos, por exemplo, a soja (PIVETTA et al., 2012). Além disso, a adoção do cultivo de girassol na safrinha é uma alternativa para produção de grãos e de óleo, cujo óleo apresenta um valor de mercado maior em comparação ao óleo de soja usado na alimentação humana e, por outro lado, também se diminui a ociosidade das indústrias beneficiadoras, ocorre otimização do uso da terra, maquinário e mão de obra, além de favorecer a criação e a duração de empregos nas regiões produtoras (CAPONE et al., 2012).

Na produção de girassol, entre os diversos parâmetros a serem observados antes da introdução da cultura, a escolha adequada de cultivares constitui um dos principais componentes do sistema de produção e, sabendo-se da existência da interação genótipos *versus* ambientes, são necessárias diversas avaliações em redes de ensaios, a fim de determinar o comportamento agrônomo dos genótipos de girassol e sua adaptação aos diversos ambientes e condições locais (PORTO; CARVALHO; PINTO, 2007).

As informações sobre o desempenho de genótipos de girassol em diferentes regiões são obtidas principalmente a partir da Rede de Ensaios de Avaliação de Genótipos de Girassol, que consiste em vários experimentos realizados desde 1989 em diversas regiões do país visando à seleção e à avaliação de genótipos de girassol de várias empresas e demais instituições, coordenados pela Embrapa Soja e conduzidos por entidades públicas e privadas (PORTO et al., 2009).

A cada ano que se passa, novos genótipos são avaliados em regiões de cultivo diversas, que exercem forte influência na adaptação da cultura do girassol, sendo selecionados os materiais que apresentam características agrônômicas favoráveis e melhor adaptação. Com essas informações, é facilitada a escolha do cultivar pelo produtor em regiões com condições edafoclimáticas similares (DALCHIAVON et al., 2016).

A expansão do cultivo de girassol no país pode ser favorecida pela seleção de variedades ou híbridos com alta produtividade e adaptabilidade a diferentes regiões, porém para que isso ocorra são necessários mais estudos que identifiquem os genótipos favoráveis a cada região do Brasil. Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar as características agrônômicas de genótipos de girassol cultivados na segunda safra em Muzambinho no Sul de Minas Gerais e determinar quais genótipos apresentam desempenho superior nessa região.

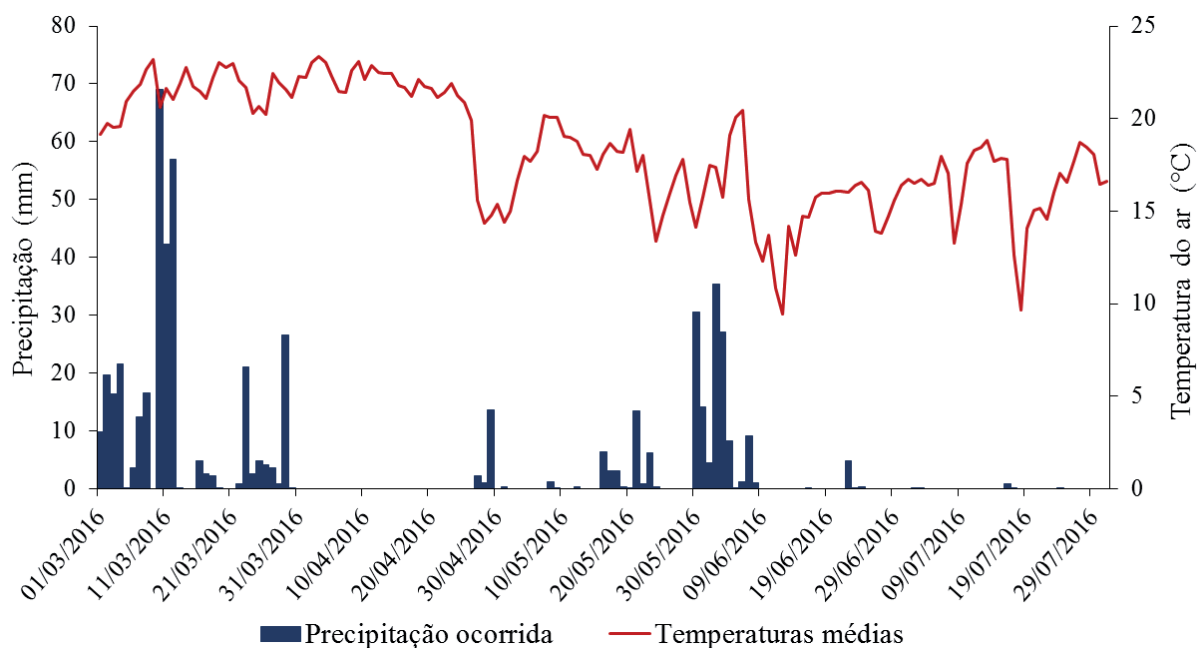
Material e métodos

O experimento foi conduzido de março a julho do ano de 2016, em um período compreendido como segunda safra, na localização 21°20'67" Sul e 46°32'22" Oeste, altitude de 1.033 m.

O trabalho corresponde a um dos experimentos da Rede de Ensaio de Avaliação de Genótipos de Girassol, coordenada pela Embrapa Soja.

O clima da região é caracterizado como Cwb segundo a classificação de Köppen, sendo temperado úmido com inverno seco e verão moderadamente quente (SÁ JÚNIOR et al., 2012). A temperatura média ocorrida durante o período experimental foi de 18,8°C; com médias de temperaturas máximas e mínimas de 25,6°C e 14,0°C, respectivamente. A precipitação total ocorrida foi de 414,2 mm, concentrando-se principalmente no mês de março e final do mês de maio - começo de junho. Na Figura 1, estão representados os dados climáticos coletados em estação meteorológica próxima à área experimental:

Figura 1 – Condições climáticas durante o período de condução do ensaio experimental.



Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

No ensaio, adotou-se o delineamento em blocos casualizados (DBC), com seis genótipos correspondentes aos tratamentos, sendo duas variedades: MULTISSOL, BRS G35 e quatro híbridos: BRS G47, BRS G48, M734 e SYN 045, dos quais dois eram testemunhas (M734 e SYN 045), referentes aos genótipos mais utilizados comercialmente. Foram realizadas quatro repetições, totalizando 24 parcelas. As parcelas experimentais foram constituídas de 4 linhas com 6 m de comprimento, com espaçamento entrelinhas de 0,7 m, contendo área de 16,8 m² por parcela. Apenas as duas linhas centrais (5,0 m) foram utilizadas como área útil para avaliação (7,0 m²).

O solo da área do ensaio foi classificado como Latossolo Vermelho Eutrófico, a sementeira foi realizada no dia 23 de março de 2016, a uma profundidade de três centímetros, adotando três sementes por cova, juntamente com a aplicação manual de 286,0 kg ha⁻¹ de N-P-K (08-28-16) de acordo com a análise de solo (TABELA 1) e as exigências nutricionais da cultura.

Tabela 1 – Resultado da análise de solo da área experimental em Muzambinho (MG), janeiro de 2016.

pH ¹	MO ²	P ³	K ³	Ca ⁴	Mg ⁴	B ⁵	Al ⁴	H+Al	SB	t	T	V	M
	dag kg ⁻¹	mg dm ⁻³	cmol dm ⁻³						%				
6,4	3,14	13,3	300	3,4	1,4	0,3	0	2,5	5,5	5,5	8	69	0

¹pH em água; ²oxi-redução; ³Extrator: Mehlich-1; ⁴ Extrator: KCl 1 mol L⁻¹; ⁵água quente; SB: Soma de bases; t: CTC efetiva; T: CTC a pH 7; V: Saturação por bases; m: Saturação por alumínio.

Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

A emergência ocorreu no dia 28 de março com aproximadamente 100% de plantas emergidas e aos 7 dias após emergência (DAE) foi feito desbaste, deixando 21 plantas por linha, representando uma população de aproximadamente 45 mil plantas ha⁻¹. Aos 30 DAE, procedeu-se com a adubação de cobertura em uma dose de 148,0 kg ha⁻¹ de NPK (25-00- 25) e 2,0 kg ha⁻¹ de boro (Ácido bórico).

Quanto ao controle de plantas daninhas na área, foi realizada capina manual, com o auxílio de enxada. Para o controle da lagarta preta do girassol (*Chlosyne lacinia saundersii* Doubleday & Hewilson), realizou-se a aplicação de Acetamiprido + Alfa-Cipermetrina, na dose de 0,3 L ha⁻¹. Em relação à ocorrência de doenças foliares, não houve o controle em virtude da baixa incidência, porém observou-se ocorrência moderada de *Sclerotinia sclerotiorum*. O principal problema observado na condução do ensaio foi o ataque severo de pássaros (*Pionus maximiliani*), sendo necessário para os genótipos mais tardios o ensacamento.

A colheita foi realizada quando os genótipos ultrapassaram a maturação fisiológica, sendo o último genótipo colhido em 27 de julho de 2016, os capítulos foram condicionados em casa de vegetação para secagem.

As características avaliadas foram: dias após semeadura para o florescimento inicial (DFI): anotado quando 50% das plantas das duas linhas centrais da parcela encontravam-se no estágio fenológico R4; dias após semeadura para a maturação fisiológica (DFI): quando 90% das plantas da parcela útil apresentavam capítulos com brácteas de coloração entre amarelo e castanho com 30% de umidade nos aquênios; altura da planta (AP, em cm): obtida pela média de 10 plantas na área útil medidas em plena floração do nível do solo até a inserção do capítulo; curvatura do caule (CC): avaliação visual utilizando a escala de classificação de Castiglioni et al. (1997); tamanho do capítulo (TC): obtido pela média de 20% das plantas da área útil da parcela, medidos no ponto de maturação fisiológica; peso de mil aquênios (P1000, em g): obtida pela contagem direta de 1.000 aquênios e posterior pesagem destes em balança de precisão; produtividade de grãos em kg ha⁻¹: considerando-se 21 plantas das duas linhas centrais da parcela como parâmetro, corrigida a 11% de umidade; teor de óleo (%): determinado utilizando solvente éter de petróleo em um extrator Soxhlet, segundo a metodologia da American Oil Chemists Society (1997) e realizado pela Embrapa Soja; por fim, estimou-se o rendimento de óleo em kg ha⁻¹ a partir dos dados de produtividade e do teor de óleo.

Os dados experimentais obtidos foram submetidos à análise de variância pelo Teste F e as médias dos tratamentos comparadas pelo Teste Tukey, a 5% de probabilidade, com auxílio do programa estatístico Sisvar® (FERREIRA, 2011).

Resultados e discussão

Durante a condução do ensaio experimental, a precipitação pluviométrica ocorrida (414,2 mm) foi um pouco abaixo da demanda hídrica da cultura, uma vez que o girassol exige precipitação acumulada de 500 a 700 mm distribuídos regularmente ao longo do seu ciclo (CASTRO et al., 1997). A manifestação das características agrônômicas da cultura do girassol pode ter sofrido influência do baixo índice de chuvas, sendo essa influência amenizada em virtude das precipitações ocorridas terem se concentrado nos períodos de maior necessidade da cultura, principalmente durante o florescimento.

Para todos os parâmetros avaliados, verificou-se efeito significativo pelo Teste F ($p < 0,05$), indicando que as condições ambientais de Muzambinho (MG) influenciaram de forma diferenciada o comportamento dos genótipos. Em todas as análises das características agrônômicas dos girassóis, os coeficientes de variação (CV) se apresentaram inferiores a 10%, valores considerados baixos (GOMES, 1990), indicando confiabilidade nos dados e boa precisão experimental.

A testemunha SYN 045 foi o genótipo que apresentou florescimento inicial (DFI) mais tardio (80 dias), e a cultivar MULTISSOL foi a mais precoce (60 dias), ambos diferindo estatisticamente entre si e dos demais (TABELA 2). A testemunha M734, o híbrido BRS G47 e a variedade BRS G35 não diferiram entre si e diferiram de BRS G48. Massignam e Angelocci (1993) relataram a baixa interferência dos fatores climáticos no florescimento inicial da cultura girassol. Por sua vez, Nobre et al. (2012) mencionaram que a variação nessa característica pode estar relacionada principalmente ao próprio genótipo.

Quanto à maturação fisiológica, as testemunhas SYN 045 e M734 foram os genótipos mais tardios (125 e 122,3 dias, respectivamente), não apresentando diferença estatística entre si. A variedade MULTISSOL apresentou o menor período de tempo para atingir a maturação fisiológica, correspondente neste caso aos 109 dias, aspecto esse de grande relevância, uma vez que para o plantio em safrinha são indicados cultivares de ciclo precoce a médio, buscando diminuir o risco de estresse hídrico, principalmente na fase de florescimento (FARIAS NETO et al., 2000).

Além disso, quando comparados aos cultivares mais tardios, cultivares que se apresentam mais precoces e ficam menos tempo em campo estão menos sujeitos à incidência de insetos-praga e doenças e, caso não seja realizado o eficiente controle desses agentes, essa menor estadia no campo pode reduzir o risco de perdas de produção (DALCHIAVON et al., 2016).

Dalchiavon, Malacarne e Carvalho (2016) relataram que o híbrido M734, quando cultivado em Campo Novo do Parecis (MT), atingiu a maturidade fisiológica aos 97 dias após o plantio. Em Muzambinho (MG), este híbrido só atingiu a maturidade fisiológica aos 122,3 dias. Essa diferença se justifica principalmente em virtude da influência do clima, uma vez que no Sul de Minas Gerais o clima é mais ameno, aumentando o ciclo do girassol.

Tabela 2 – Resultados médios das características agronômicas: dias após semeadura para o florescimento inicial (DFI), dias após semeadura para a maturação fisiológica (DMF), altura da planta (AP), curvatura do caule (CC) e tamanho do capítulo (TC) de diferentes genótipos de girassol cultivados em março a julho do ano de 2016, Muzambinho, Sul de Minas Gerais.

Genótipos	Variáveis				
	DFI (dias)	DMF (dias)	AP (cm)	CC	TC (cm)
M734	68,0 c	122,3 ab	129,5 b	5,0 a	16,6 ab
SYN 045	80,0 a	125,0 a	152,0 a	4,0 b	17,4 a
BRS G47	68,3 c	114,0 d	141,5 ab	4,0 b	16,6 ab
BRS G48	72,0 b	119,0 c	139,5 ab	4,5 ab	16,9 a
BRS G35	66,8 c	121,8 bc	128,3 b	4,0 b	16,5 ab
MULTISSOL	60,0 d	109,0 e	95,5 c	5,3 a	15,2 b
Médias	69,2	118,5	131,0	4,5	16,5
CV (%)	1,1	1,0	4,5	7,4	4,4

Médias de tratamentos seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

Os híbridos BRS G47, BRS G48 e a testemunha SYN 045 apresentaram maiores médias de altura de planta, sendo considerados estatisticamente iguais, por outro lado, a variedade MULTISSOL foi a que demonstrou menor média em relação a todos os outros genótipos (TABELA 2).

A média geral de altura dos genótipos foi de 131,0 cm, podendo ser considerada baixa quando comparada ao experimento de Nobre et al. (2012) realizado em Mocambinho no norte de Minas Gerais, também testando diferentes materiais em cultivo em safrinha. Neste caso, os genótipos apresentaram como média de altura de plantas o valor de 170,0 cm. A altura menor é uma característica desejável uma vez que plantas de girassol menores facilitam os tratamentos culturais, são menos propícias à quebra e ao acamamento quando em presença de intempéries, tendem a diminuir as perdas na colheita mecanizada, além de proporcionar maior sustentação ao capítulo (LEITE et al., 2005).

As maiores curvaturas do caule do girassol foram observadas para a testemunha M734, para o híbrido BRS G48 e para a variedade MULTISSOL, e esses não diferiram entre si, apresentando segundo a escala de classificação de Castiglioni et al. (1997) médias de 5,0; 4,5 e 5,3 respectivamente. Curvaturas de caule acentuadas podem ser consideradas um aspecto desfavorável, pois quando associadas a altas velocidades do vento contribuem para o acamamento e o quebramento de plantas (SANTOS et al., 2011), porém, em relação à incidência de pássaros, comum na área experimental, os genótipos com curvaturas mais acentuadas do caule apresentaram um efeito positivo com menor danos ocasionados por essa eventualidade.

O tamanho do capítulo por sua vez diferiu apenas entre a cultivar MULTISSOL e os híbridos SYN 045 e BRS G48, os quais apresentaram maiores médias (TABELA 2), indicando um aspecto favorável dos genótipos, uma vez que diâmetros de capítulos maiores associados a condições climáticas ótimas, manutenção das necessidades nutricionais da cultura do girassol e controle de possíveis pragas e doenças resultarão em maior número de aquênios e maior massa desses, gerando acréscimos em produtividade.

A testemunha M734 e a variedade MULTISSOL foram os genótipos que apresentaram maior peso de 1.000 aquênios com médias correspondentes a 75,4 g e 71,9 g; sendo que a testemunha M734 diferiu dos demais e a variedade MULTISSOL não diferiu apenas do híbrido BRS G47 (TABELA 3).

Os genótipos de girassol que possuem como característica genética alto peso de 1.000 aquênios apresentam potencial superior de produtividade de aquênios a materiais com baixo peso desses, sendo que esta característica é manifestada conforme as condições ambientais e o manejo da cultura, ressaltando a importância de adequadas práticas agronômicas (DALCHIAVON; MALACARNE; CARVALHO, 2016).

Tabela 3 – Avaliação de características agronômicas de híbridos e de variedades de girassol cultivados em março a julho do ano de 2016, Muzambinho, Sul de Minas Gerais.

Genótipos	Variáveis			
	Peso de 1.000 aquênios (g)	Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)	Teor de Óleo (%)	Rendimento de óleo (kg ha ⁻¹)
M734	75,4 a	2185,6 a	39,7 b	867,7 ab
SYN 045	64,1 c	1842,9 bc	44,1 a	812,7 bc
BRS G47	65,8 bc	1665,5 cd	44,4 a	739,5 c
BRS G48	61,1 cd	2049,0 ab	45,3 a	928,2 a
BRS G35	54,8 d	1348,0 e	45,1 a	607,9 d
MULTISSOL	71,9 ab	1481,2 de	39,3 b	582,1 d
Médias	65,5	1726,0	43,0	756,4
CV (%)	4,2	5,6	3,5	5,6

Médias de tratamentos seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

O genótipo BRS G48 foi um dos materiais com maior rendimento de grãos, estimado em 2.049,0 kg ha⁻¹, não diferindo das duas testemunhas M734 e SYN 045, que por sua vez diferiram estatisticamente entre si, os demais resultados estão expressos na Tabela 3. Apesar das diferenças dos valores quanto à produtividade, apenas a variedade BRS G35 apresentou média inferior à média geral de produtividade no ano de 2015 em Minas Gerais, que correspondeu a 1.465,0 kg ha⁻¹ (CONAB, 2016), indicando que os genótipos apresentaram boa produtividade com destaque para os híbridos M734 e BRS G48.

A média geral de rendimento de grãos foi de 1.726,0 kg ha⁻¹, valor este superior ao valor encontrado por Nobre et al. (2012) avaliando genótipos no período da safrinha em Nova Porteirinha (MG), onde obtiveram como produtividade média o valor de 1.407,9 kg ha⁻¹.

Os híbridos BRS G47, BRS G48 e a variedade BRS G35 apresentaram teor de óleo semelhante à testemunha SYN 045 e superior aos outros materiais. Por outro lado, os genótipos M734 e MULTISSOL apresentaram menores teores de óleo, não diferindo entre si e com médias representativas correspondentes a 39,7% e 39,3%, respectivamente. Para a testemunha M734, resultados semelhantes foram encontrados por Pivetta et al. (2012) que, avaliando híbridos de girassol em experimento conduzido no município de Palotina (PR), encontraram o menor teor de óleo para o material M734 correspondente a 35,05%.

A seleção de híbridos com maior teor de óleo é um fator relevante na cadeia produtiva do girassol, pois, atualmente, no processo de comercialização do girassol algumas indústrias estão re-

munerando os produtores com base no teor de óleo presente nos aquênios e não mais pela massa desses. Isso é justificado pelo fato de um genótipo com a maior produtividade de aquênios por área não necessariamente resultar em uma maior produtividade de óleo nessa mesma área, uma vez que o óleo é o produto mais almejado no final do processo industrial e considerado o principal produto comercial da cultura do girassol (IOCCA et al., 2015).

A soja, principal oleaginosa cultivada no país, apresenta um teor de óleo de 12,0% a 24,0%, de acordo com os efeitos do ambiente e das cultivares (SEDIYAMA et al., 1993), teor bem inferior aos teores encontrados no girassol neste trabalho, com média dos genótipos de 43%. O alto teor de óleo é um dos fatores que favorecem a adoção da cultura do girassol pelos produtores. Com o desenvolver de novas tecnologias, que aperfeiçoam o cultivo; a seleção de genótipos com características favoráveis à produção; a resistência a doenças como o mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*); a popularização do cultivo, o girassol poderá se tornar uma opção mais vantajosa à produção de óleo do que outras oleaginosas, incluindo a soja, ganhando espaço no cenário nacional.

Em relação à estimativa de rendimento de óleo, a maior média (928,2 kg ha⁻¹) foi obtida a partir do híbrido BRS G48 não diferindo apenas da testemunha M734, demonstrando o potencial de produção de óleo desses dois genótipos. As menores médias foram observadas para as variedades BRS G35 e MULTISSOL, as quais não diferiram estatisticamente entre si (TABELA 3).

É válido ressaltar que apesar de a testemunha M734 ter apresentado menor teor de óleo que os genótipos BRS G47 e BRS G35, seu rendimento de óleo foi maior em virtude da sua elevada produtividade. Esse fato destaca que quando se opta pela implantação da cultura do girassol com o intuito final na produção de óleo, a adoção de cultivares que apresentam alto teor deste em seus aquênios é um fator que deve ser avaliado em conjunto com outros parâmetros com destaque para a produtividade, além de se atentar para o adequado manejo da cultura.

Em relação aos parâmetros avaliados com base no rendimento, as testemunhas M734 e SYN 045 apresentaram valores em geral superiores aos demais genótipos testados, com exceção apenas para o híbrido BRS G48 que se mostrou um genótipo com ótimas características produtivas, podendo ser uma alternativa à adoção do seu cultivo no Sul de Minas.

Conclusões

A variedade MULTISSOL foi o genótipo que apresentou maior precocidade, porém essa cultivar teve baixos índices produtivos, podendo ser utilizada pelo produtor quando a finalidade não é a produção de grãos (silagem, cobertura de solo entre outros).

Em relação às características produtivas, os genótipos M734, SYN 045 e BRS G48 apresentam resultados superiores, mostrando-se como alternativas vantajosas para adoção na semeadura pelos produtores de girassol do Sul de Minas.

Agradecimentos

Especialmente à Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela bolsa de estudos ofertada ao primeiro autor. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento ao estudo - Código Financeiro 001.

Sunflowers genotypes agronomics features in the second harvest in Muzambinho (MG)

Abstract

The sunflower (*Helianthus annuus* L.) is an oilseed crop with agronomic features that justify its tillage in the southeast of Brazil. The objective of this work was to evaluate the agronomic performance of sunflower genotypes tallaged in Muzambinho (MG) in the second harvest. It was adopted the randomized blocks design, with six genotypes (MULTISSOL, BRS G35, BRS G47, BRS G48, M734, and SYN 045) and four repetitions, totalizing 24 experimental plots with an area of 16.8 m² on its plot. The plant population adopted was about 45000 plants ha⁻¹. The obtained data were submitted to the analysis of variance and the Tukey test, by 5% of probability. There was variation in the agronomic performance of the genotypes to all evaluate parameters. The variety of MULTISSOL was the genotype that presented the larger precocity. The hybrid SYN 045 presented the longer cycle. The hybrid M734 is the genotype with a bigger weight of 1.000 achenes. The genotypes that provided the better yield of grains and oil were M734, SYN 045 and BRS G48. The biggest oil content in the achenes was observed in SYN 045 and BRS G48.

Keywords: *Helianthus annuus* L. Flowering. Oil production.

Referências

AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY - AOCS. **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists Society**. 5.ed. Champaign, IL: AOCS, 1997.

CAPONE, A.; BARROS, H. B.; SANTOS, E. R. dos; CASTRO E. F.; SANTOS, A. F. dos; FIDELIS, R. R. Efeito de épocas de semeadura de girassol na safrinha, em sucessão à soja no Cerrado Tocantinense. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 1, p. 102-109, jan/fev, 2012.

CASTIGLIONI, V. B.; BALLA, A.; CASTRO, C. E.; SILVEIRA, J. M. **Fases de desenvolvimento da planta de girassol**. Londrina: Embrapa. 1997. 24 p.

CASTRO, C. de; CASTIGLIONI, V. B. R.; BALLA, A.; LEITE, R. M. V. B. C.; KARAM, D.; MELLO, H. C.; GUEDES, L. C. A.; FARIAS, J. R. B. **A cultura do girassol**. Londrina: Embrapa Circular Técnica, 13, 1997. 36p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento Safra Brasileira de Grãos**, v. 9, Safra 2015/16 - Nono levantamento, Brasília, p. 1-178, junho 2016.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, C. G. P. de; AMABILE, R. F.; GODINHO, V. P. C.; RAMOS, N. P.; ANSELMO, J. L. Características agrônômicas e suas correlações em híbridos de girassol adaptados à segunda safra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 11, p. 1806-1812, nov. 2016.

DALCHIAVON, F. C.; MALACARNE, B. J.; CARVALHO, C. G. P. de. Características agronômicas de genótipos de girassol (*Helianthus annuus* L.) em segunda safra no Chapadão do Parecis – MT. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 39, p. 178-186, mar., 2016.

FERREIRA, D. F. Sisvar®: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 12. ed. São Paulo: Nobel, 1990. 467 p.

IOCCA, A. F. S.; DALCHIAVON, F. C.; MALACARNE, B. J.; CARVALHO, C. G. P. de. Avaliação do teor e produtividade de óleo em genótipos de girassol. Reunião Nacional de Pesquisa de Girassol, 21., Simpósio Nacional sobre a Cultura do Girassol, 9., Londrina, **Anais...Londrina/PR**, p. 125-128, 2015.

LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. de. **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 641p.

MASSIGNAM, A. M. E.; ANGELOCCI, L. R. Relações entre temperatura do ar, disponibilidade hídrica no solo, fotoperíodo e duração de sub-períodos fenológicos do girassol. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 63-69, 1993.

FARIAS NETO, A. L. F.; AMABILE, R. F.; AZEVEDO, J. A. de; FONSECA, C. E. L. da; CASTIGLIONI, V. B. Avaliação de variedades de Girassol nos Cerrados do Distrito Federal. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 47, n. 273, p. 469-482, 2000.

NOBRE, D. A. C.; RESENDE, J. C. F. de; BRANDÃO-JÚNIOR, D. S.; COSTA, C. A. da; MORAIS, D. L. B. Desempenho agronômico de genótipos de girassol no norte de Minas Gerais. **Revista Agroambiente On-line**, Boa Vista, v. 6, n. 2, p. 140-147, maio-agosto, 2012. Disponível em: <<https://revista.ufrr.br/agroambiente/article/view/781>>. Acesso em: 04 set. 2017.

PIVETTA, L. G.; GUIMARÃES, V. F.; FIOREZE, S. L.; PIVETTA, L. A.; CASTOLDI, G. Avaliação de híbridos de girassol e relação entre parâmetros produtivos e qualitativos. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 43, n. 3, p. 561-568, jul-set, 2012.

PORTO, W. S.; CARVALHO, C. G. P.; PINTO, R. J. B. Adaptabilidade e estabilidade como critérios para seleção de genótipos de girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 4, p. 491-499, abr, 2007.

PORTO, W. S.; CARVALHO, C. G. P. de; PINTO, R. J. B.; OLIVEIRA, M. F. de; OLIVEIRA, A. C. B. de. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de girassol para a região subtropical do Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 9, p. 2452-2459, dez., 2009.

SÁ JUNIOR, A.; CARVALHO, L. G.; SILVA, F. F.; ALVES, M. C. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, Wien, v. 108, p. 1-7, 2012.

SANTOS, A. R. dos; SALES, E. C. J.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; PIRES, A. J. V.; REIS, S. T. dos; RODRIGUES, P. S. Desempenho de genótipos de girassol sob irrigação nas condições do semiárido. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 12, n. 3, p. 594-606, 2011.

SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M. G.; SEDIYAMA, C. S.; GOMES, J. L. L. **Cultura da soja: parte I**. Viçosa, MG: UFV, 1993. 97p.

Submetido em: 11/07/2018

Aceito em: 20/09/2018



Volatilização de amônia por fertilizantes nitrogenados aplicados em cobertura no milho sob dois sistemas de cultivo

César Ferreira Santos¹

Sheila Isabel do Carmo Pinto²

Konrad Passos e Silva³

Paulino da Cunha Leite⁴

Vagner Aparecido Vitor⁵

Resumo

Uma das tecnologias mais promissoras para o aumento da eficiência de aproveitamento do N é a utilização de fertilizantes de liberação lenta ou controlada que reduzem as perdas do N por volatilização. Neste contexto, o trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência de fontes nitrogenadas aplicadas na adubação de cobertura do milho safrinha. O experimento foi instalado em blocos casualizados em esquema fatorial 2x4, sendo dois sistemas de cultivo (convencional e plantio direto) e quatro fertilizantes nitrogenados aplicados em cobertura (ureia perolada, ureia+Cu+B, ureia NBPT e fertilizante complexo) e quatro repetições. Foram avaliadas as perdas de N-NH₃ por volatilização no período de quatorze dias após a adubação nitrogenada de cobertura do milho. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Nas condições em que o trabalho foi desenvolvido, observou-se que a ureia perolada foi o fertilizante nitrogenado menos eficiente na restrição das perdas de N-NH₃ por volatilização em relação aos demais e a ureia+NBPT o mais eficiente. As perdas de N-NH₃ por volatilização no sistema de plantio direto foram superiores às quantificadas no plantio convencional.

Palavras-chave: Nitrogênio. Ureia. Adubação.

Introdução

O milho é fonte de matéria-prima para produção de diversos produtos e sua produtividade aumenta com a aplicação de doses adicionais de N, fazendo com que haja um aumento considerável no consumo de fertilizantes nitrogenados em todo o mundo (ARGENTA; SILVA, 2003). A utilização de fertilizantes nitrogenados tem aumentado ao longo dos anos, principalmente em países em desenvolvimento, como o Brasil. Porém, devido a grandes perdas, a eficiência no aproveitamento do N pelas culturas possui valores contrastantes ficando por volta de 50% do que é aplicado (LAMA, 2012). Entre os principais processos de perdas de N, pode ser citada a volatilização, a nitrificação e a desnitrificação,

1 Universidade Federal de Lavras (UFLA), Departamento de Ciência do Solo, doutorando em Ciência do Solo, Departamento de Ciência do Solo-UFLA. agronomocesar.santos@gmail.com. Laboratório de Corretivos e Fertilizantes-DCS, *Campus* UFLA, Lavras (MG). CEP: 37.200-000.

2 Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG), *Campus* Bambuí, Departamento de Ciências Agrárias, professora. sheila.isabel@ifmg.edu.br.

3 Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG), *Campus* Bambuí, Departamento de Ciências Agrárias, técnico em Agropecuária. konrad.silva@ifmg.edu.br.

4 Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG), *Campus* Bambuí, Departamento de Ciências Agrárias, professor. paulino.leite@ifmg.edu.br.

5 Agropecuária Piunhi (AP), consultor agrícola. vagnervitorconsultoria@hotmail.com.

que contribuem para a liberação de NH_3 , N_2O e N_2 para a atmosfera (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 2001; SHAVIV, 2005; TRENKEL, 2010).

Entre as diversas fontes minerais de fertilizantes nitrogenados utilizados na agricultura, a ureia se destaca como a principal, devido ao elevado teor de N e o preço mais acessível (SOUZA et al., 2017), além da elevada concentração de N que tornam menores os custos com transporte e armazenamento deste fertilizante. No entanto, a aplicação da ureia em cobertura, sem incorporação, pode gerar perdas significativas de N por volatilização de amônia. Neste caso as perdas de amônia (NH_3) podem chegar a quase 80% com a aplicação superficial no plantio direto e 30% no plantio convencional (LARA CABEZAS, 1998).

Em resposta à difusão do uso do sistema de plantio direto e a mudanças no manejo do solo, houve a intensificação das perdas de nitrogênio por volatilização devido à realização da adubação sobre a palhada. De acordo com Cancellier et al. (2016), isso ocorre devido à maior atividade da enzima urease e à menor difusão da ureia no solo, gerando um aumento localizado do pH do solo, fazendo com que o amônio se transforme em amônia. No caso do plantio direto, o não revolvimento do solo no momento da aplicação do calcário torna a camada superficial do solo alcalina, favorecendo a perda de N por volatilização de amônia. O fato é que apesar das perdas por volatilização serem maiores neste sistema, existem inúmeros benefícios do sistema, como manutenção da temperatura do solo, aumento no teor de umidade, elevação do teor de matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, redução do processo de compactação do solo e minimização do processo de erosão, indicando que as tecnologias para aumentar a eficiência de aproveitamento dos fertilizantes devem ser melhoradas, sobretudo as dos fertilizantes nitrogenados.

Com o objetivo de diminuir as perdas de N e aumentar a eficiência no uso e recuperação do N aplicado via fertilizante, diversas técnicas podem ser utilizadas. Uma dessas é a utilização de fertilizantes de liberação lenta ou controlada que visam aumentar a eficiência dos fertilizantes, uma vez que são recobertos ou encapsulados por substâncias que fazem com que os nutrientes sejam gradativamente liberados ou possuem substâncias que impedem alguma etapa de transformação do N no solo (TRENKEL, 2010). Por meio desta tecnologia, as perdas de N por volatilização seriam minimizadas, aumentando a disponibilidade de N de acordo com as necessidades das plantas.

Apesar de muito promissora e indispensável ao manejo do N para as plantas, esta tecnologia já é produzida comercialmente desde 1961 (TRENKEL, 2010). No entanto, o custo para sua produção é elevado (MAESTRELO et al., 2014). Isso faz com que seja limitado seu uso por culturas de pouco valor agregado. A associação do baixo custo do revestimento com enxofre e sua uniformidade de distribuição no grânulo gera fertilizantes mais competitivos e eficientes, que melhoram o aproveitamento do N pela redução das perdas por volatilização (CANCELLIER et al., 2016). Além disso, esta tecnologia possibilita o aumento do rendimento do maquinário agrícola, pois a adubação pode ser realizada em única aplicação, sem a necessidade de incorporação.

Neste contexto, o trabalho teve como objetivo estudar a volatilização de amônia da ureia, fertilizantes nitrogenados estabilizados e de liberação lenta quando aplicados superficialmente nos sistemas de cultivo convencional e plantio direto na cultura do milho.

Material e métodos

O experimento foi realizado no município de Medeiros (MG), em um relevo caracterizado como suave ondulado, em um Latossolo Vermelho Distroférico (EMBRAPA, 2013).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 4x2, sendo quatro fontes de nitrogênio ureia perolada (46% de N), ureia+Cu+B (0,3% de B; 0,3% de Cu; 43% de N), ureia com inibidor NBPT (46% de N) e fertilizante mineral complexo (21% N; 2% P₂O₅; 9% K₂O; 5% S; 0,2% B e 0,2% Zn) e 2 sistemas de plantio (plantio direto e convencional), com 4 repetições, totalizando 32 parcelas experimentais.

Cada parcela experimental foi composta por cinco linhas de milho com 5,0 m de comprimento, semeados manualmente. Os coletores para avaliação das perdas de N-NH₃ por volatilização foram instalados no centro de cada parcela experimental.

A área foi cultivada sob dois sistemas de plantio: convencional e plantio direto. Para a simulação do sistema convencional a palhada foi retirada da área e o solo revolvido a aproximadamente 20,0 cm de profundidade, sendo esta operação realizada 30 dias antes da implantação da cultura. Já para as parcelas com sistema de plantio direto não foi realizada nenhuma intervenção, pois já vinha sendo cultivada sob sistema de plantio direto há oito anos.

A área experimental no cultivo anterior foi ocupada pela cultura da soja (safra). Os resultados da análise de solo (TABELA 1) são referentes ao ano de 2015, anterior ao último cultivo de soja. Na implantação da cultura da soja foram aplicados 22,5 kg ha⁻¹ de N e 120,0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ utilizando o adubo monoamônio fosfato - MAP (9,0% de N e 48,0% de P₂O₅). Para a adubação de plantio do milho safrinha, foram usados 200,0 kg.ha⁻¹ do adubo formulado 4-30-16 distribuído antecipadamente e a lançou na área de plantio.

Tabela 1 – Resultado da análise de solo (0-20 cm) da área experimental (coleta de solo realizada no ano de 2015)

	Variável		
pH (H ₂ O)	6,2	V	66,2 %
P ⁽¹⁾	6,4 mg.dm ⁻³	m	0 %
K ⁽¹⁾	98 mg.dm ⁻³	M.O.	2,41 dag.kg ⁻¹
Ca ⁽²⁾	2,73 cmol _c .dm ⁻³	P (rem)	14,3 mg.L ⁻¹
Mg ⁽²⁾	0,69 cmol _c .dm ⁻³	Mn ⁽¹⁾	12 mg.dm ⁻³
Al ⁽²⁾	0 cmol _c .dm ⁻³	Zn ⁽¹⁾	2,5 mg.dm ⁻³
H+Al ⁽³⁾	1,87 cmol _c .dm ⁻³		
SB	3,7 cmol _c .dm ⁻³		
t	3,7 cmol _c .dm ⁻³		
T	5,5 cmol _c .dm ⁻³		

⁽¹⁾P-K-Fe-Zn-Mn-Cu – Extrator Mehlich; ⁽²⁾Ca-Mg-Al – Extrator KCl -1 mol.L⁻¹; ⁽³⁾H+Al – Extrator SMP; SB = Soma de Bases Trocáveis; CTC (t) = Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; CTC (T) = Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; %V = Índice de Saturação de Bases; m = Saturação de Alumínio; M.O. = matéria orgânica (Oxidação Na₂Cr₂O₇ 4N+H₂SO₄ 10N); P (rem) = Fósforo Remanescente.

Fonte: Elaboração dos autores (2018).

O híbrido semeado foi o AS1575 da empresa Agroeste, sendo caracterizado como de porte médio, colmo resistente, empalhamento bom, textura do grão semidura, com a finalidade de produção de grãos. A população de plantas utilizada foi de 60.000 plantas ha⁻¹. Para a garantia do estande final do experimento foram semeadas 120.000 plantas ha⁻¹ e aos 15 dias após a semeadura (DAS) foi realizado o desbaste, deixando o número de plantas desejadas.

Para o controle das plantas daninhas foram realizadas aplicações dos herbicidas à base de Atrazina e Nicosulfuron, ambos seletivos à cultura, sendo realizado aos 30 DAS. A adubação potássica foi realizada de acordo com a análise de solo e em 2 parcelamentos, sendo o primeiro aos 54 DAS, aplicando-se 100,0 kg ha⁻¹ do fertilizante cloreto de potássio (58% K₂O) e a segunda aos 69 DAS com a mesma fonte e dose. A adubação foi realizada com atraso devido a não ocorrência de precipitação significativa para a germinação das sementes, o que atrasou todo o processo produtivo.

Na adubação nitrogenada de cobertura foram utilizadas as diferentes fontes de N (ureia perolada, ureia contendo Cu e B, ureia com inibidor de urease (NBPT) e um fertilizante mineral complexo). A adubação nitrogenada de cobertura foi efetuada 73 DAS do milho safrinha, sendo usados 200,0 kg ha⁻¹ de nitrogênio em uma única aplicação. Essa dose foi convertida para a área do coletor, dessa forma, cada base dos coletores recebeu 10,0 g de N.

A quantificação das perdas de amônia foram realizadas utilizando o método do coletor semi-aberto desenvolvido por Nonmik (1973) e adaptado por Lara-Cabezas et al. (1999).

Para a avaliação das perdas de NH₃ nas parcelas experimentais foram instaladas as bases das câmaras no mesmo dia em que se realizou a adubação nitrogenada de cobertura. Foram utilizadas duas bases para cada parcela experimental visando à alternância das câmaras sobre essas, de modo que, enquanto uma base estava sendo ocupada pela câmara, a outra permanecia exposta às condições naturais do meio.

As câmaras foram acopladas às bases de 20,0 cm de altura fixadas em profundidade de cinco centímetros no solo. Dentro de cada câmara foram colocadas duas esponjas com densidade de aproximadamente 0,02 g cm⁻³ embebidas em 40,0 mL de solução de ácido fosfórico (60,0 mL L⁻¹) e glicerina (50,0 mL L⁻¹). A esponja localizada na parte superior da câmara teve como função evitar a contaminação da esponja inferior, enquanto esta captava a amônia perdida (LARA CABEZAS; TRIVELIN, 1990).

Após cada coleta, novas esponjas embebidas em solução de ácido fosfórico e glicerina foram colocadas nos suportes inferiores das câmaras. As coletas foram realizadas no primeiro, segundo, terceiro, quinto, nono e décimo quarto dias após a aplicação dos fertilizantes. Em cada coleta, as esponjas foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e levadas para o laboratório de solos do IFMG-Bambuú. A amônia retida nas esponjas, na forma de fosfato de amônio, foi extraída mediante 5 lavagens sucessivas com água destilada, sendo cada lavagem feita com 40,0 mL de água, sobre funil de Büchner com placa porosa, acoplado a um kitassato por meio da sucção realizada por bomba de vácuo. Após a extração das amostras, uma alíquota de aproximadamente 80,0 mL foi armazenada em potes de plástico conservados sob refrigeração.

Para a destilação foram pipetados 20,0 mL da solução e transferida para o tubo de digestão e levados para destilação pelo método semimicro Kjeldahl, adicionando-se 10,0 mL de solução de hidróxido de sódio 40,0% e, posteriormente, realizada a titulação das amostras com solução de ácido clorídrico (MALAVOLTA et al., 1997).

Os dados de perdas de NH₃ por volatilização foram submetidos à análise de variância (Teste F) e as médias agrupadas utilizando o Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas pelo programa computacional "Sistema para Análise de Variância" - SISVAR (FERREIRA, 2011).

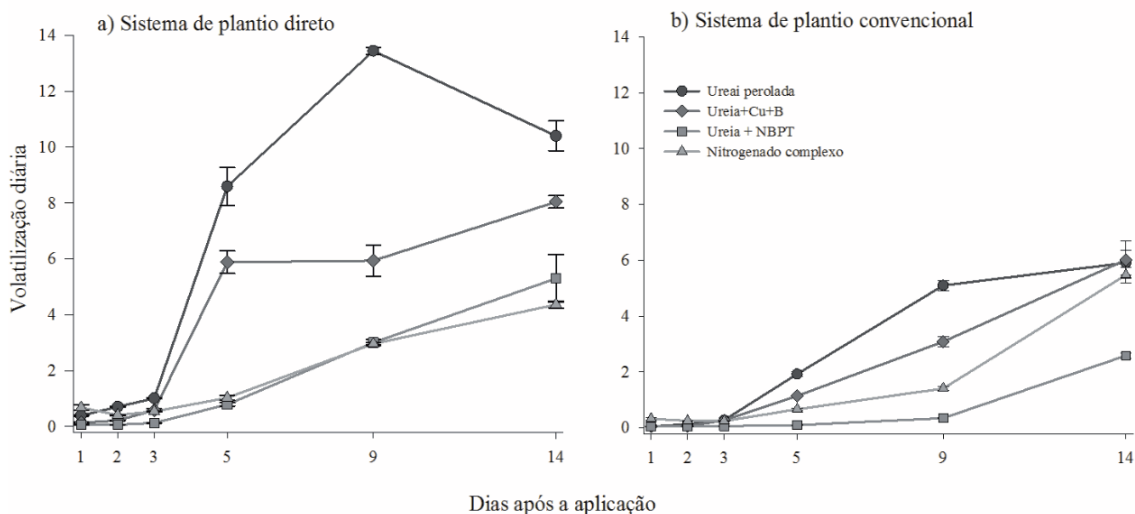
Resultados e discussão

As interações entre os sistemas de cultivo (plantio direto ou convencional) e as fontes nitrogenadas utilizadas na adubação de cobertura do milho safrinha foram significativas para as perdas de

amônia por volatilização avaliadas durante o período de quatorze dias após a adubação de cobertura, assim como para a perda acumulada de amônia neste período ($p \leq 0,05$).

Na avaliação das perdas de amônia realizada um dia após a aplicação da adubação de cobertura do milho safrinha verificou-se que o adubo nitrogenado complexo apresentou maior perda de amônia em relação aos demais fertilizantes nitrogenados, independentemente do sistema de cultivo (FIGURA 1b). Na avaliação realizada no segundo dia após a adubação de cobertura, observou-se no sistema de plantio direto maiores perdas de amônia pela ureia perolada, enquanto no sistema convencional manteve-se o nitrogenado complexo como menos eficiente quanto à restrição nas perdas de amônia por volatilização (FIGURA 1a). Nas avaliações realizadas um e dois dias após a aplicação da adubação de cobertura verificou-se que independentemente do sistema de cultivo o fertilizante com inibidor da enzima urease, ureia+NBPT, mostrou-se mais eficiente, evitando maiores perdas de amônia por volatilização (FIGURA 1).

Figura 1 – Perdas diárias de $N-NH_3$ (%) após a aplicação de fertilizantes nitrogenados em cobertura no milho safrinha, sob(a) sistema de plantio direto ou (b) sistema de plantio convencional.



Fonte: Elaboração dos autores (2018).

Na avaliação realizada três dias após a adubação de cobertura do milho safrinha verificou-se que no sistema de plantio direto a ureia perolada proporcionou maiores perdas de amônia (FIGURA 1a), enquanto a ureia+NBPT foi a mais eficiente na restrição das perdas, assim como no sistema convencional (FIGURA 1b). No quinto dia após a adubação de cobertura, observou-se que a ureia perolada proporcionou maiores perdas de amônia em ambos sistemas de cultivo (FIGURA 1). Nas avaliações realizadas no terceiro e quinto dias após a aplicação da adubação de cobertura, verificou-se novamente que independentemente do sistema de cultivo o fertilizante ureia+NBPT mostrou-se mais eficiente evitando maiores perdas de amônia por volatilização.

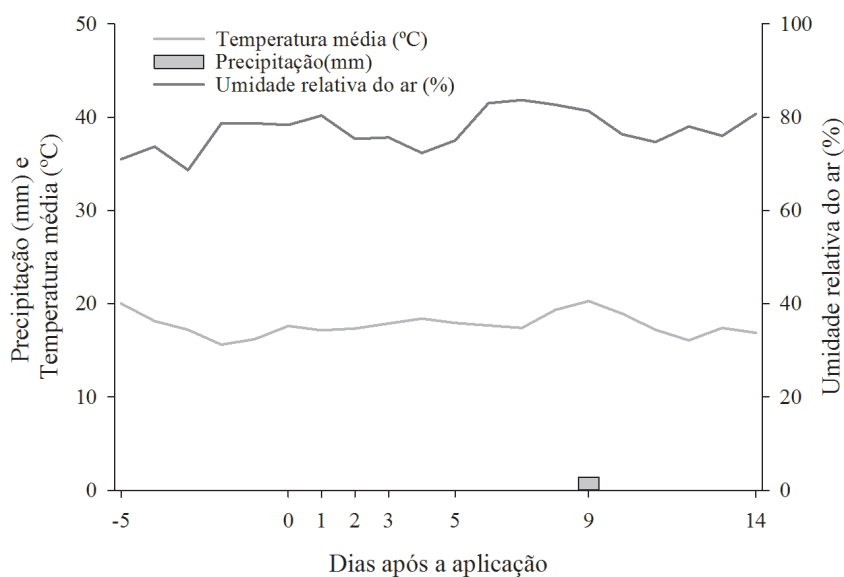
Para a avaliação realizada no nono dia após a aplicação da adubação, verificou-se que independentemente do sistema de cultivo a ureia perolada manteve-se como menos eficiente no controle das perdas de amônia (FIGURA 1). A ureia+NBPT foi a mais eficiente na restrição das perdas no sistema convencional de cultivo (FIGURA 1b), enquanto que no sistema de plantio direto além da ureia+NBPT o nitrogenado complexo também se mostrou eficiente (FIGURA 1a).

Na avaliação realizada quatorze dias após a aplicação da adubação nitrogenada de cobertura, verificou-se que no sistema de plantio direto (FIGURA 1a), a ureia perolada manteve-se como menos eficiente no controle das perdas de amônia, enquanto a ureia+NBPT e o fertilizante nitrogenado complexo foram os mais eficientes na restrição das perdas. Por outro lado, no sistema de plantio convencional verificou-se que os fertilizantes ureia perolada, ureia+Cu+B e o nitrogenado complexo foram os menos eficientes na redução da volatilização, enquanto o adubo ureia+NBPT foi o mais eficiente (FIGURA 1b).

De forma geral, a ureia com inibidor de urease foi mais eficiente na redução das perdas de amônia por volatilização. Nos fertilizantes nitrogenados estabilizados, como a ureia+NBPT, o aditivo adicionado à ureia no processo de produção (inibidor da urease) promove atraso na conversão do N da forma amídica $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ presente no fertilizante para amônia (NH_3) , proporcionando diminuição na volatilização (SOUZA et al., 2017). Segundo Cantarella (2007), o NBPT inibe a urease e com consequente redução da hidrólise da ureia por um período que pode variar de 3 a 14 dias, dependendo das condições ambientais no local de aplicação.

De acordo com Jones et al. (2007), as perdas de amônia por volatilização são influenciadas por fatores relacionados à temperatura, à umidade relativa do ar, à velocidade do vento, à precipitação pluviométrica, entre outros (WATSON et al., 2008). No entanto, após a realização da adubação nitrogenada de cobertura do milho safrinha não foi registrada precipitação significativa (FIGURA 2). Somente no nono dia após a adubação ocorreu uma precipitação de 1,4 mm, contribuindo, assim, para o pico de perda de amônia por volatilização de ureia no sistema de plantio direto (FIGURA 1a), sendo que esse pico de volatilização da ureia não ocorreu no sistema de plantio convencional, provavelmente pela rápida incorporação do fertilizante ao solo, reduzindo sua exposição. No caso do plantio direto, como o fertilizante é aplicado sobre a palhada, seria necessária uma maior precipitação para a incorporação deste ao solo.

Figura 2 – Dados climáticos coletados cinco dias antes da adubação de cobertura e durante a realização das coletas de esponjas no campo

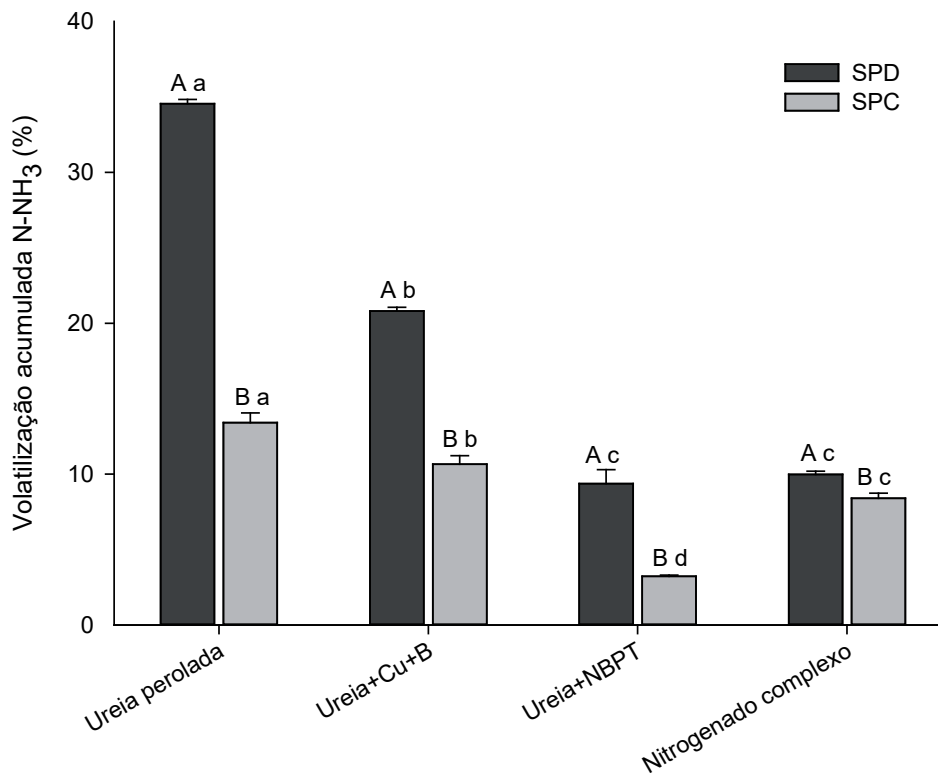


Fonte: Elaboração dos autores (2018).

Durante todo o experimento, a umidade relativa do ar se encontrou propícia a perdas, assim como a temperatura média diária, sendo que devido à baixa precipitação os picos de perdas foram atrasados até o nono dia de avaliação (FIGURA 1).

As perdas acumuladas de amônia registradas durante o período de quatorze dias de avaliação são apresentadas na Figura 3. Verificou-se que a sequência de eficiência de restrição das perdas de amônia apresentadas pelos fertilizantes avaliados no sistema convencional seguiu a ordem decrescente: ureia perolada < ureia+Cu+B < nitrogenado complexo < ureia+NBPT.

Figura 3 – Perdas acumuladas de NH₃ (% da dose total aplicada) após 14 dias da aplicação de fertilizantes nitrogenados na adubação de cobertura do milho safrinha



Médias seguidas de mesma letra, maiúscula para diferentes sistemas: SPD (sistema de plantio direto) e SPC (sistema de plantio convencional), e minúsculas para as fontes de fertilizantes (ureia perolada, ureia+Cu+B, ureia+NBPT e nitrogenado complexo), não diferem entre si pelo teste Scott-Knott com 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração dos autores (2018).

Para o sistema de plantio direto, a sequência de eficiência de restrição das perdas de amônia apresentada pelos fertilizantes avaliados seguiu a ordem decrescente: ureia perolada < ureia+Cu+B < nitrogenado complexo = ureia+NBPT (FIGURA 3).

O uso da ureia com inibidor de urease, ureia+NBPT, tem-se mostrado eficiente na redução das perdas de NH₃ por volatilização e um dos principais ganhos obtidos com o NBPT é o aumento

de tempo para incorporação da ureia pela ação da chuva em profundidade onde a ureia é menos susceptível a perdas por volatilização (MIKKELSEN, 2009; DAWAR et al., 2011).

Pereira et al. (2009) avaliaram a volatilização do N-NH₃ aplicado em cobertura na cultura do milho safrinha utilizando diferentes fontes nitrogenadas e verificaram que a ureia com inibidor de urease reduziu a volatilização de N em torno de 50,0 % em relação à ureia comum, o que refletiu em maiores produtividades.

No sistema de plantio direto, as perdas de amônia alcançaram 34,55% do N aplicado na adubação de cobertura do milho quando a fonte utilizada foi a ureia perolada e 9,36% quando foi empregada a fonte ureia+NBPT (FIGURA 3). No sistema convencional de cultivo, as maiores perdas foram observadas quando utilizada a fonte ureia perolada (13,41%), e as menores quando se aplicou a ureia+NBPT (3,22%) (FIGURA 3). A perda de N-NH₃ pela ureia aplicada na superfície do solo no sistema de plantio direto está próxima dos valores observados no sudeste do Brasil que variam de 38,0% a 78,0% do N total aplicado (LARA CABEZAS et al., 1997; LARA CABEZAS et al., 2000; COSTA et al., 2003).

Os valores referentes aos extremos de perdas no sistema de plantio direto correspondem a uma quantidade de 69,1 kg ha⁻¹ (ureia perolada) e 18,7 kg ha⁻¹ (ureia + NBPT) de N-NH₃ perdidos, relativos ao total de 200,0 kg ha⁻¹ de N aplicados em cobertura. As perdas acumuladas de N-NH₃ no sistema convencional variaram entre 13,41% e 3,22% do N aplicado para a ureia perolada e a ureia+NBPT, respectivamente (FIGURA 3). Esses valores correspondem a uma quantidade de 26,8 e 6,4 kg ha⁻¹ de N-NH₃ perdidos, relativos ao total de 200,0 kg ha⁻¹ de N aplicados em cobertura.

As porcentagens de redução das perdas de N-NH₃ pelos fertilizantes nitrogenados aplicados em cobertura em comparação à ureia perolada no sistema de plantio direto foram: 39,7; 72,9 e 71,1% para a ureia+Cu+B, ureia+NBPT e fertilizante complexo, respectivamente. As porcentagens de redução das perdas de N-NH₃ pelos fertilizantes nitrogenados aplicados em cobertura na cultura do milho em comparação à ureia perolada no sistema de cultivo convencional foram: 20,6; 76,0 e 37,4% para a ureia+Cu+B, ureia+NBPT e fertilizante complexo, respectivamente. Portanto, a ureia+NBPT obteve as maiores reduções de perda do N-NH₃ quando comparada à ureia perolada.

Os resultados do presente trabalho mostram o potencial dos fertilizantes nitrogenados com inibidor de urease na redução das perdas de N-NH₃ por volatilização mesmo quando utilizados em cobertura no sistema de plantio direto. No entanto, a ureia com inibidor de urease deve ser avaliada com precaução, como salientado por Otto et al. (2017), considerando o preço desses fertilizantes em relação à ureia e seus efeitos sobre a produtividade que não foi avaliada neste estudo.

Conclusões

Nas condições em que o presente trabalho foi desenvolvido, pode-se concluir que a ureia perolada é o fertilizante nitrogenado menos eficiente na restrição das perdas de N-NH₃ por volatilização quando aplicada na adubação de cobertura. A ureia com inibidor de urease, ureia+NBPT, é o fertilizante mais eficiente na redução das perdas de N-NH₃ por volatilização. As perdas de N-NH₃ por volatilização na adubação nitrogenada de cobertura do milho no sistema de plantio direto são superiores às do sistema de cultivo convencional.

Ammonia volatilization from Nitrogen topdressing fertilization in second-crop corn cultivated under two management systems

Abstract

Controlled-release fertilizers are possible strategies to reduce losses through fertilization and increase nitrogen (N) use efficiency. In this context, this study aimed to evaluate the efficiency of N sources applied to second-crop corn cultivation. The experiment was carried out in a randomized block design in a 2 x 4 factorial scheme. Two cultivation systems (conventional and no-tillage) and four N fertilizers (urea pearls pure, urea+Cu+B, NBPT-treated urea and complex mineral fertilizer) with four replications were studied. Losses of N-NH₃ by volatilization were evaluated up to 14 days after corn N fertilization. The data were subjected to analysis of variance and the means were grouped by the Scott-Knott test at 5% probability. Under the conditions in which the study was carried out, it was observed that urea pearls pure was the least efficient N fertilizer in restricting N-NH₃ through volatilization losses. The most efficient fertilizer was NBPT-treated urea. Losses of N-NH₃ by volatilization in the no-tillage system were higher than in the conventional cultivation system.

Keywords: Nitrogen. Urea. Fertilizing.

Referências

- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. Adubação nitrogenada em milho pelo monitoramento do nível de nitrogênio na planta por meio do clorofilômetro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 109-119, 2003.
- CABEZAS, W. A. R. L. Comportamento dos adubos nitrogenados em clima e solo de Cerrado. In: **Curso sobre aspectos básicos de fertilidade e microbiologia do solo sob plantio direto**, 1, 1998, Rio Verde. 06 set. 2017.
- CANCELLIER, E. L.; GUELF, D. R.; FAQUIM, V.; GONÇALVES, B. A. de; CANCELLIER, L. L.; SPEHAR, C. R. Ammonia volatilization from enhanced-efficiency urea on no-till maize in Brazilian Cerrado with improved soil fertility. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, n. 2, p. 133-144, 2016.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p.
- COSTA, M. C. G.; VITTI, G. C.; CANTARELLA, H. Volatilização de N-NH₃ de fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 631-637, 2003.
- DAWAR, K.; ZAMAN, M.; ROWARTH, J. S.; BLENNERHASSETT, J.; TURNBULL, M. H. Urea hydrolysis and lateral and vertical movement in the soil: effects of urease inhibitor and irrigation. **Biology and Fertility of Soils**, v. 47, n. 2, p. 139 – 146, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, 2017.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Global inventory of NH₃, emissions from mineral fertilizers and animal manure applied to croplands and grasslands**. Disponível em: <http://www.fao.org>. Acesso em: 06 out. 2017.

JONES, C. A.; KOENIG R. T.; ELLSWORTH, J. W.; BROWN, B. D. JACKSON, G. D. **Management of urea fertilizer to minimize volatilization**. Montana State University Extension 2007. 173 p.

LAMA, P. I. **Nitrato e amônio na solução de solo sob diferentes usos agrícolas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2012. 43f. Dissertação Mestrado.

LARA CABEZAS, W. A. R.; KORNDORFER, G. H.; MOTTA, S. A. Volatilização de amônia-N na cultura de milho: I - Efeito da irrigação e substituição parcial da ureia por sulfato de amônio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 3, p. 481-487, 1997.

LARA CABEZAS, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O.; BENDASSOLLI, J. A.; GASCHO, G. J. Calibration of a semi-open static collector for determination of ammonia volatilization from nitrogen fertilizers. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 30, p. 389- 406, 1999.

LARA CABEZAS, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O. Eficiência de um coletor semi-aberto estático na quantificação de N-NH₃ volatilizado da ureia aplicada ao solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 14, n. 3, p. 345-352, set./dez. 1990.

LARA CABEZAS, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O.; KONDÖRFER, G. H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluída de cobertura na cultura do milho em sistema de plantio direto no triângulo mineiro (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 2, p. 363-376, 2000.

MAESTRELO, P. R.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; GARCIA, C. M. P. de; RODRIGUES, M. A. C. de; LINO, A. C. M.; ANDREOTTI, M.; Aplicação de ureia revestida em cobertura no milho irrigado sob sistema de semeadura direta. **Semina-Ciências Agrárias**, v. 9, n. 2, p. 192-199, 2014.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, p. 308, 1997.

MIKKELSEN, R. Ammonia emissions from agricultural operations: fertilizer. **Better Crops**, v. 93, n. 4, p. 9-11, oct. 2009.

NÖNMIK, H. The effect of pellet size on the ammonia loss from urea applied to Forest soils. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 39, p. 309-318, 1973.

OTTO, R.; ZAVASCHI, E.; SOUZA NETTO, G. J. M. ; MACHADO, B. D.; MIRA, A. B. de; Ammonia volatilization from nitrogen fertilizers applied to sugarcane straw. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 3, p. 413-418, 2017.

PEREIRA, H. S. P.; LEÃO, A. F.; VERGINASSI, A.; CARNEIRO, M. A. C. Ammonia volatilization of urea in the out-of-season corn. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 6, p. 1685-1694, 2009.

SHAVIV, A. **Controlled release fertilizers**. In: International workshop on enhanced-efficiency fertilizers, 1., 2005, Frankfurt. Paris: International Fertilizer Industry Association, 2005. p. 13.

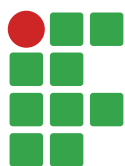
SOUZA, T. L.; GUELFY, D. R.; SILVA, A. L.; ANDRADE, A. B.; CHAGAS, W. F. T.; CANCELLIER, E. L. Ammonia and carbon dioxide emissions by stabilized conventional nitrogen fertilizers and controlled release in corn crop. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, n. 5, p. 494-510, 2017.

TRENKEL, M. E. **Slow and controlled-release and stabilized fertilizers**: an option for enhancing nutrient efficiency in agriculture. Paris: IFA, 2010. 163 p. Verde: Aldeia Norte Editora, 1998. p. 78-92. 96p.

WATSON, C. J.; AKHONZADA, N. A.; HAMILTON, J. T. G.; MATTHEWS, D. I. Rate and mode of application of the urease inhibitor N-(N-Butyl) thiophosphoric triamide on ammonia volatilization from surface-applied urea. **Soil Use and Management**, v. 24, p. 246-253, 2008.

Submetido em: 19/07/2018

Aceito em: 17/01/2019



Índices de conforto térmico de vacas lactantes em instalação *free stall* adaptada

João Marcos de Carvalho Vasconcelos¹

Sindynara Ferreira²

Elisa de Souza Junqueira Rezende³

José Luiz de Andrade Rezende Pereira⁴

Resumo

Com o objetivo de avaliar a termorregulação do gado holandês em instalação adaptada de sistema *free stall* do IFSULDEMINAS, *Campus* Inconfidentes, o presente trabalho foi realizado avaliando os índices de conforto térmico. O período experimental foi de 16 dias, entre dezembro/2012 e início de janeiro/2013. Foram utilizadas 12 vacas da raça holandês preta e branca, múltíparas e em lactação. Os animais se encontravam confinados em sistema *free stall*. Foram avaliadas temperatura retal, frequência respiratória, temperatura ambiente e umidade relativa nos seguintes horários 3h, 7h, 11h, 15h, 19h e 23h. Os resultados encontrados demonstram que, apesar das variações temporais ao decorrer dos dias avaliados, os animais nele confinados tiveram a temperatura corporal em equilíbrio.

Palavras-chave: Confinamento. Gado holandês. Temperatura corporal.

Introdução

O território brasileiro está na Faixa do Trópico de Capricórnio e sob a zona tropical (FREITAS, 2014), quanto ao clima, sua principal característica é o predomínio de temperaturas elevadas, bem como a ausência de uma estação propriamente fria (IBGE, 2006). Com a característica de temperaturas elevadas, a saída para os produtores de leite é a utilização de estruturas de acondicionamento dos animais para minimizar as adversidades climáticas sobre o gado, por exemplo, o estresse calórico.

Segundo Souza et al. (2004), o sucesso da cadeia produtiva do leite está associado ao manejo adotado, logo o manejo está intimamente ligado ao projeto adequado das instalações. As mesmas deverão atuar no sentido de amenizar as adversidades climáticas inerentes ao meio ambiente, oferecendo maior conforto aos animais e homens em todas as fases da exploração. A observação de vários recursos e estímulos é necessária para que os bovinos se encontrem em boas condições de bem-estar, como espaço físico, permitindo que os animais mantenham suas atividades em um contexto social equilibrado; a instalação passa a ser uma construção que protege os animais do rigor do clima e os alimentos, incluindo as forragens, a água e os suplementos.

Existem particularidades que definem o grau de necessidade e preferência de cada um desses recursos, dependendo das características genéticas e ambientais, por exemplo, a necessidade por

1 Universidade Federal de São Carlos, mestrando. jmc_cbjr@yahoo.com.br.

2 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS), *Campus* Inconfidentes, professora doutora. sindynara.ferreira@ifsuldeminas.edu.br. Praça Tiradentes, 416. Centro. CEP 37576-000. Inconfidentes/MG. Brasil.

3 Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola – FEAGRI, doutoranda. elisasjrezende@yahoo.com.br.

4 IFSULDEMINAS, professor doutor. joseluiz.pereira@ifsuldeminas.edu.br.

sombra, a qual depende da capacidade de adaptação do animal ao calor. Outros fatores que resultem em estresse ou traumatismo devem ser evitados, como pisos escorregadios, áreas de contenção quentes e abafadas, alta densidade de animais, ruído excessivo, períodos extensos longe da água e alimento, equipamentos com pontas que possam causar traumatismos ou outras obstruções (PIRES; VERNEQUE; VILELA, 2001).

Os animais vivem em equilíbrio dinâmico com o meio e a ele reagem de forma individual. Sua produção está condicionada às influências do ambiente, o qual não se mantém constante ao longo do tempo. A vulnerabilidade dos animais às condições meteorológicas, uma vez deslocadas para um ambiente diferente do original ou frente a mudanças dentro do mesmo ambiente, faz com que recorram a mecanismos de adaptação fisiológica a fim de manter a homeostase (BACCARI JUNIOR, 2001). O estresse calórico promove alterações na homeostase e na dissipação de calor, aumentando a temperatura corporal com efeito negativo sobre o desempenho animal.

A temperatura do ar e a umidade são considerados os principais elementos climáticos responsáveis pelo incremento calórico à temperatura corporal dos animais. Se o animal não consegue dissipar o calor excedente, a temperatura retal aumenta acima dos valores fisiológicos normais e desenvolve o estresse calórico, responsável pela baixa produtividade nos trópicos. A temperatura retal e a frequência respiratória são variáveis fisiológicas para estimar a tolerância de animais ao calor (BROWN BRANDL et al., 2003; BIANCA; KUNZ, 1978).

Assim, com o intuito de analisar a termorregulação do gado holandês do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - IFSULDEMINAS - *Campus* Inconfidentes, confinados em uma estrutura adaptada para *free stall*, foi realizado este trabalho, no qual foi analisada a temperatura retal, frequência respiratória, temperatura ambiente e umidade relativa.

Material e métodos

O experimento foi realizado no IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes, na Unidade Educativa de Produção (UEP) – Bovinocultura Leiteira. O *Campus* está localizado no município de Inconfidentes, sul de Minas Gerais. O clima da região, segundo a classificação de Koëppen, é do tipo subtropical, de inverno seco e verão quente (Cwa), com duas estações definidas: chuvosa (outubro a março) e seca (abril a setembro), com médias anuais de precipitação e temperatura de 1.800 mm e 19 °C, respectivamente (PEREIRA et al., 2011).

O período experimental foi de 16 dias de coleta, entre dezembro/2012 e início de janeiro/2013. Foram utilizadas 12 vacas da raça holandês preta e branca, pluríparas, em lactação, os animais se encontravam confinados em sistema *free stall*. Vale ressaltar que o sistema *free stall* foi adaptado, uma vez que até o ano de 2007 funcionava o bezerreiro da unidade.

O manejo dos animais durante as observações foi padronizado: cinco horários de alimentação (7h, 10h, 13h, 15h e 18h), foi fornecida uma dieta completa, composta de volumoso e concentrado (35kg e 5kg, respectivamente); duas ordenhas (07h e 18h), com suas produções registradas diariamente.

Para a aferição da temperatura retal foi utilizado termômetro digital veterinário Kruuse e medida a temperatura nos seguintes horários: 3h, 7h, 11h, 15h, 19h e 23h. A abordagem do animal foi retirada de forma a não ocasionar estresse. Para isto, o termômetro foi introduzido diretamente no reto do animal por um período de 1 minuto para estabilização e obtenção do valor da temperatura. Os valores obtidos foram comparados aos encontrados por Auad et al. (2010) de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 – Temperatura retal de bovinos para a quantificação de níveis de estresse.

Tª retal (°C)	Níveis de estresse
38,3	Não há estresse nenhum.
38,4 a 38,6	O estresse está sob controle: o apetite e a reprodução estão normais.
39,1	Início do estresse térmico: menor apetite, porém a reprodução e a produção estão estáveis.
40,1	Estresse acentuado: cai o apetite, a produção diminui, os sintomas de cio quase desaparecem. É o início do problema.
40,9	Estresse sério: grandes perdas na produção, a ingestão diminui 50% e a fertilidade pode cair para 12%.
> 41	Estresse mortal: as vacas expõem a língua e babam muito; não conseguem beber água nem se alimentar.

Fonte: Adaptado de Manual de Bovinocultura de Leite (Auad et al., 2010).

Para a característica de frequência respiratória foram registrados em um minuto quantos movimentos respiratórios o animal realizava e os horários de medição se deram às 3h, 7h, 11h, 15h, 19h e 23h. A área observada no animal foi a região do flanco. Para esta medição foi utilizado cronômetro digital. A quantidade de movimentos respiratórios foi comparada a de Auad et al. (2010) de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2 – Frequência respiratória de bovinos para a quantificação de níveis de estresse.

Frequência respiratória	Níveis de estresse
23 mov./min.	Não há estresse nenhum.
45 a 60 mov./min.	O estresse está sob controle: o apetite e a reprodução estão normais.
70 a 75 mov./min.	Início do estresse térmico: menor apetite, porém a reprodução e a produção estão estáveis.
90 mov./min.	Estresse acentuado: cai o apetite, a produção diminui, os sintomas de cio quase desaparecem. É o início do problema.
100 a 120 mov./min.	Estresse sério: grandes perdas na produção: a ingestão diminui 50% e a fertilidade pode cair para 12%.
> 120 mov./min.	Estresse mortal: as vacas expõem a língua e babam muito; não conseguem beber água nem se alimentar.

Fonte: Adaptado de Manual de Bovinocultura de Leite (Auad et al., 2010).

Para a temperatura ambiente foram coletados os dados meteorológicos com o aparelho ThermoHygro. As amostras foram coletadas na altura do peito sempre no meio dos ambientes avaliados (*free stall*), nos seguintes horários: 3h, 7h, 11h, 15h, 19h e 23h. Para umidade relativa foi utilizado o mesmo aparelho, adotando o mesmo procedimento e horários de coleta.

Após a tabulação dos dados, esses foram analisados estatisticamente de acordo com os diferentes horários (3h, 7h, 11h, 15h, 19h e 23h) e período (em dias) avaliados. Os parâmetros avaliados foram analisados por ANOVA, e as médias comparadas pelo Teste de Scott-Knott (1974) a 5% de probabilidade, fazendo uso do programa SISVAR 4.3 (FERREIRA, 2011), sendo aplicada correlação.

Resultados e discussão

Para a característica de temperatura retal, os resultados encontrados neste trabalho mostraram diferenças significativas de temperatura entre os animais (TABELA 3). Houve uma oscilação de

temperatura entre os animais de 0,6°C. A temperatura retal do organismo dos animais leiteiros pode variar de acordo com a idade, peso, raça, sexo, valor nutricional do alimento ofertado, curva de lactação e ciclo reprodutivo (SILVA, 2000). A adaptação a um dado ambiente está relacionada com mudanças estruturais, funcionais ou comportamentais dos animais, objetivando a sobrevivência, reprodução e produção em condições extremas ou adversas (PORCIONATO et al., 2009).

Tabela 3 – Média da temperatura retal (em °C) dos animais durante o período de avaliação. IFSULDEMINAS, Campus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2014.

Dias*	T ^a retal (°C)
13	38,06 a
11	38,10 a
10	38,11 a
7	38,14 a
8	38,19 b
12	38,21 b
1	38,22 b
14	38,23 b
15	38,26 b
16	38,26 b
9	38,27 b
2	38,28 b
3	38,35 b
5	38,44 c
4	38,49 c
6	38,66 d
Média geral	38,27
CV(%)	1,73

*Médias seguidas por uma mesma letra dentro da coluna não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott (1974) a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração dos autores (2015).

De acordo com os resultados encontrados, a temperatura retal dos animais durante os primeiros dias de análise foram maiores em comparação com os demais dias. Além de fatores ambientais como alta temperatura ambiente, os animais podem ter apresentado maior temperatura retal nos primeiros dias devido ao período de adaptação ao experimento, pois no início o animal começava a andar assim que o avaliador se aproximava. Auad et al. (2010) relataram que valores de temperatura retais em bovinos leiteiros compreendendo de 38,4 a 38,6 °C indicam que o nível de estresse está sob controle e também que o apetite bem como a reprodução estão normais.

Somente o sexto dia mostra-se preocupante, pois foi obtido valor médio de temperatura retal maior que o normal. Para manter a temperatura corporal em termoneutralidade, o organismo animal reduz sua taxa metabólica na tentativa de se adequar ao ambiente e às condições climáticas do local (GONZÁLEZ; CAMPOS, 2003).

Quando avaliados os diferentes horários não foi encontrada uma temperatura média retal diferente estatisticamente entre os animais avaliados (Tabela 4) com uma média entre os horários de 38,27 °C, relatando que não havia estresse algum nesses animais. As vacas em lactação permanecem a maior parte do tempo no *free stall*, deixando a instalação somente para os horários da ordenha. Neste caso, é de fundamental importância proporcionar um ambiente confortável aos animais, uma vez que a ausência de conforto pode acarretar prejuízos ao desempenho animal (BROUK et al., 2001).

Segundo Pires et al. (2001), vacas em lactação confinadas apresentam de 10 a 12 períodos de alimentação, com aproximadamente 68% deles ocorrendo entre 6 e 18 horas. Embora estabuladas e assim em ambiente completamente diverso do natural, o ritmo diurno do padrão alimentar é semelhante àquele quando em pastejo, mas o tempo total de alimentação é inferior. Em condições de temperatura ambiente elevada há um aumento no consumo voluntário de alimento durante à noite, indicando que pode haver uma modificação no comportamento ingestivo, como forma de amenizar os efeitos do calor. Os animais interrompem o consumo nas horas mais quentes do dia, buscando uma maneira de se refrescarem ou como uma tentativa de diminuir a produção de calor metabólico.

Tabela 4 – Média da temperatura retal (em °C) nos diferentes horários avaliados. IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2014.

Horários*	T ^a retal (°C)
7h	37,93 a
3h	38,09 a
11h	38,20 a
23h	38,30 a
15h	38,42 a
19h	38,66 a
Média geral	38,27
CV (%)	1,73

*Médias seguidas por uma mesma letra dentro da coluna não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott (1974) a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração dos autores (2015).

Mesmo não sendo estatisticamente diferentes, o horário das 7 horas, quando comparado com os demais, apresentou menor índice de temperatura retal, o que pode ser explicado pela menor (ou nula) insolação. Os dados corroboram os encontrados por Salviano et al. (2008) que avaliando a temperatura retal de vacas entre os períodos da manhã (7h) e tarde (15h) encontraram elevação em mais de 0,5 °C da manhã para a tarde. Na tentativa de dissipação dos agentes climáticos estressores (temperatura e umidade), o organismo animal aumenta sua frequência respiratória, podendo variar de acordo com a ambiência que a estrutura o proporciona (AZEVEDO et al., 2005).

Para a característica de frequência respiratória (Tabela 5) observou-se que as maiores médias nos animais avaliados são coincidentes com os dias de maior temperatura.

Tabela 5 – Média da frequência respiratória (por minuto) nos diferentes dias nos animais avaliados. IFSULDEMINAS – *Campus Inconfidentes*. Inconfidentes/MG, 2014.

Dias*	Freq. Respiratória
12	38,50 a
10	38,80 a
13	39,01 a
2	39,06 a
7	39,39 a
9	39,44 a
14	39,50 a
11	39,68 a
8	40,12 a
1	41,02 b
3	41,29 b
16	41,95 b
15	42,13 b
5	42,21 b
4	43,91 c
6	44,81 c
Média geral	40,68
CV (%)	15,65

*Médias seguidas por uma mesma letra dentro da coluna não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott (1974) a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração dos autores (2015).

De acordo com Matarazzo (2004), o aumento na frequência respiratória considerada por curto período caracteriza-se como um mecanismo eficiente de perda de calor. Entretanto, quando esse mecanismo passa a ser exigido durante períodos prolongados, pode acarretar problemas aos animais, tais como, interferir na ingestão de alimentos e ruminação, proporcionar calor endógeno adicional em função da atividade muscular (ofegação) e desviar energia de outros processos metabólicos. De acordo com relatos de Auad et al. (2010), os resultados encontrados para as médias de frequência respiratória de cada animal avaliado mostraram um estresse sobre controle.

Analisando os dados, podemos encontrar uma amplitude entre as médias de 6,31 respirações por minuto. A perda de calor pelo trato respiratório, assim como pela pele, implica um processo de mudança de estado físico, de líquido para vapor, o que ocorre com o ar umedecido nas vias respiratórias superiores, assim como com o suor. Tal processo se torna possível devido ao calor latente de vaporização. O gasto de energia despendido pelas vacas para eliminar calor do corpo, principalmente pelo aumento da frequência respiratória e, também, pelo trabalho das glândulas sudoríparas para produzir mais suor, é um dos fatores que explicam a menor produção de leite sob estresse térmico, pois parte da energia do organismo é desviada do processo produtivo para a manutenção do equilíbrio fisiológico (BACCARI JUNIOR, 2001).

Pode-se observar na Tabela 6 que os horários das 15h, 19h e 23h demonstraram uma frequência respiratória média de 41,73 respirações por minuto, o que indica um acúmulo térmico na

instalação em que o animal se encontrava, uma vez que Marques (2009) relatou que a frequência respiratória é um indicador de estresse térmico pelo calor, pois ela aumenta com o aumento da temperatura ambiente para dissipar calor e manter a homeotermia – fato que corrobora os dados encontrados neste trabalho.

Tabela 6 – Média da frequência respiratória (por minuto) dos animais avaliados nos diferentes horários. IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2014.

Horários*	Freq. Respiratória
7h	38,72 a
11h	39,52 b
3h	40,60 c
19h	41,38 d
15h	41,86 d
23h	41,96 d
Média geral	40,68
CV(%)	15,65

*Médias seguidas por uma mesma letra dentro da coluna não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott (1974) a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração dos autores (2015).

De acordo com resultados encontrados por Almeida (2009), verifica-se que a frequência respiratória média dos animais pela manhã foi menor que à tarde, para todos os tratamentos, uma vez que o animal tem maior facilidade de dissipar calor durante a noite e de estar termicamente mais confortável pela manhã. Contudo, a frequência respiratória animal é o indicador mais sensível de desconforto térmico, sendo que no turno da tarde a frequência respiratória tende a aumentar de acordo com a maneira como cada animal consegue interagir com seu ambiente.

Para a característica de temperatura ambiente, durante os dias de avaliação, esta variável demonstrou uma divisão em dois grupos diferentes de temperatura, o primeiro compreendendo uma data de avaliação intermediária e final, apresentando temperatura ambiente menor que 24 °C sendo uma temperatura aproximada da zona de conforto térmico e o segundo grupo apresentando temperatura ambiente maior que 24°C, o que de acordo com Brito et al. (2009) são temperaturas críticas para os animais confinados (Tabela 7).

Tabela 7 – Média da temperatura ambiente (em °C) nos diferentes dias. IFSULDEMINAS – *Campus Inconfidentes*. Inconfidentes/MG, 2014.

Dia*	T (°C)
9	22,82 a
7	22,99 a
13	23,15 a
16	23,31 a
14	23,61 a
11	23,71 a
10	23,72 a
12	24,12 b
2	24,27 b
15	24,38 b
8	24,75 b
3	24,92 b
5	25,11 b
1	25,13 b
4	25,52 b
6	25,72 b
Média geral	24,20
CV(%)	1,05

*Médias seguidas por uma mesma letra dentro da coluna não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott (1974) a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração dos autores (2015).

A baixa produtividade de leite nas regiões tropicais é resultado do clima quente que impede um desempenho adequado dos animais, pois com o aumento da temperatura ambiente há um decréscimo na produtividade (ANTUNES et al., 2009). De acordo com Brito et al. (2009), as condições mais adequadas para os bovinos de origem europeia correspondem à temperatura média mensal inferior a 20,0°C, entre 24,0°C a 26,0°C cai o consumo de alimentos e produção e a zona de conforto térmico está entre 1,0°C e 21,0°C. A faixa para vacas em lactação de 7,0°C a 26,0°C é considerada ótima, entre 27,0°C e 34,0°C, regular e acima de 35,0°C, crítica (MOTA, 2001). Assim, se a temperatura do ambiente estiver elevada, irá diminuir a capacidade do animal para irradiar o calor corporal, o equilíbrio do balanço térmico diminui, ocorrendo a perda de peso corporal além da queda na produção de leite, verifica-se que o setor de bovinocultura leiteira está em uma faixa de temperatura preocupante, em que poderá predominar a diminuição do consumo de alimentos, necessitando de cuidados e acompanhamento para o gado da raça holandês em questão.

Analisando os horários quanto à temperatura média ambiente, não foram encontradas diferenças significativas (TABELA 8).

Tabela 8 – Média da temperatura ambiente (em °C) nos diferentes horários. IFSULDEMINAS – *Campus Inconfidentes*. Inconfidentes/MG, 2014.

Horário	Temperatura (°C)
7h	22,41 a
3h	22,71 a
23h	23,51 a
19h	24,69 a
11h	25,44 a
15h	26,45 a
Média geral	24,20
CV(%)	0,74

*Médias seguidas por uma mesma letra dentro da coluna não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott (1974) com 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração dos autores (2015).

Apesar de não serem diferentes, nota-se uma amplitude de variação de 4,04°C, tendo o horário das 15h apresentado maior temperatura ambiente, o que nos causa preocupação, pois neste horário o gado encontra-se no local de confinamento, o que pode ocasionar comprometimento das funções do organismo animal, por exemplo, fertilidade e produção (BRITO et al., 2009). Os dados encontrados neste trabalho corroboram os encontrados por Matarazzo (2004), em que o autor encontrou elevação da temperatura das 9h às 17h em sistema *free stall*.

Para a característica de umidade relativa, houve diferença significativa, sendo que sete dias não consecutivos, a umidade relativa ficou abaixo de 89% e nos outros, houve um aumento ficando acima de 90,0% (Tabela 9).

Tabela 9 – Média da umidade relativa (em porcentagem - %) em todos os dias de avaliação. IFSULDEMINAS – *Campus Inconfidentes*. Inconfidentes/MG, 2014.

Dia*	UR (%)
8	76,44 a
6	78,27 a
1	82,88 a
4	84,00 a
5	84,38 a
15	87,77 a
7	88,77 a
3	90,33 b
9	90,72 b
14	91,61 b
13	91,83 b
16	91,88 b
10	94,77 b
11	95,33 b
2	96,27 b

Dia*	UR (%)
12	97,00 b
Média geral	88,89
CV(%)	0,31

*Médias seguidas por uma mesma letra dentro da coluna não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott (1974) a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração dos autores (2015).

Os dias com umidade relativa acima de 90% representam dias de chuva na área do experimento. Quanto à avaliação dos diferentes horários para a característica de umidade relativa não foi verificada diferença significativa (TABELA 10). Brito et al. (2009) relataram que as condições mais adequadas para os bovinos de origem europeia (*Bos taurus*) para umidade relativa correspondem a 50% a 80%. Quando certos limites são ultrapassados (níveis de estresse calórico), a função é prejudicada, afetando a sanidade e o desempenho produtivo e reprodutivo.

Tabela 10 – Média da umidade relativa (em porcentagem - %) nos diferentes horários. IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, 2014.

Horários*	UR (%)
15:00	84,72 a
19:00	88,18 a
11:00	88,22 a
23:00	89,47 a
7:00	91,25 a
3:00	91,50 a
Média geral	88,89
CV(%)	0,33

*Médias seguidas por uma mesma letra dentro da coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (1974) com 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração dos autores (2015).

Quando comparamos a umidade relativa com a temperatura ambiente para os diferentes horários pode-se notar que, à medida que a umidade relativa aumenta, a temperatura ambiente cai. Pires e Campos (2003) encontraram maiores índices de umidade relativa no período da manhã e noite e menores índices no período da tarde, corroborando os dados encontrados neste trabalho.

Existe uma correlação positiva para a temperatura retal quando correlacionada com a frequência respiratória (0,29) e com a temperatura ambiente (0,30), demonstrando aumento da temperatura corporal dos animais à medida que elas se elevam. A temperatura retal quando comparada com a umidade relativa apresentou correlação negativa (-0,22), ou seja, à medida que a umidade relativa aumenta, há uma diminuição na temperatura corporal, favorecendo um conforto térmico ao animal. A frequência respiratória apresentou correlação positiva quando correlacionada à temperatura ambiente (0,29), demonstrando maior perda de energia do animal em manter o equilíbrio da homeostase, tendo correlação negativa para a umidade relativa (-0,22). A temperatura ambiente foi correlacionada

com a umidade relativa, apresentando correlação negativa (-0,38), demonstrando diminuição da umidade à medida que a temperatura se eleva.

Conclusão

Conclui-se que o *free stall* adaptado do setor de bovinocultura leiteira do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes está em uma faixa que os animais nele confinados têm a temperatura corporal em equilíbrio, apesar das variações de temperatura e umidade relativa dentro da instalação.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) pelo apoio financeiro concedido.

Thermal comfort index in lactating cows in an adapted free-stall facility

Abstract

This study was conducted to investigate the thermoregulation of Holstein cattle in an adapted free-stall facility at IFSULDEMINAS, Campus Inconfidentes, by measuring thermal comfort indices. The experimental period was from the end of December 2012 to the start of January 2013, in a total of 16 days. 12 multiparous, lactating, black-and-white Holstein cows were used in a free-stall system. Rectal temperature, respiratory frequency, ambient temperature and relative humidity were recorded at 3:00 a.m., 7:00 a.m., 11:00 a.m., 3:00 p.m., 7:00 p.m. and 11:00 p.m. The results demonstrate that despite the temporal variations that occurred throughout the evaluation days, the confined animals maintained their body temperature in balance.

Keywords: Body temperature. Feedlot. Holstein cattle.

Referências

ALMEIDA, G.L.P. **Climatização na pré-ordenha de vacas da raça Girolando e seus efeitos na produção e qualidade do leite e no comportamento animal**. 2009. 135 f. il. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Pernambuco/PE.

ANTUNES, M.M., PAZINATO, P.G., PEREIRA, R.A., SCHNEIDER, A., BIANCHI, I., CORRÊA, M.N. Efeitos do estresse calórico sobre a produção e reprodução do gado leiteiro. **Núcleo de Pesquisa, Ensino e Extensão em Pecuária**. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas. 2009. 5. Disponível em: <<http://www.grupocultivar.com.br/arquivos/estresse.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2015.

AUAD, A. M.; BRIGHENTI, A. M.; CARNEIRO, A. V.; RIBEIRO, A. C. de C. L.; CARVALHO, A. da C.; FREITAS, A. F. de; CARVALHO, B. C. de; ALENCAR, C. A. B. de; GOMIDE, C. A. de M.; MARTINS, C.

E.; CASTRO, C. R. T. de; PACIULLO, D. S. C.; NASCIMENTO JUNIOR, E. R. do; SOUZA SOBRINHO, F. de; DERESZ, F.; LOPES, F. C. F.; SOUZA, G. N. de; WERNERSBACH FILHO, H. L.; OLIVEIRA, J. S. e; CARNEIRO, J. da C.; VIANA, J. H. M.; FURLONG, J.; MENDONÇA, L. C.; STOCK, L. A.; CARMARGO, L. S. de A.; MULLER, M. D.; OTENIO, M. H.; PEREIRA, M. C.; MACHADO, M. A.; GAMA, M. A. S. da; JUNQUEIRA, M. M.; SILVA, M. V. G. B.; PIRES, M. de F. A.; PEIXOTO, M. G. C. D.; GUIMARAES, M. F. M.; TORRES, R. de A.; TEIXEIRA, S. R.; OLIVEIRA, V. M. de; ROCHA, W. S. D. da **Manual de bovinocultura de leite**. Brasília: LK Editora; Belo Horizonte: SENAR-AR/MG; Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2010. 607 p. il.

AZEVEDO, M., PIRES, M.F.Á., SATURNINO, H.M., LANA, Â.M.Q. SAMPAIO, I.B.M., MONTEIRO, J.B.N., MORATO, L.E.M. Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras ¹/₂, ³/₄ e ⁷/₈ holandês-zebu em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n.6, p.2000-2008, 2005.

BACCARI JUNIOR, F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: Editora da Universidade Estadual de Londrina, 2001, 142 p.

BIANCA, W., KUNZ, P. Physiological reactions of three breeds of goats to cold, heat and high altitude. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.5, n.1, p.57-69, 1978.

BRITO, A.S., NOBRE, F.V., FONSECA, J.R.R. **Bovinicultura de leite: informações técnicas e de gestão**. Natal: SEBRAE/RN, 2009. 320 p. il. Disponível em: <[http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/59F7F0013C0E7280832576EB00692AFE/\\$File/NT00043CA6.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/59F7F0013C0E7280832576EB00692AFE/$File/NT00043CA6.pdf)>. Acesso em: 28 mar. 2015.

BROUK, M.J., SMITH, J.F., HARNER III, J.P. Effectiveness of fan and feedline sprinklers in cooling dairy cattle housed in 2-or 4-row freestall buildings. In: International livestock Environment Symposium, 6., Louisville, 2001. **Proceedings**. Louisville: ASAE, 2001.

BROWN-BRANDL, T.M., NIENABER, J.A., EIGENBERG, R.A., HAHN, G.L., FREELY, H C. Thermoregulatory responses of feeder cattle. **Journal of Thermal Biology**, 2003. v.28, n. 2, p.149-157.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, 2011. v. 35, n. 6, p. 1039-1042.

FREITAS, E. Zonas térmicas da Terra. 2014. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/geografia/zonas-termicas-terra.htm>>. Acesso em: 28 mar. 2015.

GONZÁLEZ, F.H.D, CAMPOS, R. **Indicadores metabólico-nutricionais do leite**. 2003. In: González, F.H.D., Campos, R. (eds.): Anais do I Simpósio de Patologia Clínica Veterinária da Região Sul do Brasil. Porto Alegre: Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. p.31-47.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Regiões tropicais ou zona tropical**. 2006. Disponível em: <<http://www.clickescolar.com.br/regioes-tropicais-ou-zona-tropical.htm>>. Acesso em: 28 mar. 2015.

MARQUES, J.A. **Estresse e a produção animal**. Manual para a economia do produtor. IAPAR/EMATER-PR. 2009, p. 23.

MATARAZZO, S.V. **Eficiência do sistema de resfriamento adiabático evaporativo em confinamento do tipo free-stall para vacas em lactação**. 2004. 143p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba/SP. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11131/tde-29042005-162015/pt-br.php>>. Acesso em: 28 mar. 2015.

MOTA, F.S. **Climatologia zootécnica**. Pelotas: Edição do autor. 2001. 104p.

PEREIRA, M.W.M., BALIEIRO, K.R.C., PINTO, L.V.A. Avaliação da produtividade e adaptabilidade de acessos de amendoim forrageiro para potencial formação/consorciação de pastagens mais sustentáveis no sul de Minas Gerais. **Revista Agrogeoambiental**, 2011. v.3, n. 2, p. 37-45.

PIRES, M.F.A., CAMPOS, A.T. Relação dos dados climáticos com o desempenho animal. In: RESENDE, H., CAMPOS, A.T., PIRES, M.F.A. (Org). **Dados climáticos e sua utilização na atividade leiteira**. 1ª Edição. Juiz de Fora: CNPGL, 2003. v.1, 250 p.

PIRES, M.F.A., VERNEQUE, R.S., VILELA, D. Ambiente e comportamento na produção de leite. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 211, p. 11-21, 2001.

PIRES, M.F.A.; VILELA, D.; ALVIM, M.J. **Comportamento alimentar de vacas holandesas em sistemas de pastagens ou em confinamento**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2001. 2p. (Boletim Técnico 2).

PORCIONATO, M.A.F., FERNANDES, A. M., NETTO, A.S., SANTOS, M.V. Influência do estresse calórico na produção e qualidade do leite. **Revista Acadêmica, Ciência Agrária Ambiental**. Curitiba, v. 7, n. 4. p. 483-490, 2009.

SALVIANO, L.M.C., VILLAÇA, C.L.P.B., VILAS BOAS, C.V.S., TAVARES, S.L.S. **Parâmetros fisiológicos de um rebanho de bovinos da raça holandesa criado no semiárido brasileiro**. In: 35º Congresso Brasileiro de Medicina Veterinária, 2008.

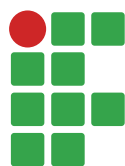
SCOTT, A.; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. **Biometrics**, Washington D.C., v. 30, n.3, p.507-512, 1974.

SILVA, G.R. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: FAPESP/Nobel, 2000. 286p.

SOUZA, C.F., et al. **Instalações para gado de leite**. 2004. Universidade Federal de Viçosa. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dea/ambiagro/arquivos/GadoLeiteOutubro-2004.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2015.

Submetido em: 9/8/2018

Aceito em: 4/2/2019



Efeito do Bayfolan® cobre no controle de *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* *in vitro*

Amanda Pereira Honório¹

Roseli dos Reis Goulart²

Eunice Maria Baquião³

Resumo

Um dos fatores limitantes à produção de café é a mancha aureolada causada pela bactéria *Pseudomonas syringae* pv. *garcae*. O objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes concentrações do Bayfolan® cobre no crescimento de dois isolados de *P. syringae* pv. *garcae* *in vitro*. Foram utilizados os isolados 157 e 59 de *P. syringae* pv. *garcae*. Foram instalados dois experimentos, em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 7 tratamentos, 5 repetições, totalizando 35 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi constituída por uma placa de petri. Para a instalação do experimento, o Bayfolan® cobre foi adicionado e homogeneizado ao meio de cultura Kado 523, nas seguintes concentrações 0; 625; 1.250; 1.875; 2.500 e 3.000 ppm e como testemunha positiva foi utilizado o produto Kasumin®, na concentração de 3.000 ppm. O Bayfolan® cobre reduziu o crescimento dos dois isolados avaliados *in vitro* com o aumento da sua concentração. Nas concentrações de 2.500 e 3.000 ppm, o Bayfolan® cobre inibiu completamente o crescimento de ambos os isolados, similarmente ao tratamento Kasumin®. Conclui-se que o Bayfolan® cobre é eficiente no controle de *P. syringae* pv. *garcae* *in vitro* a partir da concentração de 2.500 ppm.

Palavras-chave: Bacteriose. Sulfato de cobre. *Coffea arabica*

Introdução

O cafeeiro é uma das culturas de maior importância econômica e social para a agricultura brasileira, sendo o Sul de Minas Gerais a maior região produtora. O Brasil é responsável por um terço da produção mundial de café, o que o coloca como maior produtor mundial (CONAB, 2017).

No entanto, a produção de café pode ser prejudicada por pragas e diferentes patógenos causadores de doenças, como fungos e bactérias, os quais podem também comprometer a qualidade dos grãos e da bebida. A mancha aureolada causada pela bactéria *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* (AMARAL; TEIXEIRA; PINHEIRO, 1956), descoberta pela primeira vez na cidade de Garça, estado de São Paulo (AMARAL; TEIXEIRA; PINHEIRO, 1956), é uma das principais bacterioses que afeta o cafeeiro (OLIVEIRA, 2017).

Segundo Rodrigues et al. (2013), a bactéria é gram negativa, com células em forma de bastonetes retos ou levemente curvados, com medidas que variam de 0,5-1,0x 1,5-4,0 μm , móveis

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Muzambinho, graduada em Engenharia Agrônômica e Ciências Biológicas. amandanr97@gmail.com. Travessa José Valentino da Cruz, 54, Centro, Viçosa/MG, Cep: 36570-089.

2 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Muzambinho, docente. roseli.goulart@muz.ifsuldeminas.edu.br.

3 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Muzambinho, graduada em Engenharia Agrônômica. eunicebachiaonr@gmail.com.

por meio de um a sete flagelos polares, pertence ao Filo Proteobacteria, Classe Gamma Proteobacteria, Ordem Pseudomonadales, Família *Pseudomonadaceae*, Gênero *Pseudomonas*, Espécie *P. syringae*, Patovar *garcae*.

Os sintomas iniciais são lesões irregulares com aspecto amarelado e encharcado, que progridem para necrose dos tecidos. A área de tecido necrosado progride ao longo do tempo desenvolvendo um halo de coloração amarela ao redor das lesões. Nos ramos pode haver necrose e seca, tanto nos ortotrópicos, quanto nos plagiotrópicos (BELAN, 2014). A bactéria promove lesões nas inflorescências, rosetas e frutos novos (PATRÍCIO, 2011).

Segundo Rodrigues et al. (2013) a bacteriose ataca principalmente mudas, cafezais com podas e lavouras em formação com 3-4 anos idade.

A *P. syringae* pv. *garcae* se propaga pelo cafezal nos períodos chuvosos com temperaturas amenas. A ocorrência de granizo na lavoura favorece a ocorrência da bactéria, pois além de promover o molhamento foliar, originam ferimentos que atuam como portas de entrada para a bactéria. As lavouras localizadas em altitudes elevadas têm a maior incidência da doença devido à ação dos ventos (RODRIGUES et al., 2013).

O manejo cultural da doença deve ser iniciado antes da formação da lavoura, como a escolha da área a ser implantada, a qual deve estar distante de áreas contaminadas com a bactéria (RODRIGUES et al., 2013). Também deve ser levado em consideração a formação de quebra-ventos ao redor da lavoura, interferindo na velocidade com que o vento atinge as plantas e na disseminação do patógeno quando há ocorrência de água (RODRIGUES et al., 2013).

Para o controle químico desta bacteriose poucos produtos estão disponíveis no Sistema de Agro-tóxicos Fitossanitário (AGROFIT, 2019), por exemplo, o fungicida oxicloreto de cobre e o antibiótico casugamicina. Porém, esse tipo de tratamento deve ser realizado antes da infecção pela doença, agindo assim como preventivo para maior proteção da planta e menores índices da doença (PATRÍCIO, 2008).

Em consequência disso, os produtores têm tido perdas econômicas significativas, pois o aumento no número de aplicações com bactericidas e fungicidas tem elevado o custo de produção (PETEK et al., 2006).

Com isso, mudanças significativas têm ocorrido na cafeicultura brasileira visando conseguir um sistema de cultivo mais autossustentável, no qual haja crescimento da rentabilidade do cafeicultor e redução da contaminação do meio ambiente (PETEK et al., 2006).

Neste sentido, um fator importante é o manejo nutricional da planta, pois plantas equilibradas nutricionalmente são menos afetadas por doenças, uma vez que os nutrientes exercem importantes funções no metabolismo vegetal, influenciando o seu crescimento, a produção de plantas e também o aumento da resistência a patógenos (ZAMBOLIM; VENTURA, 1993).

Os nutrientes podem aumentar a resistência das plantas aos patógenos por estarem envolvidos em modificações na anatomia das células, como células da epiderme mais grossas, lignificadas ou silificadas (ZAMBOLIM; VENTURA, 1993).

Entre os micronutrientes, o cobre merece destaque, pois contribui para enzimas respiratórias e para fotossíntese. Aumenta a resistência das plantas às doenças, aumentando o seu vigor, além disso, parece ter relação com os hormônios, uma vez que há diminuição na queda das flores, folhas e frutos (MALAVOLTA; GOMES; ALCARDE, 2000).

Folhas de macieira resistentes a *Erwinia amylovora* (Burril) apresentaram uma grande quantidade de cobre. Por outro lado, a resistência da batateira à requeima por *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, daria-se pelo aumento da atividade da enzima peroxidase, acarretada pelo uso de cobre nas folhas (ZAMBOLIM; VENTURA, 1996).

Diversos trabalhos têm comprovado a eficiência do cobre *in vitro* como bactericida. Santos et al. (2010) observaram que o oxiclreto de cobre e Soil-Set®, um fertilizante foliar à base de enxofre, cobre, ferro, manganês e zinco (ALLTECH, 2019), inibiram o crescimento de *Xanthomonas campestris* pv. *viticola* (Nayadu) *in vitro*, sendo que a ação bactericida do Soil-Set® deveu-se possivelmente à presença de cobre em sua formulação.

Yamada (2014) concluiu que isolados de *P. syringae* pv. *garcae* apresentaram sensibilidade ao sulfato de cobre *in vitro* e também que o óxido cuproso aplicado de forma preventiva mostrou maior eficácia no controle de mancha aureolada em mudas de café.

Outros trabalhos também comprovaram a eficiência do cobre *in vitro*, Morais et al. (2015) relataram que o hidróxido de cobre nas concentrações (0,18; 0,36; 0,54 e 0,72%) e o fosfito de cobre (0,83%) inibiram completamente o crescimento de *P. syringae* pv. *garcae* *in vitro*.

De acordo com Domingues et al. (2015), produtos formulados com hidróxido de cobre promoveram uma redução drástica no número de UFC de *P. syringae* pv. *garcae* a partir da dose de 100 µg de i.a. por litro de meio N.A.

Fertilizantes foliares contendo outros elementos associados ao cobre têm sido disponibilizados no mercado com frequência, como o Bayfolan® cobre.

Bayfolan® cobre é um fertilizante foliar que contém nitrogênio, aminoácidos e sulfato de cobre associados que atuam em conjunto, ativando sistemas enzimáticos nas plantas (BAYER, 2017). Os aminoácidos facilitam a penetração, assimilação e movimento dos nutrientes dentro da planta melhorando sua atividade e proporcionando um efeito nutritivo, tornando as plantas mais saudáveis e produtivas (BAYER, 2017). Sua composição apresenta carbono orgânico total 10,0% (123,0 g L⁻¹), nitrogênio (solúvel em água) 3,0% (36,9 g L⁻¹), Cobre (solúvel em água) 5,0% (61,5 g L⁻¹), natureza física (fluído) (BAYER, 2017).

Diante disso, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de diferentes concentrações de Bayfolan® cobre no controle de *P. syringae* pv. *garcae* *in vitro*.

Materiais e métodos

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Fitopatologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - *Campus* Muzambinho.

Os isolados de *P. syringae* pv. *garcae* utilizado nos experimentos foram obtidos do Laboratório de Bacteriologia da Universidade Federal de Lavras, os quais são oriundos de folhas de cafeeiros a partir de lavoura, naturalmente infectada, localizada no município de Lavras, região Sul do Estado de Minas Gerais. A patogenicidade do isolado foi confirmada em mudas de cafeeiro em condição de casa de vegetação do Departamento de Fitopatologia da UFLA.

Para o preparo do inóculo, foi realizada a semeadura da bactéria de ambos os isolados em meio 523 de Kado e Heskett (1970). Após 48 horas, as células bacterianas foram suspendidas em solução salina (NaCl a 0,85%) estéril em autoclave e a concentração bacteriana determinada em espectrofotômetro a 600 nm (OD600), conforme descrito por Oliveira e Romeiro (1990). Por meio de diluição em solução salina estéril, foi preparada suspensão de células bacterianas com a diluição de $1,1 \times 10^8$.

Foram instalados dois experimentos, sendo que em cada um utilizou-se de isolado diferente de *P. syringae* pv. *garcae* (157 e 59). Os experimentos foram instalados em delineamento inteiramente casualizado, sendo avaliados sete tratamentos, com cinco repetições, totalizando 35 unidades experimentais cada um. Cada unidade experimental foi constituída por uma placa de petri.

O Bayfolan® cobre foi adicionado ao meio de cultura 523 à temperatura de cerca de 40°C, nas seguintes concentrações, 0; 0,63; 1,25; 1,88; 2,5; 3,0 mL L⁻¹ de água, correspondendo a 0, 625, 1.250, 1.875, 2.500 e 3.000 ppm. Como testemunha absoluta, foi utilizada placa contendo meio 523 (Controle negativo) e placas acrescidas do antibiótico casugamicina (Kasumin® - 98% i. a) (Controle positivo) na concentração de 3.000 ppm. Posteriormente, o meio foi vertido em placa de Petri de 9,0 cm de diâmetro.

Após a solidificação do meio adicionou-se em cada placa 100 µL da suspensão de inóculo ($1,1 \times 10^8$ UFC mL⁻¹), a qual foi distribuída sobre o meio com auxílio de alça de Drigalski. Em seguida, as placas foram mantidas em incubação em B.O.D a 28 ± 2 °C e fotoperíodo de 12 h de luz.

Para verificar a eficiência dos tratamentos em relação à inibição do desenvolvimento bacteriano, após 48 horas de incubação, foi quantificado o número de unidades formadoras de colônias (UFC) desenvolvidas em cada placa.

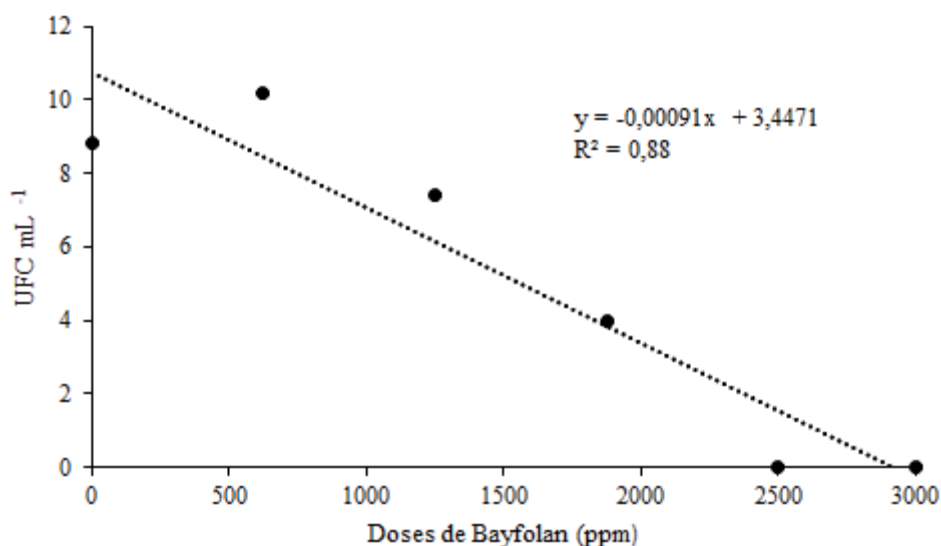
Os resultados foram submetidos a testes de normalidade e homogeneidade, por meio do Programa GENES® (CRUZ, 2001) e à análise de variância e regressão, e as médias comparadas pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância, por meio do Programa SISVAR® (FERREIRA, 2011).

Resultados e discussões

De um modo geral, ambos os isolados de *P. syringae* pv. *garcae* apresentaram redução significativa no número de UFC com o aumento da concentração de Bayfolan® cobre, evidenciando o efeito bactericida do produto.

Para o isolado 157 da bactéria (Figura 1) observa-se que na concentração de 630 ppm de Bayfolan® cobre houve tendência de aumento no número de UFC. Nas concentrações de 1.250 e 1.875 ppm de Bayfolan® cobre houve redução de 15,91% a 54,55% no número de colônias comparado com a testemunha, respectivamente. A partir da concentração de 2.500 ppm o Bayfolan® cobre inibiu completamente o desenvolvimento da bactéria *in vitro*.

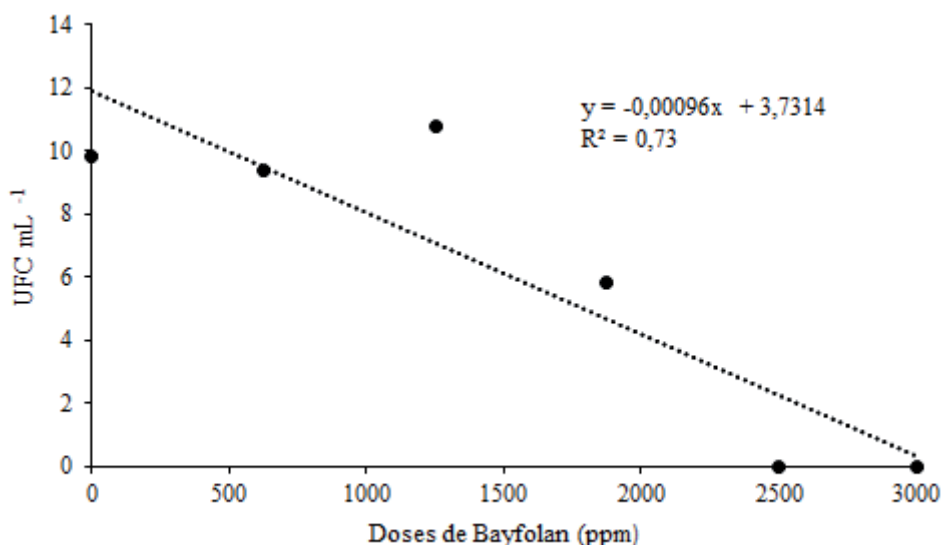
Figura 1 – Efeito de diferentes concentrações de Bayfolan® cobre no crescimento de *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* *in vitro*, Isolado 157, Muzambinho, 2018. Dados transformados para $y = \sqrt{(x+0,5)}$.



Fonte: Elaboração dos autores (2018).

Para o isolado 59 de *P. syringae* pv. *garcae* (Figura 2), observa-se que na concentração de 625 ppm de Bayfolan® cobre praticamente não houve inibição do crescimento bacteriano comparado à testemunha. Na concentração de 1.250 ppm de Bayfolan® cobre houve tendência de aumento no número de UFC. Na concentração de 1.875 ppm o Bayfolan® cobre promoveu 40,82% de redução no número de colônias. A partir da concentração de 2.500 ppm o Bayfolan® cobre inibiu completamente o desenvolvimento da bactéria *in vitro*.

Figura 2 – Efeito de diferentes concentrações de Bayfolan® cobre no crescimento de *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* *in vitro*, Isolado 59, Muzambinho, 2018. Dados transformados para $y = \sqrt{(x+0,5)}$.



Fonte: Elaboração dos autores (2018).

Embora o comportamento dos dois isolados, 157 e 59, tenham sido semelhantes, observa-se que o isolado 59 apresentou menor sensibilidade ao Bayfolan® cobre na concentração de 1.875 ppm, sendo o percentual de redução de 40,82% e 54,55% para os isolados 59 e 157, respectivamente. No entanto, ambos os isolados tiveram seu crescimento inibido completamente com a concentração 2.500 ppm de Bayfolan® cobre.

O patógeno *P. syringae* pv. *garcae* é uma bactéria gram-negativa, aeróbica restrita (MCDONNELL; RUSSEL, 1999). Embasando-se no conceito apontado por Fisher (2005) de que as bactérias gram-negativas dispõem de um envelope celular em que uma membrana celular externa à parede celular é composta por uma bicamada de lipopolissacarídeo-fosfolipídica assimétrica, promovendo uma barreira física eficaz para a entrada de moléculas no interior da célula bacteriana, pode-se inferir que o isolado 59 provavelmente possa ter membrana mais efetiva no controle da entrada do Bayfolan® cobre.

Um fator responsável pelas propriedades antimicrobianas do cobre é a habilidade desse metal aceitar ou doar facilmente seus elétrons (PRO COBRE, 2016). Essa propriedade química permite que os íons de cobre alterem as proteínas dentro das células dos microrganismos para que as proteínas já não possam realizar suas funções normais (PRO COBRE, 2016).

Comparando-se o número de UFC obtido nos tratamentos que receberam Bayfolan® cobre com o tratamento que recebeu o antibiótico comercial Kasumin® e com a testemunha sem tratamento,

constatou-se que os tratamentos diferiram significativamente entre si (Tabela 1). As concentrações de Bayfolan® cobre de 2.500 ppm e 3.000 ppm tiveram a mesma eficácia que o tratamento químico Kasumin® na redução do crescimento bacteriano.

Tabela 1 – Efeito de diferentes concentrações de Bayfolan® cobre e do antibiótico Kasumin® no crescimento de dois isolados de *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* *in vitro*, Muzambinho, 2018.

Tratamentos (ppm)	Isolado 157 (UFC)	Isolado 59 (UFC)
0	0% a	0% a
625	0% a	4,1% a
1250	15,9% b	0% a
1875	54,5% c	40,8% b
2500	100% c	100% c
3000	100% c	100% c
Kasumin®	100% c	100% c
CV (%)	35,29	21,08

*Na coluna, as médias seguidas pela mesma letra minúscula, não diferem entre si, pelo Teste de Scott-Knott a 0,05 de significância. Dados transformados para $y = \sqrt{(x+0,5)}$. Os dados apresentam normalidade e homogeneidade.

Fonte: Elaboração dos autores (2018).

Yamada (2014) ao estudar a resistência de isolados de *P. syringae* pv. *garcae* a cobre verificou que os isolados do patógeno apresentam sensibilidade ao sulfato de cobre *in vitro* e que o óxido cuproso aplicado de forma preventiva mostrou maior eficácia no controle da mancha aureolada em mudas de cafeeiro.

Diversos trabalhos relatam o efeito bactericida do cobre. Morais et al. (2015) relataram que o hidróxido de cobre nas concentrações (0,18; 0,36; 0,54 e 0,72%) e o fosfito de cobre (0,83%) inibiram completamente o crescimento de *P. syringae* pv. *garcae* *in vitro*.

Domingues et al. (2015), pesquisando o controle químico e biológico da mancha aureolada em mudas de cafeeiro, observaram que produtos formulados com hidróxido de cobre promoveram redução drástica no número de UFC de *P. syringae* pv. *garcae* a partir da dose de 100 µg de i.a. por litro de meio N.A.

Segundo Franco e Takatsu (2004), 38 isolados testados de *Xanthomonas axonopodis* pv. *passiflorae* (Pereira) Dye não apresentaram resistência ao CuSO₄ nas concentrações de 500 ppm e 1.000 ppm.

Além do efeito bactericida apresentado pelo Bayfolan® cobre, por ele conter cobre (Sulfato de cobre), aminoácidos e enxofre na sua composição pode induzir resistência nas plantas por ativar seus mecanismos de defesa, como já foi evidenciado por Zambolim e Ventura (1996), Igarashi et al. (2010) e Vitti, Otto e Saviato (2015), sendo isso considerado uma vantagem, uma vez que esse produto é comercializado como fertilizante foliar.

Conclusões

O Bayfolan® cobre é eficaz no controle dos isolados 157 e 59 de *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* in vitro a partir da concentração de 2.500 ppm.

O Bayfolan® cobre nas concentrações de 2.500 e 3.000 ppm é tão eficiente quanto o Kasumin® no controle do crescimento bacteriano.

Effect of Bayfolan® copper on the control of *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* in vitro

Abstract

One of the limiting factors in coffee production is the aureolated spot caused by the bacterium *Pseudomonas syringae* pv. *garcae*. This work aimed to evaluate different Bayfolan® copper concentrations in the growth of two isolates of *P. syringae* pv. *garcae* in vitro. *P. syringae* pv. *garcae* 157 and 59 isolates were used. Two experiments were carried out in a completely randomized design (CRD) with 7 treatments and 5 replications, in a total of 35 experimental units. Each experimental unit consisted of a Petri dish. For the installation of the experiment, Bayfolan® copper was added and homogenized into Kado 523 culture medium at concentrations of 0; 625; 1.250; 1.875; 2.500 and 3.000 ppm, and as positive control the product Kasumin® was used at 3.000 ppm concentration. Bayfolan® copper reduced the growth of the two isolates evaluated in vitro with increasing concentration. At concentrations of 2.500 and 3.000 ppm, Bayfolan® copper inhibited completely the growth of both isolates, similarly to the Kasumin® treatment. The research reveals that Bayfolan® copper is efficient to control *P. syringae* pv. *garcae* in vitro from concentrations of 2.500 ppm onwards.

Keywords: Bacteriosis. Copper sulphate. *Coffea arabica*.

Referências

AGROFIT. **Consulta de ingrediente ativo**. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 21 jan. 2019.

ALLTECH. **Informações técnicas - Soil Set®**. Disponível em: <<https://www.alltech.com/soil-set>>. Acesso em: 21 jan. 2019.

AMARAL, J. F.; TEIXEIRA, C. G.; PINHEIRO, E. D. A bacterium causing halo blight of coffee. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 23, p. 151-155, 1956.

BAYER. **Informações técnicas - Bayfolan® cobre**. Disponível em: <<https://www.agro.bayer.com.br/produtos/bayfolan>>. Acesso em: 08 out. 2017.

BELAN, L. L. **Detecção de *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* em sementes, microanálise de raios X e desenvolvimento de escala diagramática para a mancha areolada do cafeeiro**. 2014. 126 f. Tese (Doutorado em/Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). **Acompanhamento da safra café**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_09_21_17_00_05_cafe_setembro_2017.pdf>. Acesso: 08 ou 2017.

CRUZ, C.D. **Programa GENES**. Versão Windows. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 648 p, 2001.

DOMINGUES, M. V. P. F.; DEUS, B. C. de; BERIAM, L. O. S.; BRAGHINI, M. T.; ALMEIDA, I. M. G.; BERNADO, E. R. de A.; ARAÚJO, C. F. Q. de; PATRÍCIO, F. R. A. Controle químico e biológico da mancha aureolada em mudas de cafeeiro. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 9. ,2015, Curitiba. **Resumo expandido**. Curitiba, 2015.

FRANCO, M. M.; TAKATSU, A. Sensibilidade de *Xanthomonas axonopodis* pv. *passiflorae* a cobre. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 20, n. 2, p. 207-210, Mai/Ago 2004.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, Nov./Dec. 2011.

FISHER, J. F.; MEROUEH, S. O.; MOBASHERY, S. Bacterial resistance to β -lactam antibiotics: compelling opportunism, compelling opportunity. **Chemical Reviews**. v. 105, p. 395 - 424, Feb. 2005.

IGARASHI, D.; TAKEDA, T.; NARUSAKA, Y.; TOTSUKA, K. Glutamate fermentation by-product activates plant defense responses and confers resistance against pathogen infection. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 158, p. 668-675, 2010.

KADO, C. I.; HESKETT, M. G. Selective media for isolation of *Agrobacterium*, *Corynebacterium*, *Erwinia*, *Pseudomonas* and *Xanthomonas*. **Phytopathology**, v. 60, p. 969-979, 1970.

MALAVOLTA, E.; GOMES, F. P.; ALCARDE J. C. **Adubos e Adubações**. Barueri: Nobel, 2000.

MCDONNELL, G.; RUSSEL, D. Antiseptics and disinfectants: activity, action, and resistance. **Clinical Microbiology Reviews**, v. 12, p. 147-179, 1999.

MORAIS, O. J. S.; GOULART, R. R.; SANDY, D.; RIBEIRO, N. P. N.; ALMEIDA, B. M.; BELAN, L. L.; POZZA, E. A.; RAIMUNDI, M. K. Controle alternativo da mancha aureolada. In: JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO IFSULDEMINAS, 6., 2014, Pouso Alegre. **Resumo**. Pouso Alegre: IFSULDEMINAS, 2014.

OLIVEIRA, D. A. M. **Proteção do cafeeiro contra a mancha aureolada e análises de enzimas envolvidas no metabolismo fenólico e lignina**. 2017. 41 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

OLIVEIRA, J. R.; ROMEIRO, R. S. Reação de folhas novas e velhas de cafeeiros a infecção por *Pseudomonas cichorii* e *P. syringae* pv. *garcae*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 15, p. 355-356, 1990.

PATRÍCIO, F. R. A.; ALMEIDA, I. M. G.; BARROS, B. C.; SANTOS, A. S.; FRARE, P. M. Effectiveness of acibenzolar-S-methyl, fungicides and antibiotics for the control of brown eye spot, bacterial blight, brown leaf spot and coffee rust in coffee. **Annals of applied biology**, v. 152, n. 1, p. 29-39, 2008.

PATRÍCIO, F. R. A. Mancha aureolada volta a preocupar cafeicultores. **Boletim Informativo Peracetic**. v. 1, 2. ed., 2011.

PETEK, M. R.; SERA, T.; SERA, G. H.; FONSECA, I. C. B.; ITO, D. S. Seleção de progênies de *coffea arabica* com resistência simultânea à mancha aureolada e à ferrugem alaranjada. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 1, p. 65-73, 2006.

PRO COBRE. **Cobre bactericida**. Disponível em: <http://www.philomenojr.com.br/downloads/Informacoes/Eluma_Conexoes/Cobre_antimicrobiano.pdf>. Acesso em: 20 mai 2018.

RODRIGUES, L. M. R.; ALMEIDA, I. M. G. de; PATRÍCIO, F. R. A.; BERIAM, L. O. S.; MACIEL, K. W.; BRAGHINI, M. T.; GUERREIRO FILHO, O. **Mancha aureolada do cafeeiro causada por *Pseudomonas syringae* pv. *Garcae***. Campinas: Instituto Agrônômico, 2013.

SANTOS, L. O.; COSTA, V. S. O.; FREIRE, E. B.; BATISTA, D. C.; TERAPO, D.; BARBOSA, M. A. G. Inibição *in vitro* de *Xanthomonas campestris* pv *viticola* por indutores de resistência. In: Embrapa Seminário-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 5., 2010, Petrolina. **Anais...**Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010.

VITTI, G. C.; OTTO, R.; SAVIETO, J. **Manejo do enxofre na agricultura**. Disponível em: <[http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/489467390EE9A34B83257F31004B1E61/\\$FILE/Jornal152.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/489467390EE9A34B83257F31004B1E61/$FILE/Jornal152.pdf)>. Acesso em: 2 jul. 2018.

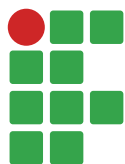
YAMADA, J. K. **Resistência de isolados de *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* a cobre**. 2014. 50 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A. **Resistência a doenças induzidas pela nutrição das plantas**. Piracicaba: POTAFOS, 16 p., 1996.

ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A. Resistência de doenças induzidas pela nutrição mineral. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 1, p. 275-318, 1993.

Submetido em: 23/07/2018

Aceito em: 06/02/2019



Crescimento inicial da pitaya (*Hylocereus undatus*) em função da adubação com NPK

Ana Flávia Matias Gonçalves¹

Sheila Isabel do Carmo Pinto²

Ricardo Monteiro Corrêa³

Resumo

A Pitaya é considerada uma cactácea frutífera muito promissora, no entanto, carente de estudos preliminares que subsidiem a definição de sistemas de produção mais adequados. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adubação mineral com NPK sobre o crescimento inicial da pitaya, visando à definição de manejos de nutrição e fertilização adequados à exploração agrícola da cultura. O ensaio foi conduzido na estufa do Laboratório de Biotecnologia. A parte propagativa da pitaya é o seu caule conhecido como cladódio. O plantio dos cladódios foi realizado em vasos de 8,0 dm³, preenchidos com substrato à base de terra de cupim. As matrizes doadoras de material vegetativo foram exemplares jovens de pitaya vermelha da polpa branca (*Hylocereus undatus*). Foram utilizadas 72 estacas de 30,0 cm de comprimento. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com 9 tratamentos (doses de NPK) e 4 repetições, totalizando 36 parcelas experimentais. Cada parcela experimental foi composta de 2 estacas. Aos 160 dias após o plantio foram avaliados os caracteres morfológicos: número de cladódios, somatório do comprimento dos cladódios, massa fresca dos cladódios, massa seca dos cladódios, comprimento do sistema radicular, massa fresca do sistema radicular e massa seca do sistema radicular. Os resultados das variáveis foram submetidos à análise de variância e as médias agrupadas pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. A adubação com NPK afetou o crescimento inicial da parte aérea e do sistema radicular da pitaya. O maior desenvolvimento da pitaya foi proporcionado por 450,0 mg dm⁻³ de N, 250,0 mg dm⁻³ de P e 250,0 mg dm⁻³ de K.

Palavras-chave: Cactácea. Nitrogênio. Fósforo. Potássio.

Introdução

Nos últimos anos, várias espécies de cactos têm se destacado quanto ao potencial como fonte de alimento, dentre essas, destaca-se a frutífera cactácea trepadeira, sendo a mais cultivada no mundo, nativa das florestas tropicais do México e Américas Central e do Sul, chamada de pitaya (*Hylocereus undatus*) (COSTA, 2012).

No Brasil, a Pitaya é considerada uma frutífera nova no mercado e promissora. Pode ser uma alternativa potencialmente viável para solos pouco utilizados, tornando seu cultivo promissor do ponto de vista agrônomo. Suas características têm despertado interesse nos produtores por sua grande aceitação nos mercados consumidores. Apesar de ser considerada uma fruta exótica, são encontradas

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais IFMG – *Campus* Bambuí, discente do curso de Agronomia. ana.flaviagoncalves@hotmail.com. Fazenda Varginha, Rodovia Bambuí-Medeiros, Km 5, Bambuí (MG)

2 IFMG – *Campus* Bambuí, docente pesquisador. sheila.isabel@ifmg.edu.br.

3 IFMG – *Campus* Bambuí, docente pesquisador. ricardo.correa@ifmg.edu.br.

espécies de pitayas nativas no Cerrado do gênero *Selenicereus* e *Hylocereus*, popularmente conhecidas como pitaya-do-cerrado ou “saborosa” (JUNQUEIRA et al., 2002).

Considerando a crescente demanda por frutas exóticas, a escassez de disponibilidade dessas para o mercado consumidor, o elevado potencial comercial no mercado interno e externo e o reduzido número de estudos e publicações sobre o cultivo, há a necessidade de intensificação das pesquisas, visando principalmente à obtenção de informações básicas sobre a cultura para que elas sejam utilizadas pelos produtores.

A determinação de doses adequadas de NPK para o desenvolvimento inicial da pitaya é muito relevante para subsidiar sistemas de produção mais adequados para a exploração econômica desta cultura no Brasil. Lone (2013) ressalta que devido ao aumento no consumo da pitaya nos últimos anos, verifica-se a necessidade de intensificação das pesquisas, visando principalmente à obtenção de informações nutricionais básicas sobre a cultura. Na literatura há poucos artigos sobre o efeito do fósforo (MOREIRA et al., 2016), do fósforo e do zinco (CORRÊA et al., 2014; ALMEIDA et al., 2016), do nitrogênio e do potássio (ALMEIDA et al., 2014; 2016) e do potássio e cálcio (CAJAZEIRA et al., 2018) sobre o desenvolvimento inicial da pitaya. Portanto, diante da importância de uma adubação balanceada, principalmente com nitrogênio, fósforo e potássio, torna-se fundamental a realização de pesquisa sobre o efeito conjunto desses macronutrientes primários sobre o desenvolvimento da pitaya.

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da adubação mineral com NPK sobre o crescimento inicial da pitaya, visando à definição de manejos de fertilização adequados à exploração agrícola dessa cultura.

Material e métodos

A pesquisa foi conduzida nas dependências do Laboratório de Biotecnologia (Labiotec), pertencente ao Departamento de Ciências Agrárias do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais-Campus Bambuí.

O plantio das partes propagativas da pitaya foi realizado em vasos com capacidade para 8,0 dm³, preenchidos com substrato à base de terra de cupim.

O material utilizado foi preparado conforme Sousa (2009). Foi utilizada apenas a parte central e escurecida do ninho dos cupins, o qual foi seco e desinfestado sob lona preta de polietileno exposta ao sol até apresentar pouca umidade. Posteriormente o material foi triturado manualmente e homogeneizado.

As matrizes doadoras de material vegetativo foram exemplares jovens de Pitaya branca (*Hylocereus undatus*) cultivadas na estufa do Laboratório de Biotecnologia. No início da manhã do dia 16 de outubro de 2017 foram retiradas 72 estacas (apical ou mediana) de 30,0 cm de comprimento, do cladódio principal das plantas (haste principal) e em seguida foram plantadas nos vasos preparados no dia anterior.

O experimento foi conduzido sob delineamento de blocos casualizados com 9 tratamentos (doses de NPK) e 4 repetições, totalizando 36 parcelas experimentais. Cada parcela experimental foi composta de 2 estacas. Foram utilizados, portanto, 72 vasos de 8,0 dm³ com uma estaca cada.

As doses de NPK utilizadas nos diferentes tratamentos são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Doses de N, P e K utilizadas no cultivo da pitaya (*Hylocereus undatus*)

Tratamento	Doses (mg dm ⁻³)		
	N	P	K
1	0	0	0
2	300	150	150
3	300	150	250
4	300	250	150
5	300	250	250
6	450	150	150
7	450	150	250
8	450	250	150
9	450	250	250

Fonte: Elaboração dos autores (2018).

Os adubos utilizados como fonte de N, P e K foram, respectivamente, sulfato de amônio (18% de N), superfosfato simples (18% de P) e cloreto de potássio (58% de K). Para a adubação básica (igual para todos os vasos), foram utilizados 25,0 mg dm⁻³ (aplicado 0,2 g por vaso) de FTE BR-12. À exceção do FTE BR-12, que foi aplicado na quantidade total, durante o preenchimento dos vasos, os demais adubos foram aplicados divididos em duas aplicações: metade no preenchimento dos vasos, realizado no dia 16 de outubro de 2017, e a outra metade 50 dias após o preenchimento dos vasos, no dia 6 de dezembro de 2017.

Durante toda a condução do experimento foi realizada a manutenção da capina manual de todos os vasos quando necessário. A irrigação foi realizada manualmente, cada vaso recebeu cerca de 50,0 ml de água, com turno de rega de 7 dias. O tutoramento das plantas foi realizado no dia 18 de dezembro de 2017, utilizando estacas de bambu com auxílio de corda de sisal para proporcionar sustentação vertical à parte aérea da pitaya.

A avaliação foi realizada nos dias 26 e 27 de março de 2018, ou seja, 160 dias após o plantio das estacas de pitaya. Todas as amostras foram avaliadas, pois não ocorreu nenhum dano às 72 repetições. Foram avaliados os caracteres morfológicos da parte aérea (número de cladódios (NC), somatório do comprimento dos cladódios (SCC), massa fresca dos cladódios (MFC) e massa seca dos cladódios (MSC)) e do sistema radicular (comprimento do sistema radicular (CSR), massa fresca do sistema radicular (MFSR) e massa seca do sistema radicular (MSSR), além da relação entre a massa seca dos cladódios e a massa seca do sistema radicular (RCSR)).

Todos os cladódios foram contados (NC) e foi inferido o somatório do comprimento desses (SCC) por meio da medição utilizando uma régua graduada em centímetros. O substrato de cada amostra foi retirado por meio de lavagem com jato de água moderado para não danificar as raízes. As amostras foram levadas para o Laboratório de Biotecnologia para a aferição do comprimento do sistema radicular (CSR). Para determinar a massa fresca dos cladódios (MFC) e do sistema radicular (MFSR), os cladódios foram separados das raízes e as partes foram pesadas separadamente em balança analítica. Posteriormente, os cladódios e as raízes foram acondicionados separadamente em envelope de papel kraft, identificados com o tratamento correspondente e, posteriormente, as amostras foram secas em estufas a 65°C por 72 horas para a determinação da massa seca dos cladódios (MSC) e do sistema radicular (MSSR) por meio da pesagem em balança analítica. Com o peso seco

dessas amostras foi obtida a relação entre a massa seca dos cladódios e a massa seca do sistema radicular (RCSR).

Os dados obtidos dos caracteres morfológicos da parte aérea e do sistema radicular das pitayas foram submetidos à análise de variância e as médias agrupadas pelo Teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade utilizando o software Sisvar (FERREIRA, 2011).

Resultados e discussão

Verificou-se que houve efeito ($p < 0,05$) da adubação com NPK sobre o crescimento inicial da pitaya branca para a maioria das características morfológicas analisadas. Foram observados efeitos das doses de adubação mineral com NPK sobre todas as variáveis morfológicas da parte aérea da pitaya ($p < 0,05$) (TABELA 2).

Tabela 2 – Avaliação das características morfológicas da parte aérea (cladódios) da pitaya (*Hylocereus undatus*) em função de diferentes doses de adubação mineral com NPK

Tratamentos	Variáveis			
	NC	SCC	MFC	MSC
T 1	2,6 b	150,1 b	333,6 c	34,5 b
T 2	2,9 b	175,9 b	330,9 c	33,5 b
T 3	2,6 b	187,1 b	382,8 c	34,7 b
T 4	2,8 b	185,0 b	265,0 c	38,1 b
T 5	2,8 b	182,9 b	379,4 c	46,6 a
T 6	2,8 b	209,2 a	427,6 b	41,5 b
T 7	4,0 a	261,0 a	416,6 b	44,8 a
T 8	3,6 a	233,4 a	445,2 b	41,4 b
T 9	3,5 a	236,5 a	536,2 a	55,6 a
CV (%)	26,1	26,2	23,9	24,9

Médias seguidas de mesma letra, para cada variável, não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. NC: número de cladódios; SCC: somatório do comprimento dos cladódios; MFC: massa fresca dos cladódios; MSC: massa seca dos cladódios. CV: coeficiente de variação.

Fonte: Elaboração dos autores (2018).

O número de cladódios (NC) variou de 2,6 a 4,0 unidades. As estacas de pitaya que receberam maior dose de N associada a maiores doses de P e/ou K (tratamentos 7, 8 e 9) apresentaram maior produção de cladódios (NC) (TABELA 2). No entanto, a aplicação de alta dosagem de N associada a menores doses de P e K (tratamento 6) não foi capaz de manter uma emissão satisfatória de cladódios pelas estacas de pitaya.

O comprimento total dos cladódios (SCC) variou de 150,0 a 261,0 cm, valores superiores aos obtidos por Almeida et al. (2014) e Corrêa et al. (2014) em plantas de pitaya. O SCC foi superior nas plantas que receberam a maior dose de N, independentemente da dose de P ou K (tratamentos 6, 7, 8 e 9) (TABELA 2).

A massa fresca de cladódios (MFC) foi superior nas plantas de pitaya adubadas com a maior dose de NPK (Tratamento 9) (TABELA 2). Portanto, as plantas tendem a aumentar a produção de

massa quando se elevam os níveis de nitrogênio, fósforo e potássio, conseqüentemente, a variação na distribuição dos nutrientes influencia as características de desenvolvimento dos cladódios.

As estacas de pitaya com maior produção de massa seca de cladódios (MSC) foram as que receberam maior dosagem de K, principalmente quando associado a maior dose de N ou P (Tratamentos 5, 7 e 9) (TABELA 2). Almeida et al. (2014) observaram que a baixa disponibilidade de N tem efeito limitante sobre o aumento de MSC, e que o K tem efeito mais evidenciado sobre o aumento da eficiência de uso do N pela pitaya. Portanto, baixas doses de N reduzem a produção de massa seca pelos cladódios, no entanto, a aplicação da dose adequada de N tem que estar associada à dose suficiente de K, uma vez que o K aumenta o aproveitamento do N no metabolismo da pitaya. Esses autores obtiveram incremento de até oito vezes na MSC, exprimindo a importância da aplicação racional de N e K sobre o crescimento inicial da pitaya.

Conforme Sarmiento et al. (2008), quando o suprimento de N é realizado em condições de baixa disponibilidade de K ocorre uma baixa eficiência de uso do N pela planta. Almeida et al. (2016), ao avaliarem o estado nutricional de plantas de pitaya submetidas a diferentes doses de N e K, observaram a alta exigência dessa espécie por K, demandando em torno de duas vezes mais K do que N. Fernandes et al. (2018) verificaram a importância do K também sobre o aumento da produção e qualidade dos frutos de pitaya.

Verificou-se que a MSC variou de 33,5 g a 55,6 g, enquanto a MFC oscilou de 265,0 a 536,2 g. Relacionando-se ambos os resultados, estimou-se que cerca de 87,4 a 89,6% do tecido vegetal estava constituído por água. Esses resultados corroboraram o teor de umidade descrito por Goldstein et al. (1991) para cactos suculentos e os verificados por Almeida et al. (2014) e Corrêa et al. (2014) em plantas de pitaya.

A aplicação de NPK deve ser feita em quantidade que favoreça a disponibilidade adequada para as plantas. No presente trabalho verificou-se que o tratamento com as maiores doses de N ($450,0 \text{ mg dm}^{-3}$), P ($250,0 \text{ mg dm}^{-3}$ de P) e K ($250,0 \text{ mg dm}^{-3}$ de K) contribuiu para acelerar o crescimento inicial da parte aérea da pitaya branca. Efeitos significativos nessas características poderiam ser esperados devido ao nitrogênio agir como estimulador de divisão e alongamento celular, o que promoveria efeitos diretos na produção de cladódios mais vigorosos (MALAVOLTA, 2006), e ao fósforo favorecer o desenvolvimento da planta, atuando como nutriente que estimula a produção de fitomassa (MOREIRA, 2012), assim como o potássio que promove o aumento do diâmetro do caule (INTA, 2002). O K é um dos elementos mais requeridos, especialmente por exercer as funções de translocação de carboidratos e regulação de abertura e fechamento de estômatos para utilização de água (MARSCHNER, 2005).

Verificou-se efeito da adubação com NPK sobre o crescimento inicial de pitaya branca para as características morfológicas do sistema radicular: comprimento do sistema radicular (CSR), massa seca do sistema radicular (MSSR) e relação entre a massa seca dos cladódios e a massa seca do sistema radicular (RCSR) (TABELA 3).

Tabela 3 – Avaliação das características morfológicas do sistema radicular da pitaya (*Hylocereus undatus*) em função de diferentes doses de adubação mineral com NPK

Tratamentos	Variáveis			
	CSR	MFSR	MSSR	RCSR
T 1	29,1 b	11,3 a	3,57 a	11,3 c
T 2	37,5 a	11,2 a	3,06 a	11,2 c
T 3	40,1 a	10,4 a	3,35 a	9,95 c
T 4	38,0 a	11,2 a	2,35 b	17,5 b
T 5	42,1 a	11,0 a	2,70 b	17,6 b
T 6	34,3 b	10,9 a	2,43 b	19,0 b
T 7	33,5 b	10,3 a	2,82 b	21,8 a
T 8	34,1 b	9,9 a	1,93 b	21,4 a
T 9	33,5 b	13,7 a	2,81 b	23,0 a
CV (%)	12,9	28,1	33,2	27,7

Médias seguidas de mesma letra, para cada variável, não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. CSR: comprimento do sistema radicular; MFSR: massa fresca do sistema radicular; MSSR: massa seca do sistema radicular. RCSR: relação entre a massa seca dos cladódios e a massa seca do sistema radicular. CV: coeficiente de variação.

Fonte: Elaboração dos autores (2018).

O comprimento do sistema radicular variou de 29,0 a 42,0 cm, valores próximos aos apresentados por Corrêa et al. (2014) em plantas de pitaya. Os tratamentos que proporcionaram o maior comprimento do sistema radicular (CSR) foram os tratamentos 2, 3, 4 e 5, variando de 37,5 a 42,1 cm com a menor dose de nitrogênio (300,0 mg dm⁻³) (Tabela 3). Os menores valores foram constatados com a utilização de 450,0 mg dm⁻³ de N (maior dose) e no tratamento 1 sem adição de nitrogênio. Logo, observou-se que a utilização de elevadas doses de N ocasionou redução do crescimento do sistema radicular, o que se adequa aos estudos de Silva (2014). Almeida et al. (2014) também observaram que a utilização de elevadas doses de N reduziu o crescimento vertical do sistema radicular das plantas de pitaya.

A variável massa seca do sistema radicular (MSSR) foi beneficiada com a menor dose de N associada com baixas doses de P. Os tratamentos 1, 2 e 3 foram estatisticamente superiores aos outros tratamentos apresentando maior produção de massa seca pelo sistema radicular (TABELA 3). Almeida et al. (2014) também verificaram que a deficiência de N no solo culminou em aumento da massa do sistema radicular da pitaya. Corrêa et al. (2014) mencionam que a aplicação de alta dose de P (300 mg dm⁻³) estimulou o crescimento vegetativo da pitaya em detrimento do sistema radicular. Esses resultados corroboram os apresentados por Almeida Júnior et al. (2009), os quais verificaram que sob condições de elevada disponibilidade de P no solo, as plantas têm possibilidade de investir maior parcela de energia no incremento da parte aérea. No entanto, Corrêa (2004) afirma que o suprimento adequado de P pode induzir o crescimento do sistema radicular, uma vez que o P é essencial a formação do sistema radicular.

As estacas de pitaya que receberam maior dose de N associada a maiores doses de P e/ou K (tratamentos 7, 8 e 9) apresentaram maior relação entre a massa seca dos cladódios e a massa seca do sistema radicular (RCSR) (TABELA 3). Silva (2014) ressalta que o excesso de N no solo pode proporcionar o aumento da relação parte aérea/raiz, reduzindo o crescimento longitudinal do sistema

radicular e, conseqüentemente, diminuindo a capacidade de resistência das plantas a períodos secos. Almeida et al. (2014) também observaram que a aplicação de doses crescentes de N e K resultou em efeitos contrários na relação parte aérea/raiz.

Conclusões

A adubação com NPK afetou o crescimento inicial da parte aérea e do sistema radicular da pitaya.

O maior desenvolvimento da pitaya foi proporcionado por 450,0 mg dm⁻³ de N, 250,0 mg dm⁻³ de P e 250,0 mg dm⁻³ de K.

Pitaya (*Hylocereus undatus*) initial growth in function to NPK fertilization

Abstract

Pitaya is considered a very promising cactus fruit, however, there is a lack of studies that support the definition of more suitable production systems. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of NPK mineral fertilization on pitaya initial growth, aiming the definition of nutritional and fertilization management appropriate to the agricultural exploitation of the crop. The assay was conducted in the greenhouse of the Biotechnology Laboratory. The propagating part of pitaya is its stem known as cladode. The cladodes were planted in pots of 8.0 dm³, filled with substrate based on soil from termites. The donor matrices of vegetative material were young specimens of white-fleshed pitaya (*Hylocereus undatus*). 72 cuttings of 30.0 cm in length were used. The experimental design was in randomized blocks with 9 treatments (NPK doses) and 4 replications, totalizing 36 experimental plots. Each experimental plot was composed of 2 cuttings. Number of cladodes, sum of cladodes length, fresh cladodes mass, dry cladodes mass, root system length, root system fresh mass and root system dry mass were evaluated at 160 days after planting the morphological characters. The results of the variables were submitted to the analysis of variance and the means grouped by the Scott-Knott test at 5% of probability. NPK fertilization affected the initial growth of the aerial part and the root system of pitaya. The greatest development of pitaya was provided by 450.0 mg dm⁻³ of N, 250.0 mg dm⁻³ of P and 250.0 mg dm⁻³ of K.

Keywords: Cactus. Nitrogen. Phosphorus. Potassium.

Referências

ALMEIDA, E. I. B.; CORRÊA, M. C. M.; CRISÓSTOMO, L. A.; ARAÚJO, N. A.; SILVA, J. C. V. Nitrogênio e potássio no crescimento de mudas de pitaia [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose]. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 4, p. 1018-1027, dez. 2014.

ALMEIDA, E. I. B.; DEUS, J. A. L.; CORRÊA, M. C. M.; CRISOSTOMO, L. A.; NEVES, J. C. L. Linha de fronteira e chance matemática na determinação do estado nutricional de pitaia. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 4, p. 744-754, out-dez, 2016.

ALMEIDA-JÚNIOR, A. B.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K.T. Efeitos de doses de fósforo no desenvolvimento inicial da mamoneira. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, p. 217-221, 2009.

CAJAZEIRA, J. P.; CORRÊA, M. C. M.; ALMEIDA, E. I. B.; QUEIROZ, R. F.; MESQUITA, R. O. Growth and gas exchange in white pitaya under different concentrations of potassium and calcium. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 49, n. 1, p. 112-121, mar. 2018.

CORRÊA, M. C. M.; ALMEIDA, E. I. B.; MARQUES, V. B.; SILVA, J. C. V.; AQUINO, B. F. Crescimento inicial de pitaia em função de combinações de doses de fósforo-zinco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p. 261-270, 2014.

CORRÊA, J. L.; MAUAD, M.; ROSOLEM, C. A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja, influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, p. 1231-1237, 2004.

COSTA, A. C. **Adubação orgânica e ensacamento de frutas na produção da pitaia vermelha**. 2012. 69 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FERNANDES, D. R.; MOREIRA, R. A.; CRUZ, M. C. M.; RABELO, J. M.; OLIVEIRA, J. Improvement of production and fruit quality of pitayas with potassium fertilization. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 40, e35290, 2018.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, dez. 2011.

GOLDSTEIN, G.; ORTEGA, J. K. E.; NERD, A.; NOBEL, P. S. Patterns of water potential components for the crassulacean acid metabolism plant *Opuntia ficus-indica* when well-watered or droughted. **Plant Physiology**, New York, v. 95, p. 274–280, 1991.

INTA. Instituto Nicaraguense de Tecnología Agropecuária. **Guía tecnológica del cultivo de la pitaia**. 2002.

JUNQUEIRA, K. P.; JUNQUEIRA, N. T. V.; RAMOS, J. D.; PEREIRA, A. V. **Informações preliminares sobre uma espécie de Pitaya do Cerrado**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2002. 18 p.

LONE, A. B. **Substratos, ácido indolbutírico e períodos do ano na propagação de pitaya por estaquia**. 2013, 98p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2ed. Orlando: Academic Press, 2005.

MOREIRA, R. A.; RAMOS, D. R.; SILVA, F. O. R.; MARQUES, V. B. **Cultivo da pitaya: implantação**. Boletim Técnico - n.º 92, Lavras/MG, 2012.

MOREIRA, R. A. M.; CRUZ, M. C. M.; FERNADES, D. R.; SILVA, E. B.; OLIVEIRA, J. Nutrient accumulation at the initial growth of pitaya plants according to phosphorus fertilization. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 46, n. 3, p. 230-237, set. 2016.

SARMENTO, P.; RODRIGUES, L. R. A.; CRUZ, M. C. P. da; LUGÃO, S. M. B.; CAMPOS, F. P. de; CENTURION, J. F.; FERREIRA, M. E. Atributos químicos e físicos de um Argissolo cultivado com *Panicum maximum* Jacq. cv.IPR-86 Milênio, sob lotação rotacionada e adubado com nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 1, p. 183-193. 2008.

SILVA, A. C. C. **Melhoramento e produção de mudas de Pitaya**. Jaboticabal, 2014, 132 p.

SOUSA, G. G. **Absorção de boro e crescimento do maracujazeiro adubado com boro e material de cupinzeiro**. 2009, 41 p. Dissertação (Mestre em produção vegetal). Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS.

Submetido em: 02/08/2018

Aceito em: 06/02/2019



População de percevejos em diferentes espaçamentos de cultivo de algodoeiro

Izidro dos Santos de Lima Junior¹

Paulo Eduardo Degrande²

Elmo Pontes de Melo³

Ligia Maria Maraschi da Silva Piletti⁴

Antonio Luiz Viegas Neto⁵

Resumo

Algumas modificações nas características fenotípicas das plantas de algodão, como diminuição no número de folhas por planta, folhas com desenvolvimento reduzido e maior sombreamento do solo são causadas pelo aumento da população de plantas e diminuição no espaçamento entrelinhas. Os percevejos migrantes da soja da família Pentatomidae aparentam ser beneficiados por este sistema adensado. O presente trabalho teve por objetivos avaliar a população de percevejos adultos e ninfas em três espaçamentos de cultivo do algodão. O trabalho foi realizado na Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados no município de Dourados na safra 2010/2011. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso em três sistemas de cultivo do algodoeiro com oito repetições totalizando 24 parcelas. Os sistemas de cultivos foram divididos em relação aos espaçamentos entrelinhas: 0,22, 0,45 e 0,90 m. Foram realizadas cinco avaliações para levantamento da população de percevejos, sendo duas amostragens por parcela. Procedeu-se à contagem do número de ninfas e adultos de *Euschistus heros* e *Edessa mediatubunda*. Há efeito do espaçamento sobre a população dos percevejos *Euschistus heros* e *Edessa mediatubunda*. O adensamento do algodoeiro reduziu a presença de percevejo na lavoura. A população de percevejos é maior no espaçamento entrelinha de 0,90 m.

Palavras-chave: Cultivo adensado. Pentatomidae. Ambiente.

Introdução

As propostas de espaçamento e densidade de plantio para as culturas em geral, e o algodão em particular, têm procurado atender às necessidades específicas dos tratos culturais e à melhoria da produtividade, bem como diminuir o custo de produção (BORIN et al., 2017). A redução no espaçamento entrelinhas e o aumento de plantas por área têm sido objeto de estudo de inúmeros autores; em seu trabalho, Silva et al. (2011a) concluíram que em espaçamento ultra-adensado a

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul (IFMS), professor EBTT. izidro.lima@ifms.edu.br. Rod. BR 463, s/n, Km 14, C. P.: 287, CEP: 79909-000.

2 Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), professor titular. paulo.degrande@outlook.com.

3 IFMS, professor EBTT. elmo.melo@ifms.edu.br.

4 IFMS, professor EBTT. ligia.piletti@ifms.edu.br.

5 IFMS, professor EBTT. antonio.viegas@ifms.edu.br.

produtividade é maior do que em espaçamentos adensado e convencional, além disso, as características tecnológicas da fibra não sofrem alterações com a mudança de espaçamento.

Com o aumento da população de plantas e diminuição no espaçamento entrelinhas, algumas modificações nas características fenotípicas das plantas de algodão são esperadas, como a diminuição no número de folhas por planta, folhas com desenvolvimento reduzido e maior sombreamento do solo (ROSOLEM et al., 2012). A esses fatores é possível relacionar a diminuição do número de estruturas reprodutivas por planta e maior número por área, diminuição nos custos com adubação e no controle de plantas daninhas e maior interceptação da radiação solar (CHIAVEGATO et al., 2010).

Por alterar a superfície foliar das plantas, o sistema adensado altera também o microclima da superfície do solo, favorecendo a sobrevivência de alguns insetos (PIERCE; MONK, 2007; MOLIN; HUGLE, 2010) e o conhecimento dessas mudanças é importante para entender como fatores microclimáticos podem interferir no comportamento alimentar, dispersão, oviposição e o desenvolvimento de pragas, com o objetivo de estabelecer novas metodologias de manejo de pragas (PEDIGO; RICE, 2008).

No sistema adensado muitos questionamentos são levantados em relação ao favorecimento da dinâmica populacional de algumas espécies de lepidópteros, bicudo-do-algodoeiro e de percevejos Pentatomidae e Miridae (AHMAD et al., 2009).

Os percevejos migrantes da soja, Pentatomidae, aparentam ser beneficiados pelo sistema adensado, devido às características favoráveis ao período reprodutivo da lavoura, que ocorre em um período curto neste sistema de cultivo e principalmente pela época em que a lavoura de algodão está presente no campo, podendo ser alvo da migração da alta população de percevejos recorrentes da cultura da soja em final de ciclo. Alguns trabalhos com percevejos migrantes da soja confirmam que, além de habitarem a lavoura de algodão, eles são causadores de danos (SORIA et al., 2010), podendo ocasionar abscisão de botões florais (WILLRICH et al., 2004) e de maçãs pequenas (BOMMIREDDY et al., 2007), redução na qualidade da fibra quando o ataque ocorre em maçãs médias ou grandes, podendo reduzir a produção de algodão em caroço em até 59,0% quando comparadas ao algodão sem presença de percevejos (MUSSER et al., 2008).

Os primeiros percevejos começam a ser encontrados na soja logo após a emergência das plantas e após algumas gerações na cultura que demoram aproximadamente 40 dias, cada uma, as populações desses insetos começam a causar danos durante o período reprodutivo da soja, nesse momento as populações são favorecidas pelas condições climáticas, além da abundante disposição de alimentos que favorecem o crescimento da população (SILVA et al., 2011b).

Os percevejos *Euschistus heros* (FABRICIUS, 1974) (Hemiptera: Pentatomidae) e *Edessa meditabunda* (FABRICIUS, 1974) (Hemiptera: Pentatomidae) estão migrando para o algodoeiro nas últimas safras após a colheita da soja, pois o algodoeiro serve de abrigo e também permite a manutenção e reprodução dos pentatomídeos por ser uma fonte de alimento (AZAMBUJA, 2013). A longevidade média do *E. meditabunda* alimentando-se em algodoeiro foi de 78,3 e 83,5 dias, para machos e fêmeas, respectivamente, o período de pré-oviposição e oviposição foram 30,2 e 23,2 dias, respectivamente, e a porcentagem de fêmeas em oviposição foi de 90,0%, sendo que cada fêmea ovipositou em média 55,2 ovos, distribuídos em posturas com 14 ovos cada. A viabilidade dos ovos foi de 56,5%, demonstrando que a espécie tem capacidade de se reproduzir e gerar descendentes quando se alimenta na cultura do algodoeiro (AZAMBUJA et al., 2015); em *E. heros* os dados são bem semelhantes com longevidade de aproximadamente 37 dias e período ninfal de 41 dias (AZAMBUJA, 2013).

Com o intuito de elucidar os efeitos do sistema adensado na incidência de pragas, este trabalho foi realizado objetivando avaliar a população de percevejos adultos e ninfas em três diferentes espaçamentos de cultivo do algodão.

Material e métodos

O trabalho foi realizado na Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) no município de Dourados (MS) na safra 2010/2011.

O solo dessa área é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico, de textura argilosa originalmente sob vegetação de Cerrado. O município de Dourados situa-se em latitude de 22°14'05" S, longitude de 54°59'19" W e altitude de 430 m. O clima, de acordo com a classificação de Koppen, é Am (tropical de monções). A precipitação pluviométrica total anual da região é de 1.400 a 1.500 mm e a temperatura média anual é de 22,0°C (PEEL et al., 2007).

Para a instalação do experimento foi utilizada uma área de algodão de 2,0 ha. O algodão foi cultivado em três diferentes sistemas de cultivo: ultra-adensado, adensado e convencional. A semeadura ocorreu no final de dezembro de 2010 utilizando a cultivar FMT 701 com densidade de semeadura de 9 sementes por metro: após a germinação, a população encontrada foi de 8 plantas por metro nos três sistemas de cultivo.

A condução da lavoura seguiu as práticas agrícolas recomendadas para o algodão na região central do Brasil (EMBRAPA, 2011), sem a aplicação de inseticidas de amplo espectro de controle, para que populações de percevejos pudessem se estabelecer na cultura. Durante o período experimental foram utilizados inseticidas apenas para o controle das lagartas curuquerê-do-algodoeiro, *Alabama argilacea* (HUBNER, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae) e lagarta-das-maçãs *Heliothis virescens* (Fabricius, 1781) (Lepidoptera: Noctuidae). Para o controle das lagartas foi utilizado o inseticida lufenuron (Lufenuron 108 CE ;1,0 L ha⁻¹). A instalação do experimento ocorreu quando as plantas estavam com 71 dias de emergidas (DAP) no estágio fenológico F2 (MARUR; RUANO 2001).

O experimento foi instalado obedecendo ao delineamento experimental de blocos ao acaso em três sistemas de cultivo do algodoeiro e oito repetições totalizando 24 parcelas. Os sistemas de cultivos foram divididos em relação aos espaçamentos entrelinhas: 0,22, 0,45 e 0,90 m (TABELA 1).

Tabela 1 – Caracterização dos tratamentos, população de plantas, espaçamento entre linhas de cultivo. Dourados (MS). 2012.

Tratamento	População (plantas ha ⁻¹)	Sistema de cultivo	Espaçamento entre linhas (m)
1	300.000	Ultra-adensado	0,22
2	200.000	Adensado	0,45
3	100.000	Convencional	0,90

Fonte: Elaboração dos autores (2012).

O tamanho da parcela amostral foi de 12 m x 12 m, cada sistema de cultivo possuía oito parcelas de repetição. Foram realizadas cinco avaliações para levantamento da população dos percevejos existentes em cinco datas ao longo do ciclo da cultura, com intervalo de 12 dias. A infestação das plantas do algodoeiro com percevejos ocorreu de forma natural. Para realização de cada avaliação foi utilizado o método do “pano-de-batida”, por meio do qual foram contados todos os percevejos presentes no “pano-de-batida”. O pano-de-batida possuía as dimensões de 1,0 m de comprimento

x 0,90 m de largura. As amostras tinham a mesma proporção de área amostrada em todos os espaçamentos, sendo os valores ajustados por número de percevejo por 0,90 m². Foram realizadas duas amostragens em cada parcela, sendo utilizado para caráter de avaliação o número médio de percevejos (ninfas e adultos) nas duas amostragens. Após a contagem, os insetos foram coletados e levados para o laboratório para posterior identificação a nível de espécie, sendo descartados após.

Os percevejos encontrados e utilizados para avaliação foram da espécie *Euschistus heros* (FABRICIUS, 1974) (Hemiptera: Pentatomidae) e *Edessa meditabunda* (FABRICIUS, 1974) (Hemiptera: Pentatomidae), a escolha dessas espécies para avaliação no trabalho levou em consideração a ocorrência dos percevejos nas lavouras de algodão (SÓRIA et al., 2010). Os percevejos foram divididos para contagem em ninfa e adulto, por parcela.

Foram realizadas análises de estatística descritiva e exploratória a partir de gráficos para análise da dinâmica da população. Os dados foram submetidos à análise de variância, pelo Teste F, tendo sido realizado o teste de comparação de médias Tukey, quando se verificaram diferenças significativas, adotando nível de significância de 5%.

Resultados e discussão

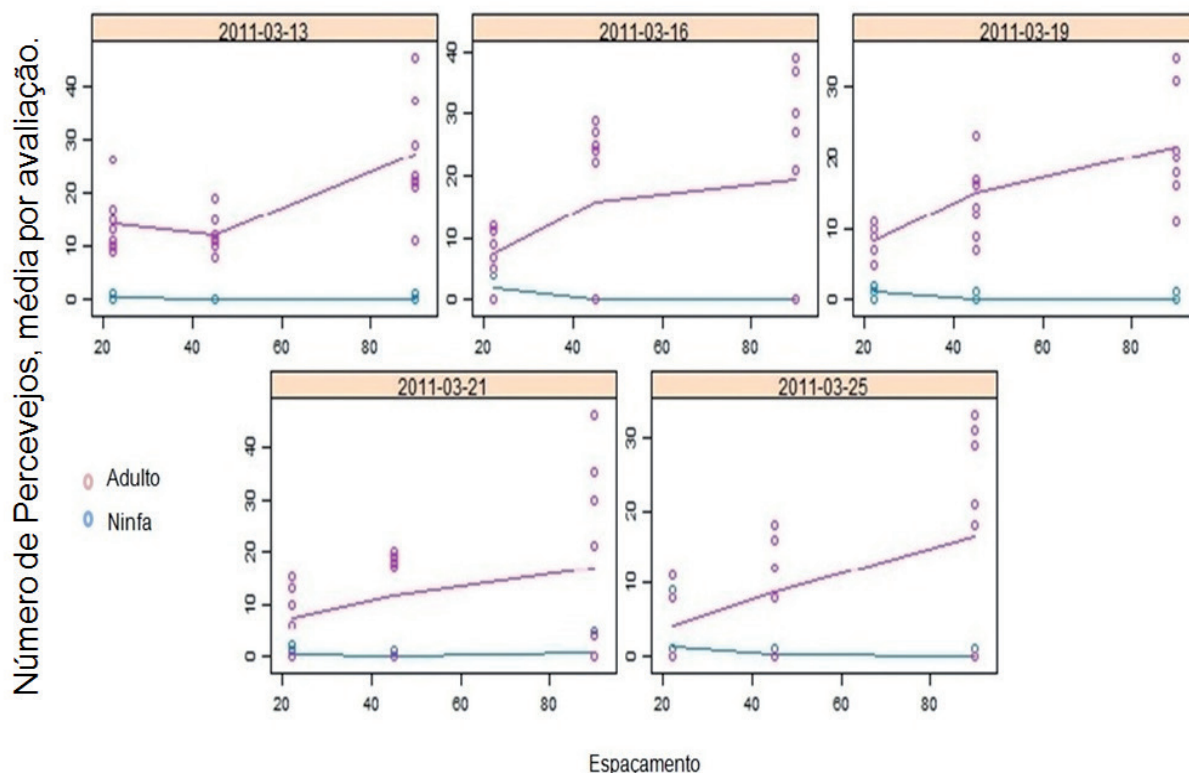
Foram coletados 1.705 indivíduos de percevejos, deste total 92% foram da espécie *E. heros* e o restante foram da espécie *E. meditabunda*.

Em todas as avaliações a presença de percevejos adultos foi maior que a de ninfas e com o aumento do espaçamento foi possível observar que o número de percevejos também aumentou para percevejos adultos (Figura 1) (TABELA 2). Esse fato observado no campo pode ter ocorrido devido à época das avaliações, que ocorreram no final do período de cultivo de soja da região, fazendo com que os percevejos migrassem da soja para o algodão e, com isso, estivessem estabelecendo a população na cultura e ainda no processo inicial de reprodução.

As plantas cultivadas no sistema adensado apresentaram melhor qualidade na interceptação dos raios solares, com conseqüente maior área foliar e fechamento mais rápido nas entrelinhas, favorecendo maior sombreamento e menor temperatura no interior do dossel da lavoura (SILVA et al., 2006), o que pode ter influenciado favoravelmente a população de percevejos, que possuiu maior quantidade de ninfas no espaçamento de 0,22 m.

A presença de ninfas nas avaliações sugere que os percevejos estavam se reproduzindo na cultura do algodão e que poderiam ser atraídos para o espaçamento de 0,22 m para se reproduzirem devido às características da plantação. A quantidade de percevejos adultos variou de acordo com o espaçamento cultivado, ocorrendo um acréscimo na população à medida que aumentou o espaçamento entrelinhas.

Figura 1 – População de percevejos, adulto e ninfa, das espécies *Euschistus heros* e *Edessa meditabunda* em função do espaçamento entrelinha em cinco avaliações efetuadas ao longo do ciclo do algodoeiro. Dourados, MS. 2012. Dourados, MS. 2012.



Fonte: Elaboração dos autores (2012).

De acordo com Corrêa-Ferreira e Panizzi (1999), o nível de controle de percevejos na cultura da soja é de 4 percevejos adultos por pano-de-batida para plantas no período reprodutivo de desenvolvimento e os valores encontrados nas avaliações do experimento foram acima do recomendado para a soja. Este fato pode ser explicado por a maioria da soja já ter sido colhida na época de realização do experimento, fazendo com que a lavoura do algodão se tornasse uma “ilha verde”, atraindo a maioria dos percevejos para a área experimental, concordando com Soria et al. (2010).

A população de percevejos adultos foi estatisticamente maior no espaçamento de 0,90 m entrelinhas quando comparado ao valor dos outros dois tratamentos no total de todas as avaliações. À medida que diminuiu o espaçamento e aumentou a população de plantas, o número de percevejos adultos coletados diminuiu. Na avaliação do número de ninfas de percevejos, o espaçamento de 22,0 cm diferenciou-se estatisticamente dos outros tratamentos, com o maior número médio entre os tratamentos, que pode sugerir preferência da postura dos pentatomídeos neste espaçamento (TABELA 2).

O número menor de ninfas em relação ao adulto no algodoeiro, em todas as avaliações, pode estar relacionado ao período que os percevejos levam para alcançar a maturidade sexual e posterior incubação dos ovos – período de aproximadamente 24 dias – e como os percevejos estavam em processo de migração para outra cultura, estavam ainda em um processo de adaptação ao novo ambiente. Os percevejos estavam entrando no período de diapausa, que é o momento em que eles

precisam armazenar altas quantidades de lipídeos para sobreviver no período sem alimentos, fazendo com que dispensem menos energia para o acasalamento, o que pode explicar o menor número de ninfas nas parcelas. Algumas espécies de insetos-pragas como *Bemisia tabaci* (GENNADIUS) (Hemiptera: Aleyrodidae), *Pectinophora gossypiella* (SAUNDERS, 1844) (Lepidoptera: Gelechiidae) e *Heliothis* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) não foram influenciadas pelo espaçamento e população de plantas (AHMAD et al., 2009).

Tabela 2 – Número médio de percevejos de adultos pentatomídeos das espécies *Euschistus heros* e *Edessa meditabunda* em função do espaçamento entrelinha no total das avaliações efetuadas ao longo do ciclo do algodoeiro. Dourados/MS. 2012.

Espaçamento	Avaliação	
	Adulto	Ninfa
0,22	8,3 a*	1,0 b
0,45	12,7 a	0,1 a
0,90	20,3 b	0,2 a
F	29,32	5,64

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

Fonte: Elaboração dos autores (2012).

Na comparação do número de percevejos adultos categorizados por avaliação, em apenas uma avaliação, o número médio de percevejos no espaçamento de 0,90 m não se diferenciou estatisticamente dos demais espaçamentos, embora o número médio de percevejos encontrados nesta avaliação tenha sido maior do que nos outros tratamentos. É importante ressaltar que na última avaliação todos os tratamentos diferenciaram estatisticamente (TABELA 3). O número alto de percevejos encontrado nas parcelas pode estar relacionado à época em que foi instalado o experimento, pois a ocorrência de população do percevejo-marrom ocorre de novembro a abril, mas o pico populacional desta praga é de março a abril (CORRÊA-FERREIRA; PANIZZI, 1999).

E. heros completa aproximadamente três gerações na cultura da soja e, após a colheita, os percevejos dispersam da cultura antecessora e terminam o seu ciclo de vida se alimentando em hospedeiros alternativos. O mesmo ocorre com todo o complexo de percevejos-da-soja que após a dispersão podem se tornar pragas de culturas que ainda estão no estágio vegetativo como o milho e o trigo ou no estágio reprodutivo como o algodão (PANIZZI, 2000), sendo influenciados pelo espaçamento da cultura e população de plantas. Os percevejos migram para outros hospedeiros em busca de melhores condições de abrigo, alimentação e reprodução.

Tabela 3 – Número médio de percevejos adultos pentatomídeos das espécies *Euschistus heros* e *Edessa meditabunda* em função do espaçamento entrelinha em cinco avaliações efetuadas ao longo do ciclo do algodoeiro. Dourados/MS. 2012.

Espaçamento	Avaliação				
	13/03/11	16/03/11	19/03/11	21/03/11	25/03/11
22	14,1 a*	7,5 a	8,3 a	7,4 a	4,4 a
45	12,2 a	15,9 a	15,1 ab	17,8 ab	12,8 b
90	27,1 b	19,2 a	21,5 b	24,3 b	26,5 c
F	14,7	3,09	20,8	11,9	79,2

*Letras seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Fonte: Elaboração dos autores (2012).

O tratamento espaçamento 0,22 m foi o que apresentou os maiores valores de percevejos ninfas na maioria das avaliações, diferenciando-se estatisticamente com maior número de percevejos em duas avaliações do tratamento de 0,90 m. Apenas na avaliação do dia 21/03/2011 o tratamento com 0,90 m de espaçamento teve maior número de percevejos (TABELA 4). O número de ninfas praticamente não variou durante as avaliações, esse resultado sugere que, embora a população de adultos estivesse alta, os percevejos ainda não estavam se reproduzindo. Embora os danos causados pelos percevejos na cultura do algodão estejam comprovados pela literatura (SORIA et al., 2009, 2010), a taxa de reprodução não é conhecida.

Algumas discussões podem ser levantadas em relação ao baixo nível populacional de ninfas: a primeira, no que se refere ao período de infestação, no qual a população está se estabelecendo na cultura, e a segunda, a não preferência alimentar pela cultura do algodão e os percevejos para armazenar a maior quantidade de lipídeos não realizam a cópula, apenas terminam o seu ciclo de vida com baixa quantidade de alimentos para a diapausa, e a terceira, fêmeas diminuem suas taxas de oviposição com o aumento da longevidade.

Tabela 4 – Número médio de percevejos de adultos pentatomídeos das espécies *Euschistus heros* e *Edessa meditabunda* em função do espaçamento entrelinha em cinco avaliações efetuadas ao longo do ciclo do algodoeiro. Dourados/MS. 2012. Número médio de percevejos ninfas pentatomídeos em função do espaçamento em diferentes avaliações. Dourados/MS. 2012.

Espaçamento	Avaliação				
	13/03/11	16/03/11	19/03/11	21/03/11	25/03/11
22	0,4 a	2,0 a	1,0 a*	0,5 a	1,3 b
45	0,0 a	0,0 a	0,1 b	0,1 a	0,6 ab
90	0,1 a	0,0 a	0,1 b	0,9 a	0,1 a
F	1,02	4,03	2,03	0,72	1,44

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

Fonte: Elaboração dos autores (2012).

Conclusão

- Há efeito do espaçamento sobre a população dos percevejos *Euschistus heros* e *Edessa meditabunda*;
- O adensamento do algodoeiro reduziu a presença de percevejo na lavoura;
- A população de percevejos é maior no espaçamento entrelinha de 0,90 m;

Stink Bug Population in Cotton Plantations with Different Plant Spacings

Abstract

The increase in cotton plant population by decreasing the spacing between rows cause some changes in phenotypical characteristics of cotton plants, such as decrease in number of leaves per plant, low-development leaves, and great soil shading. Stink bugs of the Pentatomidae family that migrate from soybean crops seem to benefit from the cotton narrow-row planting system. The objective of the present work was to evaluate adult and nymph stink bug populations in cotton plantations under three plant spacing. The experiment was conducted in the 2010/2011 cotton season at the Experimental Farm of the Federal University of Grande Dourados, in Dourados, MS, Brazil. A randomized block experimental design was used, with three cotton growing systems and eight replications, totaling 24 plots. The cotton growing systems were selected based on spacing between planting rows (0.22, 0.45, and 0.90 m). Five evaluations were conducted to survey the stink bug populations, with two samples per plot. The number of nymphs and adults of *Euschistus heros* and *Edessa meditabunda* was counted. The spacing between cotton planting rows affects stink bug populations of the species *Euschistus heros* and *Edessa meditabunda*. Increases in cotton plant density decrease the occurrence of stink bug in the plantation. The stink bug population is greater in cotton plantations with spacing of 0.90 m between planting rows.

Keywords: Narrow-row cotton. Pentatomidae. Environment.

Referências

AHMAD, A. U. H.; ALI, R.; ZAMIR, S. I.; MAHMOOD, N. Growth, yield and quality performance of cotton cultivar BH-160 (*Gossypium hirsutum* L.) as influenced by different plant spacing. **The Journal of Animal & Plant Sciences**, v. 19, n. 4, p. 189-192.

AZAMBUJA, R.; DEGRANDE, P. E. ; SOUZA, E. P. ; PEREIRA, F. F; PASTORI, P. L. Reprodução de *Edessa meditabunda* (Hemiptera: Pentatomidae) em algodoeiro. **Acta Biologica Colombiana**, v. 20, p. 203-208, 2015.

AZAMBUJA, R; DEGRANDE, P. E; PEREIRA, F. F. Comparative Biology of *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) feeding on Cotton and Soybean Reproductive Structures. **Neotropical Entomology**, v. 42, p. 359/365, 2013.

- BOMMIREDDY, P. L.; LEONARD, B. R.; TEMPLE, J. H. Influence of *Nezara viridula* feeding on cotton yield, fiber quality, and seed germination. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 100, p. 1560-1568, 2007.
- BORIN, A. L. D. C.; FERREIRA, A. C. B.; SOFIATTI, V.; CARVALHO, M. C. S.; MORAES, M. C. G. Produtividade do algodoeiro adensado em segunda safra em resposta à adubação nitrogenada e potássica. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 64, n. 6, p. 622-630, 2017.
- CHIAVEGATO, E. J.; SILVA, A. V.; GOTTARDO, L. C. B. Densidade e arranjo de plantas em sistema adensado. In: BELOT, J. L.; VILELA, P. A. (Org.). **O Sistema de cultivo do algodoeiro adensado em Mato Grosso**. Cuiabá: Defanti, 2010. v. 1, p. 121-134.
- CORRÊA-FERREIRA, B. S.; PANIZZI, A. R. **Percevejos da soja e seu manejo**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1999. 45p. (EMBRAPA-CNPSO. Circular Técnica, 24).
- EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. **Produção sustentável de algodão**. Dourados, 2011. 27p.
- MARUR, C. J.; RUANO, O. A reference system for determination of developmental stages of upland cotton. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 313-317, 2001.
- MOLIN, W. T.; HUGIE, J. A. Effects of population density and nitrogen rate in ultra narrow row cotton. **SRX Agriculture**, v. 2010, n. 1, p. 1-6, 2010. DOI: 10.3814/2010/868723.
- MUSSER, F. R.; KNIGHTEN, K. S.; REED, J. T. Comparison of cotton damage from tarnished plant bug (Hemiptera: Miridae) and southern green stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) adults and nymphs. **Midsouth Entomologist**, Starkville, v. 2, n. 1, p. 1-9, 2008.
- PANIZZI, A. R. Suboptimal nutrition and feeding behavior of hemipterans on less preferred plant food sources. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 1-12, mar. 2000.
- PEDIGO, L. P.; RICE, M. E. **Entomology and pest management**. 6. ed. Columbus: Prentice Hall, 2008. 816p.
- PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; McMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, p. 1633-1644, 2007.
- PIERCE, J. B.; MONK, P. Y. Influence of management on crop microclimate and control of cotton Bollworm, *Helicoverpa zea* Boddle. In: The world cotton research conference-4, 2007. Lubbock, TX. **Proceedings...** Disponível em: <<http://wrcr.confex.com/wrcr/2007/techprogram/P2072.HTM>>. Acesso em: 16 dez. 2012.
- ROSOLEM, C. A.; ECHER, F. R.; LISBOA, I. P.; BARBOSA, T. S. Acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio pelo algodoeiro sob irrigação cultivado em sistemas convencional e adensado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 1, p. 457-466, 2012.

SILVA, A. V.; CHIAVEGATO, E. J.; CARVALHO, L. H.; KUBIAK, D. M. Crescimento e desenvolvimento do algodoeiro em diferentes configurações de semeadura. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 3, p. 407-411, 2006.

SILVA, A. V.; CHIAVEGATO, E. J. ; CARVALHO, L. H. ; FURLANI JUNIOR, E.; KONDO, J. I.; SALVA-TIERRA, D. K. ; TISSELLI, A. C. P. C. Configurações de semeadura e produção e qualidade da fibra do algodoeiro Sowing configurations and yield and cotton fiber quality. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, p. 1709 – 1716, 2011.

SILVA, F. A. C.; CALIZOTTI, G. S.; PANIZZI, A. R. Survivorship and egg production of phytophagous pentatomids in laboratory rearing. **Neotropical Entomology**, v. 40, p. 35-38, 2011.

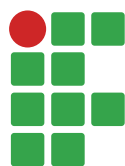
SORIA, M. F.; DEGRANDE, P. E.; PANIZZI, A. R. Algodoeiro invadido. **Revista Cultivar: Grandes Culturas**, Pelotas, v. 131, n. 1, p. 18-20, 2010.

SORIA, M. F.; THOMAZONI, D.; MARTINS, R. R.; DEGRANDE, P. E. Stink bug incidence on Bt cotton in Brazil. In: Beltwide Cotton Conferences, San Antonio. **Proceedings...**, p. 813-819, 2009.

WILLRICH, M. M.; LEONARD, B. R.; GABLE, R. H.; LAMOTTE, L. R. Boll injury and yield losses in cotton associated with brown stink bug (Heteroptera: Pentatomidae) during flowering. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 97, n. 1, p. 1928-1934, 2004.

Submetido em: 4/9/2018

Aceito em: 20/03/2019



Desempenho agronômico e severidade de ferrugem comum em milho sob diferentes fontes de nitrogênio

Hélcio Duarte Pereira¹

Renzo Garcia Von Pinho²

Ivan Vilela Andrade Fiorini³

Ewerton Léllys Resende⁴

Felipe Ribeiro Resende⁵

Luiz Paulo Miranda Pires⁶

Resumo

O nitrogênio é o elemento mais requerido e de manejo mais complexo na cultura do milho, promovendo as maiores respostas na produtividade da cultura. Objetivou-se com este trabalho verificar o efeito de diferentes fontes de N em cobertura, em sistemas de semeadura em cultivo mínimo e semeadura em preparo convencional do solo, no desempenho agronômico do híbrido simples de milho Pioneer 32R22YHR e na severidade da doença ferrugem comum. Foram implantados dois experimentos em delineamento blocos ao acaso (DBC) na safra 2013/14 em sistemas de semeadura em cultivo mínimo e semeadura em preparo convencional do solo. Os tratamentos foram: testemunha sem N, sulfato de amônio, ureia, nitrato de amônio, uma mistura física de nitrato (70%) e sulfato de amônio (30%) e uma mistura química dessas mesmas fontes na mesma proporção. As fontes de N não tiveram efeito significativo na altura de planta, altura de inserção de espiga, prolificidade, produtividade de grãos e severidade foliar de ferrugem comum, independentemente do sistema de semeadura. Sob sistema de semeadura em preparo convencional do solo, as plantas apresentaram maior altura de planta, inserção de espiga e produtividade de grãos. Não houve efeito dos sistemas de semeadura para a prolificidade. Com exceção do tratamento sem N, para todos os demais, a severidade de ferrugem comum foi maior em sistema de semeadura em cultivo mínimo.

Palavras-chave: Plantio direto. *Zea mays*. *Puccinia sorghi*. Nitrato. Amônio.

Introdução

Entre os fatores que contribuem para a baixa produtividade média do milho no Brasil estão o manejo incorreto de fertilizantes, principalmente os nitrogenados (MEIRA et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2016; VARGAS et al., 2015). O nitrogênio (N) é um elemento estratégico na produção do milho e a busca por fontes mais eficientes desse nutriente tem o potencial de impactar fortemente os sistemas produtivos da cultura. O N participa de muitos processos metabólicos relacionados aos mecanismos

1 Universidade Federal de Lavras (UFLA), mestrado em Fitotecnia. Lavras, Minas Gerais. hhelciopassos@yahoo.com.br Rua Comendador José Esteves, 284, Centro, Lavras Minas Gerais, CEP 37.200-000.

2 UFLA, professor do Departamento de Agricultura UFLA. renzo@dag.ufla.br.

3 Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT) Campus Sinop, pesquisador associado. ivanvaf@yahoo.com.br.

4 UFLA, mestrado em Genética. ewertonlr@yahoo.com.br.

5 UFLA, graduando em Agronomia. feliperibeiroresende@gmail.com.

6 UFLA, doutorado em Fitotecnia. luizpaulo_vortex@hotmail.com.

de defesa das plantas, podendo, além de beneficiar diretamente a produtividade, auxiliar na tolerância a doenças (CHAGAS et al., 2018). A adubação nitrogenada em milho é uma das principais ferramentas de manejo para obter altas produtividades (MOTA et al., 2015).

O N é o único, entre os nutrientes minerais, que pode ser absorvido pelas plantas em duas formas distintas: como ânion NO_3^- ou como cátion NH_4^+ (BELOW, 2002). O N é constituinte de muitos compostos estáveis, incluindo alguns inorgânicos como sais de amônio ou nitrato e outros orgânicos como os aminoácidos e os nucleotídeos. Esses compostos diferem profundamente em suas propriedades químicas (BLOOM, 2015).

Para balancear os requerimentos nutricionais de N com a disponibilidade ambiental, as plantas precisam modular as etapas individuais do metabolismo do N, tais como absorção, redução do NO_3^- , assimilação do NH_4^+ e reciclagem do N (PRINSI; ESPEN, 2015). A dinâmica do N no solo é complexa em função das inúmeras interações com os fatores ambientais. Assim, conhecer melhor como é esse comportamento nas condições predominantes de cultivo torna-se de especial importância para subsidiar ações a fim de melhorar a eficiência da adubação nitrogenada na cultura do milho, requerida em grandes quantidades. Dessa forma, há interesse pela utilização de fontes alternativas que possibilitem a redução das perdas, aumentando a eficiência de utilização do N e, conseqüentemente, a produtividade de grãos (SORATTO et al., 2011). A escolha acertada da fonte de N para adubação do milho reflete-se na lucratividade do sistema de produção como um todo, considerando não apenas o custo unitário do fertilizante, mas também a dose e sua eficiência produtiva (SOUZA et al., 2012).

Embora seja reconhecido que a nutrição pode influenciar a incidência de doenças nas plantas, pouco progresso foi feito em manejar a nutrição das culturas para melhorar o controle fitossanitário (WALTERS; BINGHAM, 2007). A fertilização nitrogenada da planta pode influenciar a quantidade e a patogenicidade dos esporos fúngicos produzidos e, conseqüentemente, interferir nos ciclos secundários da doença no campo, como no caso das ferrugens foliares (ABRO et al., 2013). Entre elas, a ferrugem comum (*Puccinia sorghi*) possui destaque na cultura do milho devido a sua ampla distribuição e potencial de dano.

Riedeman e Tracy (2010) avaliaram 36 importantes cultivares comerciais de milho utilizadas no Corn Belt americano desde 1930 até a atualidade e encontraram significativo aumento nos níveis de resistência a essa doença foliar ($0,05\% \text{ ano}^{-1}$) ao mesmo tempo em que a produtividade mais que quadruplicou durante o período. Dey et al. (2012), por sua vez, encontraram estimativas de perdas em produtividade de grãos em cultivares suscetíveis à ferrugem comum variando de 11,75% a 60,53% em condições tropicais.

O fornecimento de nutrientes às plantas relaciona-se diretamente com seu desenvolvimento vegetativo e, conseqüentemente, com a área foliar disponível para o ataque de patógenos. Pegoraro et al. (2001) afirmam que o nível de fertilidade do solo é um fator importante para predisposição das plantas às moléstias. Por sua vez, Tomazela et al. (2006) afirmam que a nutrição mineral equilibrada, principalmente com relação ao N, pode atenuar a severidade de doenças.

Neste trabalho, objetivou-se verificar o efeito de diferentes fontes de N aplicadas em cobertura, em sistemas de cultivo mínimo e preparo convencional do solo, no desempenho agrônômico do híbrido de milho Pioneer 32R22YHR e na severidade da doença ferrugem comum.

Material e métodos

Foram conduzidos dois experimentos em Lavras (MG) no período de novembro de 2013 a abril de 2014, sendo um em sistema de preparo convencional do solo e outro em sistema de cultivo mínimo. O cli-

ma no município é classificado como mesotérmico, com temperaturas médias anuais de 19,3 °C, precipitação média anual de 1.411 mm, com 70,0% desse total concentrado nos meses de dezembro a março.

O primeiro experimento foi conduzido em sistema de semeadura de preparo convencional do solo na área experimental do Departamento de Agricultura no *campus* da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVAd), com teor de argila de 54,0 dag kg⁻¹ e declividade de 4,0% (SANTOS, 2013). Os resultados obtidos com a análise química do solo (0-20 cm de profundidade) foram: pH em H₂O = 5,7; P = 11,1 mg dm⁻³; K = 109,0 mg dm⁻³; Ca = 39,0 mmol_c dm⁻³; Mg = 12,0 mmol_c dm⁻³; V% = 57,1; matéria orgânica = 30,0 g kg⁻¹, S-SO⁻⁴ = 4,8 mg dm⁻³, Zn²⁺ = 5,5 mg dm⁻³, Mn²⁺ = 14,3 mg dm⁻³, Cu²⁺ = 3,0 mg dm⁻³ e B = 0,6 mg dm⁻³. O segundo experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Agricultura da UFLA, localizada na fazenda Vitorinha em Lavras (MG) em sistema de semeadura de cultivo mínimo, em solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVAd), com teor de argila de 57,0 dag kg⁻¹ e declividade de 9%. Os resultados obtidos com a análise química do solo neste local (0-20 cm de profundidade) foram: pH em H₂O = 5,5; P = 4,6 mg dm⁻³; K = 72,0 mg dm⁻³; Ca = 12,0 mmol_c dm⁻³; Mg = 5,0 mmol_c dm⁻³; V% = 42,5; matéria orgânica = 25,0 g kg⁻¹, S-SO⁻⁴ = 9,8 mg dm⁻³, Zn²⁺ = 4,3 mg dm⁻³, Mn²⁺ = 9,1 mg dm⁻³, Cu²⁺ = 1,5 mg dm⁻³ e B = 0,7 mg dm⁻³. As áreas experimentais em anos anteriores já eram cultivadas há mais de cinco anos com cultivo em semeadura de milho após milho e intervalo de pousio na entressafra.

Avaliaram-se diferentes fontes de N aplicadas em adubação de cobertura, quando as plantas de milho apresentavam de 4 a 6 folhas completamente expandidas. Para todos os tratamentos a quantidade de N fornecida foi de 120,0 kg ha⁻¹, visando à boa produtividade da cultura e variando a quantidade da fonte de N em função dos teores do elemento no fertilizante.

Os tratamentos consistiram de uma testemunha sem N; sulfato de amônio (21,0% de N); ureia (45,0% de N); nitrato de amônio (34,0% de N); mistura física de nitrato e sulfato de amônio na proporção de 70,0% e 30,0% em peso, respectivamente, a fim de que o teor final de N na mistura de grânulos fosse de 30,0%; mistura química de nitrato e sulfato de amônio, já adquirida pronta, com teor de N de 30,0%. A adubação de plantio foi a mesma para todos os tratamentos e consistiu de 450,0 Kg ha⁻¹ do formulado N-P-K 08-24-12. Além disso, todos os tratamentos receberam 80,0 Kg ha⁻¹ de KCl em cobertura, juntamente com o N das fontes avaliadas, que foram aplicados em superfície na forma de filete contínuo ao lado das plantas.

Utilizou-se da cultivar de milho geneticamente modificado Pioneer 32R22YHR, um híbrido simples superprecoce classificado como moderadamente suscetível ao fungo causador da ferrugem comum *Puccinia sorghi*, com população de 65.000 plantas ha⁻¹ para os dois experimentos. No sistema de semeadura no cultivo mínimo, a semeadura foi realizada em 29/11/2013 e no experimento em sistema de semeadura preparo convencional do solo em 7/12/2013. As áreas utilizadas para a condução dos experimentos foram dessecadas com o herbicida Roundup-Transorb 15 dias antes do plantio.

Os tratos culturais são comumente realizados na região para lavouras de milho de bom potencial produtivo e foram semelhantes nos experimentos, sendo realizados quando necessários. O controle de plantas daninhas foi realizado no estágio de 5 folhas expandidas com o uso da mistura de atrazina na dosagem de 3,0 L ha⁻¹ e Roundup na dosagem de 2,0 L ha⁻¹, aplicado aos 30 dias após a semeadura em pós-emergência das plantas daninhas. Para o controle dos insetos foi aplicado o inseticida Match na dosagem de 500,0 ml ha⁻¹ aos 50 dias após a emergência do milho.

O delineamento experimental foi blocos casualizados (DBC) com cinco repetições, sendo feito um sorteio para cada experimento. A parcela experimental constou de seis linhas espaçadas de 0,8

m com 5 m de comprimento, para o experimento conduzido em plantio direto e com 4 m de comprimento para o experimento conduzido em plantio convencional. Foram consideradas como área útil da parcela as duas linhas centrais.

Foram avaliadas as características: a) Altura de plantas (m) - medida em quatro plantas na área útil da parcela antes da colheita, do nível do solo até a inserção da folha bandeira; b) Altura de inserção de espiga (m) - medida em quatro plantas na área útil da parcela antes da colheita, considerando a altura de inserção da primeira espiga (mais alta); c) Prolificidade de espigas – total de espigas presentes na área útil da parcela dividido pelo total de plantas nessa área; d) Produtividade de grãos (kg ha^{-1}) – obtida com base no total de grãos da área útil da parcela, ajustados para a umidade padrão de 13,0% em base úmida; e) Severidade de ferrugem comum - área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) segundo metodologia de Campbell e Madden (1990).

Para avaliar a severidade da ferrugem comum nas plantas foi utilizada uma escala diagramática de notas (Agrocere, 1996), analisando-se quatro plantas aleatórias da área útil da parcela em cada avaliação, em um total de cinco avaliações para cada experimento. As plantas ficaram sujeitas à ocorrência natural da ferrugem devido a condições climáticas favoráveis à doença, as avaliações começaram com os primeiros sintomas da doença no campo. Para o experimento conduzido sob plantio convencional, às avaliações ocorreram aos 58, 69, 80, 90 e 99 dias após o plantio. Para o experimento em cultivo mínimo as datas foram aos 67, 78, 87 98 e 103 dias após o plantio.

Os dados foram submetidos à análise de variância conjunta dos experimentos, com aplicação do Teste F, e as médias comparadas pelo Teste de Tukey ao nível de 5,0% de probabilidade, utilizando o software estatístico R (R core Team, 2015).

Resultados e discussão

A Tabela 1 apresenta as precipitações e as temperaturas médias da região, por decêndios (períodos de dez dias), abrangendo desde o início da instalação dos experimentos até a fase de florescimento feminino do milho (R1) que ocorreu em 30/01/14 para o experimento em sistema de semeadura cultivo mínimo e 04/02/14 para o experimento em sistema de semeadura plantio convencional. Nota-se a irregularidade das precipitações durante o desenvolvimento da cultura e a tendência de temperaturas crescentes no intervalo considerado. Isso permite afirmar que se tratou de um ano atípico em relação ao regime hídrico, considerando os longos veranicos ocorridos.

Tabela 1 – Dados climatológicos da região de condução dos experimentos no período considerado. UFLA, Lavras-MG.

Período	Decêndios	Precipitação (mm)	Temperatura média (°C)
29/11 – 09/12	1º	89,4	23,03
09/12 – 19/12	2º	32	21,93
19/12 – 29/12	3º	53,6	22,86
29/12 – 08/01	4º	2,8	23,91
08/01 – 18/01	5º	86,9	24,07
18/01 – 28/01	6º	161,4	23,58
28/01 – 07/02	7º	0	24,75
07/02 – 17/02	8º	30,5	23,08

Fonte: Elaboração dos autores (2015).

Observa-se pelos resultados da análise de variância conjunta que para nenhuma das características avaliadas houve efeito significativo das fontes de N estudadas (Tabela 2). Com relação aos sistemas de semeadura cultivo de plantio convencional (PC) e sistema de semeadura plantio sob cultivo mínimo direto, apenas para a prolificidade o efeito não foi significativo, o que demonstra diferenças significativas entre os sistemas de semeadura em cultivo mínimo e semeadura em preparo convencional do solo para as características altura de planta, altura de inserção de espiga, produtividade de grãos e a severidade de ferrugem comum do milho. Também se verifica a validade da análise conjunta em função da relação entre os quadrados médios residuais das análises individuais. A interação entre esses fatores ocorreu somente para a severidade de ferrugem comum. A precisão experimental classifica-se como de média a alta, considerando os valores do coeficiente de variação (CV).

Tabela 2 – Resumo da análise de variância conjunta para as características altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AIE), prolificidade de espigas (PROL), produtividade de grãos (PROD) e severidade de ferrugem comum (SF) da cultura do milho.

FV	GL	Quadrados Médios ⁽¹⁾				
		AP	AIE	PROL	PROD	SF
Sistema de cultivo (S)	1	0,91452*	0,30495*	0,0000408 ^{ns}	16.736.356*	5.094,5*
Fontes de Nitrogênio (F)	5	0,01182 ^{ns}	0,001405 ^{ns}	0,0047333 ^{ns}	1.478.277 ^{ns}	34,1 ^{ns}
F*S	5	0,00725 ^{ns}	0,001486 ^{ns}	0,0064549 ^{ns}	2.003.265 ^{ns}	249,8*
Blocos/S	8	0,03554	0,021003	0,0029179	12.574.369	124,4
Resíduo	40	0,0114	0,006973	0,0047995	2.418.985	83,5
CV (%)		4,14	6,78	7,25	17,00	9,40
Relação entre QM residual		1,51	1,62	1,06	4,01	2,67

(1) ^{ns} e * - não significativo e significativo a 5% pelo Teste F, respectivamente.

Fonte: Elaboração dos autores (2015).

Carmo et al. (2012) também não encontraram efeito de fontes de N na produtividade e no desenvolvimento de milho doce, avaliando ureia e sulfato de amônio como fontes de fornecimento de N. Resultado semelhante a esse foi encontrado por Meira et al. (2009) com a cultura do milho grão irrigado. Também avaliando adubação nitrogenada em cobertura em milho grão, Mota et al. (2015) não verificaram efeito diferenciado na produtividade das seguintes fontes: nitrato de amônio, ureia comum, ureia com inibidor da enzima urease e ureia com inibidor da nitrificação do amônio em dois anos de avaliação. Resultado concordante ao aqui verificado também foi reportado por Schiavinatti et al. (2011) para altura de planta e de inserção da espiga principal em dois anos de ensaio testando três fontes de N. Para a produtividade de grãos somente em um dos anos do trabalho verificaram desvantagem da ureia como fonte de N. Por outro lado, Galindo et al. (2016) avaliaram ureia e ureia com inibidor de urease, associados ou não à inoculação com *Azospirillum brasilense*, em milho cultivado em sistema cultivo mínimo e não encontraram qualquer efeito das fontes avaliadas na produtividade de grãos e teores foliares de macro e micronutrientes.

Apesar de vários trabalhos não reportarem efeito diferenciado entre fontes de N, Sugiharto e Sugiyama (1992) verificaram que quando as plantas receberam amônio como fonte de N os níveis totais e de RNA mensageiro da enzima fotossintética em plantas C4, fosfoenolpiruvato carboxilase (PEPcase), foram aproximadamente o dobro das plantas que receberam o nitrato como fonte de N,

assim como os níveis do aminoácido Glutamina. Entretanto, tais autores não avaliaram esses efeitos até o fim do ciclo das plantas. De qualquer forma, isso sugere que pode haver uma compensação do metabolismo mais lento do nitrato por plantas de milho ao longo do ciclo, de maneira que os efeitos não persistem até a maturidade fisiológica quando se expressam caracteres tais como produtividade e desenvolvimento vegetativo. Os resultados deste trabalho, avaliando características de desenvolvimento vegetativo no fim do ciclo da cultura e também a produtividade, não comprovam qualquer desvantagem metabólica do nitrato sobre o amônio.

Investigando os efeitos de fontes de N à base de nitrato e amônio, fornecidos na fase vegetativa, Prinsi e Espen (2015) verificaram vários efeitos fisiológicos diferenciados em plantas de milho. O balanço geral de carbono e nitrogênio foi alterado em função da fonte, tais como teores de sacarose e aminoácidos, de forma diferenciada em raízes, seiva xilemática e tecidos foliares. O fornecimento simultâneo das duas fontes produziu resultados que sugerem um efeito sinérgico no metabolismo vegetal. Assim, os autores concluem que plantas de milho necessitam adaptar-se fisiologicamente em função da fonte de N presente no ambiente. Tal efeito sinérgico das fontes de N não se traduziram em maior produtividade ou desenvolvimento vegetativo no presente trabalho, pois entre as fontes testadas havia adubos formados por mistura de sulfato de amônio e nitrato de amônio que não superaram essas mesmas fontes usadas isoladamente.

Pelas médias de produtividade é possível verificar que mesmo o tratamento sem N não diferiu dos demais tratamentos (TABELA 3). Isso sugere condições favoráveis para a cultura nos dois experimentos, uma vez que se sabe que as respostas à N nessa cultura, de modo geral, são muito pronunciadas e esperam-se severas reduções na sua ausência (MEIRA et al., 2009).

Tabela 3 – Valores médios para as características altura de plantas (AP), altura de inserção de espiga (AIE), prolificidade de espigas (PROL) e produtividade de grãos (PROD) do milho em função das diferentes fontes de N.

Fontes Nitrogênio	AP (m)	AIE (m)	PROL	PROD (kg ha ⁻¹)
Sem Nitrogênio	2,56	1,24	0,93	8.601,47
Sulfato de Amônio (SA)	2,56	1,22	0,95	9.575,54
Ureia	2,63	1,23	0,99	9.512,15
Nitrato de Amônio (NA)	2,56	1,22	0,96	9.315,86
Mistura física (NA + AS)	2,62	1,25	0,93	8.856,54
Mistura química (NA + AS)	2,55	1,23	0,97	9.038,69
Teste F	1.04 _{ns}	0.202 _{ns}	0.986 _{ns}	0.611 _{ns}

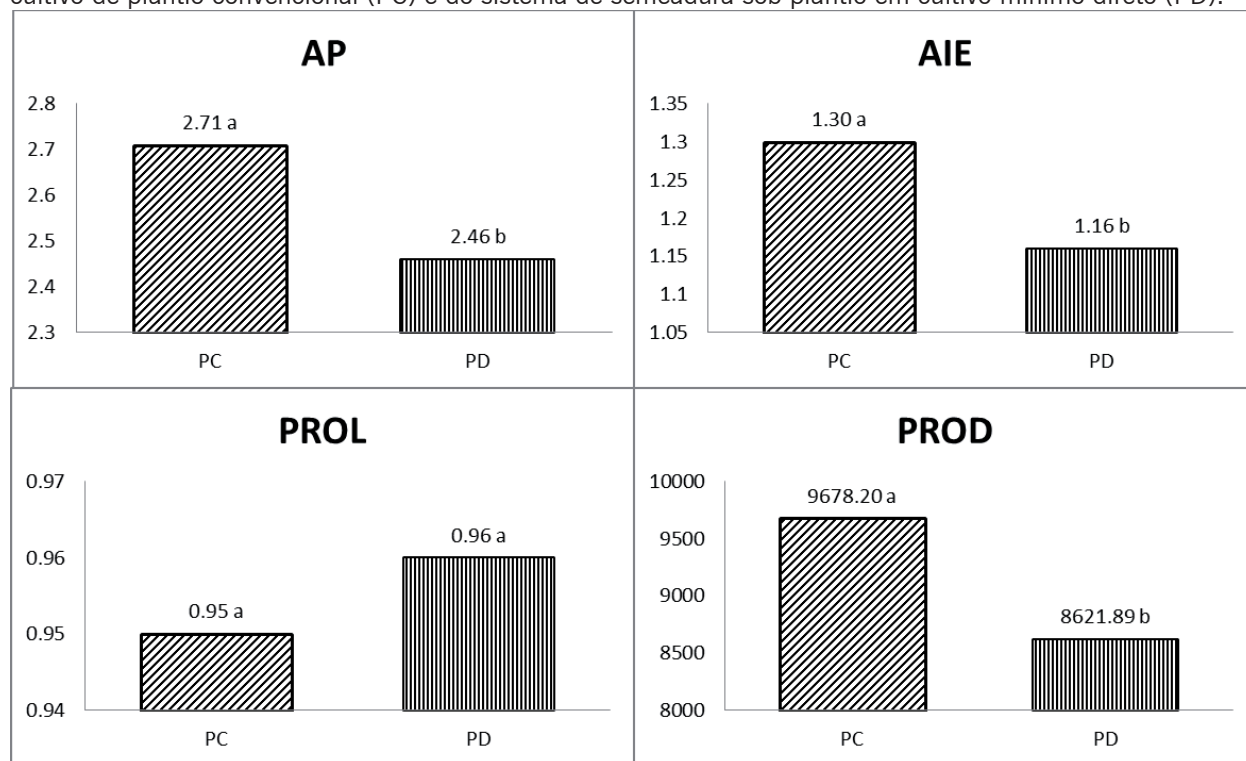
Fonte: Elaboração dos autores (2015).

Mota et al. (2015), avaliando fontes e doses de N em cobertura, também verificaram elevada produtividade para o tratamento com ausência de N e atribuem tal fato a uma elevada disponibilidade de N no solo. Assim, as condições ambientais favoráveis podem ter contribuído para a ausência de efeito das fontes de N, por tornarem as diferenças entre elas de pequena magnitude. Lange et al. (2008) também não encontraram resposta em produtividade à adubação nitrogenada de cobertura em milho e atribuem isso às condições favoráveis diferenciadas do estudo, como histórico da área, assim como deve ter ocorrido no presente trabalho. A resposta do milho ao fertilizante nitrogenado é afetada por fatores climáticos e edáficos, de modo que as curvas de resposta podem variar bastante entre diferentes locais. Assim, em um solo fértil, com alto suprimento residual de N, adubações nitrogenadas podem não ter efeito ou até mesmo diminuir os rendimentos (BELOW, 2002). Amanullah

(2014) ilustra bem a resposta variável em índice de colheita e eficiência de uso por plantas de milho a fertilizantes nitrogenados em função da fonte utilizada e também das doses, ano e cultivar. O trabalho de Soratto et al. (2011) concorda com os resultados aqui apresentados para o efeito de fontes de N na produtividade do milho. Tais autores não verificaram diferença no desempenho da cultura em função da fonte de N usada para adubação de cobertura. Entretanto, diferente do ocorrido no presente trabalho, resposta diferencial em relação à ausência do nutriente foi verificada, mesmo empregando doses menores.

Nota-se que as condições no sistema de semeadura em preparo convencional do solo foram mais favoráveis à cultura do milho em vista do melhor desempenho produtivo e do desenvolvimento vegetativo (FIGURA 1). A área conduzida sob o sistema de semeadura em cultivo mínimo, embora com histórico de monocultivo de milho, não era uma área em sistema de plantio direto consolidado com rotações de culturas, em função das condições da palhada na superfície do solo e manejo adotado em safras anteriores, o que pode ter desfavorecido a cultura. Sabe-se que o sistema de preparo e cultivo do solo pode influenciar a disponibilidade de N e seu uso pela cultura em função da alteração das propriedades físicas, como também seus componentes químicos e bióticos (BELOW, 2002).

Figura 1 – Valores médios para as características altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AIE), prolificidade de espigas (PROL) e produtividade de grãos (PROD) do milho em função do sistema de semeadura/cultivo de plantio convencional (PC) e do sistema de semeadura sob plantio em cultivo mínimo direto (PD).



Fonte: Elaboração dos autores (2015).

Lange et al. (2008) afirmam que no cultivo em sistema de semeadura em plantio direto a dinâmica de nutrientes assim como sua variabilidade horizontal e vertical são diferenciadas. Oliveira et al. (2016) ressaltam que os estudos com N envolvem diferentes sistemas de semeadura/cultivo, condições climáticas e de solo e, portanto, generalizações sobre o manejo do N não se ajustam bem.

Para o desdobramento dos sistemas de semeadura/cultivo dentro de cada fonte de N (TABELA 4) observa-se que a severidade da ferrugem comum foi maior sob cultivo mínimo, com exceção do tratamento sem N. O fato de haver resíduos da cultura anterior de milho na área sob cultivo mínimo não deve ser a causa da maior severidade de ferrugem, por tratar-se de um fungo biotrófico, portanto, não afetado por resíduos culturais como possível fonte de inóculo.

Tabela 4 – Desdobramento da interação entre Fontes de Nitrogênio e sistemas de cultivo para severidade de ferrugem comum, medida pela Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD).

Fontes N	Plantio convencional	Cultivo mínimo
Sem Nitrogênio	95,00 a A ⁽¹⁾	93,98 a A
Sulfato de Amônio (SA)	86,28 a B	107,40 a A
Ureia	86,33 a B	109,30 a A
Nitrato de Amônio (NA)	85,68 a B	109,98 a A
Mistura física (SA + NA)	91,45 a B	108,65 a A
Mistura química (SA + NA)	83,38 a B	109,38 a A

(1) Em cada coluna, médias seguidas da mesma letra minúscula e, em cada linha, maiúscula, não diferem a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Fonte: Elaboração dos autores (2015).

Anteriormente à instalação dos experimentos, não havia plantas de milho tiguera nas áreas utilizadas sob os sistemas de semeadura cultivo mínimo e convencional, o que também contribui para baixa fonte de inóculo. O microclima particular criado na área sob sistema de semeadura em cultivo mínimo e o fato de haver outras áreas com milho nas proximidades são fatores pertinentes a explicar a maior severidade da doença nesse experimento. É intrigante o fato de que somente para o tratamento sem N não tenha ocorrido diferença na severidade da doença entre os dois sistemas de cultivo. Poder-se-ia pensar que nessa situação as plantas tiveram menor desenvolvimento vegetativo formando menos área foliar para possível ataque do fungo, não permitindo constatar a diferença entre os sistemas de cultivo. Entretanto, foi justamente no sistema de semeadura em cultivo mínimo que a cultura apresentou menor desenvolvimento vegetativo, considerando as características de altura de plantas e de inserção de espiga, apresentando, todavia, maior severidade da doença para todos os demais tratamentos. Assim, esses resultados não permitem fazer uma associação direta entre desenvolvimento vegetativo e severidade de ferrugem comum em milho, como abordado por outros trabalhos.

Gomes et al. (2007) estudando o manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho também não encontraram efeito do N na severidade de doenças, embora baseados na premissa de que tratamentos que promovam maior desenvolvimento vegetativo teriam, por consequência, maior severidade de doenças foliares. Por sua vez, Pegoraro et al. (2001) atribuem à não ocorrência de uma nutrição desbalanceada o fato de não verificarem efeito de níveis diferentes de adubação na severidade de mancha foliar de *phaeosphaeria* em milho.

Contrariamente ao aqui encontrado, Tomazela et al. (2006) constataram que tratamentos que receberam maiores quantidades de N tiveram maior índice de área foliar e, simultaneamente, maior incidência de ferrugem tropical. Santos et al. (2014) atribuem à maior severidade da brusone em arroz nas maiores doses de N avaliadas o aumento na área foliar e número de panículas em resposta à grande oferta do nutriente.

É fato que as respostas das plantas aos patógenos é variável de safra para safra em função das condições ambientais que são particulares a cada situação. O trabalho de Santos et al. (2013) ilustra esse caso. Os autores encontraram efeito de doses de N na severidade de ferrugem comum em milho apenas em um dos anos de estudo, não havendo registro de sua ocorrência em outro ano de pesquisa. Assim, pode ter ocorrido pressão insuficiente dessa doença no ano de condução dos experimentos do presente trabalho, de tal forma a não permitir constatar o efeito das fontes de N.

Conclusões

As fontes de N na dose de 120,0 kg ha⁻¹ aplicados entre V₄ e V₆ avaliadas neste trabalho não influenciam o desempenho agronômico e a severidade causada por ferrugem comum em milho.

O sistema de semeadura em plantio convencional proporciona maior altura de plantas, de inserção de espiga e produtividade de grãos do milho comparativamente ao sistema de semeadura em cultivo mínimo, para as condições avaliadas neste trabalho.

A severidade de ferrugem comum em milho é maior sob sistema de semeadura em cultivo mínimo para todas as fontes de N estudadas, exceto para a ausência de N.

Agronomic performance and severity of common rust in maize under different nitrogen sources

Summary

Nitrogen is the most required and complex management element in maize crop, promoting the highest responses in crop yield. The objective of this work was to verify the effect of different N sources on topdressing in minimum tillage and conventional tillage systems on the agronomic performance of the Pioneer 32R22YHR single cross and on the severity of common rust disease. Two experiments were carried out in a randomized block design (DBC) in the 2013/14 crop in minimum tillage and conventional tillage systems. The treatments were: control without nitrogen, ammonium sulfate, urea, ammonium nitrate, a physical mixture of nitrate (70%) and ammonium sulfate (30%) and a chemical mixture of these same sources in the same proportion just explained. Nitrogen sources had no significant effect on plant height, ear insertion height, ear prolificacy, grain yield and leaf severity of common rust, regardless of the sowing system. Under conventional tillage, the plants presented higher plant height, ear insertion and grain yield. There was no effect of sowing systems on prolificacy. With the exception of nitrogen free treatment, for all others, the severity of common rust was higher in minimum tillage system.

Keywords: No-till. Zea mays. Puccinia sorghi. Nitrate. Ammonium.

Referências

- ABRO, M. A.; LECOMPTE, F.; BRYONE, F.; NICOT, P. C. Nitrogen fertilization of the host plant influences production and pathogenicity of *Botrytis cinerea* secondary inoculum. **Phytopathology**, v. 103, n. 3, p. 261-267, 2013. DOI: 10.1094/PHYTO-08-12-0189-R
- AGROCERES. **Guia agroceres de sanidade**. 2 ed. São Paulo: Sementes Agroceres S/A, 1996. 72 p.
- AMANULLAH. Source and rate of nitrogen application influence agronomic N-use efficiency and harvest index in maize (*Zea mays* L) genotypes. **Maydica**, v. 59, n. 1-4, p. 81-90, 2014.
- BELOW, F. E. **Fisiologia, nutrição e adubação nitrogenada do milho**. Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 99, p. 7-12, 2002.
- BLOOM, A. J. The increasing importance of distinguishing among plant nitrogen sources. **Current opinion in plant biology**, v. 25, p. 10-16, 2015. DOI: 10.1016/j.pbi.2015.03.002
- CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to Plant Disease Epidemiology**. New York City: John Wiley & Sons, 1990.
- CARMO, M. S.; CRUZ, S. C. S.; SOUZA, E. J. de; CAMPO, L. F. C.; MACHADO, C. G. Doses e fontes de Nitrogênio no desenvolvimento e produtividade da cultura de milho doce (*Zea mays* convar. *saccharata* var. *rugosa*). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 223-231, 2012.
- CHAGAS, J. F. R.; SANTOS, G. R.; COSTA, R. V.; ALVES, J. F.; NASCIMENTO, I. R. Adubação nitrogenada na severidade de doenças foliares, produtividade e respostas bioquímicas em híbridos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 17, n. 1, p. 1-14, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v17n1p1-14>
- DEY, U.; HARLAPUR, S. I.; DHUTRAJ, D. N.; SURYAWANSHI, A. P.; BADGUJAR, S. L.; JAGTAP, G. P.; KULDHAR, D. P. Spatiotemporal yield loss assessment in corn due to common rust caused by *Puccinia sorghi* Schw. **African Journal of Agricultural Research**, v. 7, n. 37, p. 5265-5269, 2012. DOI: 10.5897/AJAR12.1103
- GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; SANTINI, J. M. K.; ALVES, C. J.; NOGUEIRA, L. M.; LUDKIEWICZ, M. G. Z.; ANDREOTTI, M.; BELLOTTE, J. L. M. Corn Yield and Foliar Diagnosis Affected by Nitrogen Fertilization and Inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 40, 2016. DOI: 10.1590/18069657rbcs20150364
- GARCIA, P. L.; GONZÁLEZ-VILLALBA, H. A.; SERMARINI, R. A.; TRIVELIN, P. C. O. Nitrogen use efficiency and nutrient partitioning in maize as affected by blends of controlled-release and conventional urea. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 64, n. 14, p. 1944-1962, 2018. DOI: 10.1080/03650340.2018.1469746

GOMES, R. F.; SILVA, A. G.; ASSIS, R. L.; PIRES, F. R. Efeito de doses e da época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agrônômicos da cultura do milho sob semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 931-938, 2007. DOI: 10.1590/S0100-06832007000500010

LANGE, A.; CABEZAS, W. A. R. L.; TRIVELIN, P. C. O. Recuperação do nitrogênio das fontes sulfato e nitrato de amônio pelo milho em sistema semeadura direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n.1, p. 123-130, 2008. DOI: 10.1590/S0100-204X2008000100016

MEIRA, F. A.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, A.; SÁ, M. E.; ANDRADE, J. A. C. Fontes e épocas de aplicação do nitrogênio na cultura do milho irrigado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 275-284, 2009. DOI: 10.5433/1679-0359.2009v30n2p275

MOTA, M. R.; SANGOI, L.; SCHENATTO, D. E.; GIORDANI, W.; BONIATTI, C. M.; DALL'IGNA, L. Fontes estabilizadas de nitrogênio como alternativa para aumentar o rendimento de grãos e a eficiência de uso do nitrogênio pelo milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 39, n. 2, p. 512-522, 2015. DOI: 10.1590/01000683rbc20140308

OLIVEIRA, F. C.; SOUSA NETTO, M.; ARAUJO, L. S.; ALMEIDA, A. C. S.; SILVEIRA, P. M.; CUNHA, P. C. R. Corn development and production in function of sources of nitrogen fertilizers and doses. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 4, p. 812-821, 2016. DOI: 10.1590/1983-21252016v29n405rc

PEGORARO, D. G.; VACARO, E.; NUSS, C. N.; SOGLIO, F. K. D.; SERENO, M. J. C. M.; BARBOSA NETO, J. F. Efeito de época de semeadura e adubação na mancha-foliar de *Phaeosphaeria* em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 8, p. 1037-1042, 2001. DOI: 10.1590/S0100-204X2001000800005

PEREIRA, O. A. P. Doenças do milho. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. ed. **Manual de Fitopatologia. Volume 2. Doenças das Plantas Cultivadas**. 3. ed. São Paulo: Agrônômica Ceres, 1997. v. 2. p. 500-516.

PRINSI, B.; ESPEN, L. Mineral nitrogen sources differently affect root glutamine synthetase isoforms and amino acid balance among organs in maize. **BMC plant biology**, v. 15, n. 1, p. 1, 2015. DOI: 10.1186/s12870-015-0482-9

R CORE TEAM (2015). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RIEDEMANN, E. S.; TRACY, W. F. Vegetative phase change characteristics and resistance to common rust of corn cultivars developed in different eras. **Crop science**, v. 50, n. 1, p. 87-92, 2010. DOI: 10.2135/cropsci2008.11.0656

SANTOS, G. R.; GAMA, F. R.; GONÇALVES, C. G.; RODRIGUES, A. C.; LEÃO, E. U.; CARDON, C. H.; BONIFÁCIO, A. Severidade de doenças foliares e produtividade de genótipos de milho em resposta à adubação nitrogenada. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 4, p. 505-513, 2013. DOI: 10.1590/S0034-737X2013000400009

SANTOS, G. R.; CASTRO NETO, M. D.; RODRIGUES, A. C.; BONIFACIO, A.; KORNDORFER, G. H. Fertilização silicatada e nitrogenada no controle da brusone do arroz em sistema irrigado. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 4, p. 103-108, 2014.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SCHIAVINATTI, A. F.; ANDREOTTI, M.; BENETT, C. G. S.; PARIZ, C. M.; LODO, B. N.; BUZETTI, S. Influência de fontes e modos de aplicação de nitrogênio nos componentes da produção e produtividade do milho irrigado no Cerrado. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 925-930, 2011. DOI: 10.1590/S0006-87052011000400027

SORATTO, R. P.; SILVA, A. H.; CARDOSO, S. M.; MENDONÇA, C. G. Doses e fontes alternativas de Nitrogênio no milho sob semeadura direta em solo arenoso. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n 1, p. 62-70, 2011. DOI: 10.1590/S1413-70542011000100007

SOUZA, J. A.; BUZETTI, S; TARSITANO, M. A. A.; VALDERRAMA, M. Lucratividade do milho em razão das fontes, doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 3, p. 321-329, 2012. DOI: 10.1590/S0034-737X2012000300005

SUGIHARTO, B.; SUGIYAMA, T. Effects of Nitrate and Ammonium on Gene Expression of Phosphoenolpyruvate Carboxylase and Nitrogen Metabolism in Maize Leaf Tissue during Recovery from Nitrogen Stress. **Plant Physiology**, v. 98, n. 4, p. 1403-1408, 1992. DOI: 10.1104/pp.98.4.1403

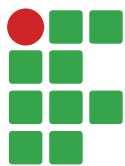
TOMAZELA, A. L.; FAVARIN, J. L.; FANCELLI, A. L.; MARTIN, T. N.; DOURADO NETO, D.; REIS, A. R. Doses de Nitrogênio e fontes de Cu e Mn suplementar sobre a severidade da ferrugem e atributos morfológicos do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 2, p. 192-201, 2006. DOI: 10.18512/1980-6477/rbms.v5n2p192-201

VARGAS, V. P.; SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; PICOLI, G. J.; CANTARELLA, H. Maize Leaf Phytotoxicity and Grain Yield are Affected by Nitrogen Source and Application Method. **Agronomy Journal**, Madison, v. 107, n. 2, p. 671-679, 2015. DOI: 10.2134/agronj14.0121

WALTERS, D. R.; BINGHAM, I. J. Influence of nutrition on disease development caused by fungal pathogens: implications for plant disease control. **Annals of Applied Biology**, v. 151, p. 307-324, 2007. DOI: 10.1111/j.1744-7348.2007.00176.x

Submetido em: 08/04/2019

Aceito em: 28/01/2019



Comparação de modelos não lineares na descrição da mineralização do carbono no solo tratado com dejetos de suínos

Gustavo Sérgio de Paula¹

Edilson Marcelino Silva²

Thais Destefani Ribeiro Furtado³

Ariana Campos Frühauf⁴

Joel Augusto Muniz⁵

Resumo

Uma estratégia para reduzir os impactos ambientais causados por dejetos de suínos consiste em utilizar esses resíduos em solos para produção de culturas agrícolas. Por meio das curvas de mineralização de carbono é possível determinar os melhores períodos para utilização da matéria orgânica visando ao manejo adequado do solo e das culturas. Objetivou-se com este estudo comparar o ajuste de modelos não lineares que descrevem a mineralização de carbono no solo. O experimento foi realizado usando o delineamento blocos ao acaso com quatro repetições e quatro tratamentos. Foram usados os seguintes tratamentos: sem adição (0), doses mensais de 7,5; 15,0 e 30,0 m³ ha⁻¹ de dejetos de suínos. As amostras de solo coletadas foram incubadas por 26 dias e foram feitas sete observações do volume de carbono mineralizado ao longo do tempo. A descrição da mineralização do carbono foi feita pelos modelos Stanford e Smith, Cabrera e Juma, considerando estrutura de erros autorregressivos AR (1) quando necessário. Para comparar os ajustes foi utilizado o critério de informação Akaike (AIC). Em geral, a descrição da mineralização de carbono nos tratamentos pelos modelos não lineares foi adequada. O modelo Juma foi o mais adequado para descrever o tratamento de dose 0. O modelo Stanford e Smith foi o mais adequado para descrever os tratamentos de dose 7,5 e 15,0 m³ ha⁻¹. O modelo Cabrera foi o mais adequado para descrever o tratamento de dose 30,0 m³ ha⁻¹.

Palavras-chave: Resíduo orgânico. Modelo Stanford e Smith. Modelo Cabrera. Modelo Juma.

Introdução

A suinocultura desempenha relevante papel no agronegócio brasileiro, tendo em vista o grande número de empregos gerados na cadeia produtiva, o expressivo volume de receitas para os produtores e de divisas para o país. O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de carne suína no mundo, ocupando a 4^a colocação (CONAB, 2017; GUIMARÃES et al., 2017). A alta produção de suínos acaba gerando uma grande quantidade de dejetos líquidos que, se não forem devidamente reutilizados ou descartados, podem causar diversos problemas ambientais, como a

1 Universidade Federal de Lavras (UFLA), graduando em Agronomia. gustavo.paula1@agronomia.ufla.br. Departamento de Estatística, Campus Universitário da UFLA, Lavras, Minas Gerais, CEP 37200-000.

2 UFLA, doutorando em Estatística e Experimentação Agropecuária. edilsonmg3@hotmail.com.

3 UFLA, doutoranda em Estatística e Experimentação Agropecuária. t.destefani.ribeiro@gmail.com.

4 UFLA, doutoranda em Estatística e Experimentação Agropecuária. arianafruhauf@gmail.com.

5 UFLA, professor titular. joamuniz@des.ufla.br.

contaminação dos rios e possíveis problemas de saúde pública advindos da liberação de substâncias como o nitrato em cursos d'água (CADONÁ, 2017). Entretanto, existem alternativas para o uso de dejetos de suínos capazes de diminuir o impacto ambiental, e isso pode ser feito por meio da utilização dos dejetos líquidos como fonte de nutrientes para culturas agrícolas. Na composição química dos dejetos é possível encontrar uma grande quantidade de nitrogênio que é requerido em grandes quantidades pelas plantas (BISON PINTO et al., 2014); com a entrada de material orgânico no solo a população de microrganismos é estimulada, o que pode resultar na imobilização do carbono ou mineralização na forma de dióxido de carbono, além disso, a quantidade e a qualidade do substrato e sua interação com a microbiota do solo podem resultar na mineralização da matéria orgânica nativa do solo (FERNANDES et al., 2011).

Vários fatores afetam o processo de decomposição de resíduos orgânicos no solo, como: a relação entre o pH dos dejetos e do solo; a composição química do material, a quantidade de carbono, a relação C:N e a incorporação ou não dos dejetos ao solo. No início da decomposição dos resíduos orgânicos no solo geralmente ocorre a maior parte da mineralização do carbono do material, por apresentar uma fração mais solúvel com compostos lábeis, quando essa fração diminui começa a ocorrer uma mineralização mais lenta por possuir compostos mais resistentes aos microrganismos (GIACOMINI et al., 2008). Este comportamento da curva de mineralização pode ser descrito por funções matemáticas que constituem modelos de regressão não lineares (FERNANDES et al., 2011; SILVA et al., 2019a).

Desta forma, é de extrema importância o estudo das curvas de mineralização do carbono ao longo do tempo, pois é necessário entender a dinâmica de decomposição de resíduos orgânicos que podem auxiliar nas práticas de manejo de solo mais favoráveis à produção de culturas agrícolas. Para descrever as curvas de mineralização de carbono são utilizados os modelos não lineares, eles fornecem bom ajuste, além disso, resumem as informações contidas nos dados em apenas poucos parâmetros fornecendo valores de estimativas com interpretações biológicas e práticas úteis para os produtores rurais (SILVEIRA et al., 2018).

Um dos modelos não lineares mais utilizados para descrever a mineralização do carbono em solos ao longo do tempo é o Stanford e Smith (1972). Esse modelo é muito utilizado por diversos autores para estudar a dinâmica do carbono com bons resultados em pesquisas com plantações de eucalipto (BARRETO et al., 2010), lodo de curtume (MARTINES et al., 2006), lodo de tanque séptico, lodo digestor anaeróbio, lodo reator (SILVA, 2017), carcaça e despojo de pequenos ruminantes (PEREIRA, 2014), dejetos de suínos e palha de aveia (SILVA et al., 2019a), lodo de esgoto e palha de aveia (SILVA et al., 2019b).

Em trabalhos com modelos não lineares nos quais são feitas medidas nas mesmas unidades experimentais ao longo do tempo é normal que as observações possam estar correlacionadas, o que ocorre também em estudos de decomposição em áreas de solo (SILVA et al., 2019a), apresentando estruturas de dependência nos erros experimentais. Segundo Silveira et al. (2018), para obter ajuste apropriado é necessário considerar a modelagem dessa correlação.

Objetivou-se com este estudo avaliar o ajuste dos modelos de regressão não lineares Cabrera (1993), Juma et al. (1984) e Stanford e Smith (1972) para descrever a mineralização de carbono de dejetos de suínos no solo, obtidos desde o segundo dia até o vigésimo sexto, e também identificar o modelo mais adequado para descrever a dinâmica de decomposição de resíduo orgânico no solo.

Material e métodos

Os dados que serão utilizados para os ajustes dos modelos foram extraídos de Fernandes et al. (2011) e correspondem aos resultados em médias de um experimento que avaliou a mineralização do carbono de diferentes doses de dejetos de suínos no solo. O experimento foi realizado em São Gabriel do Oeste, Estado de Mato Grosso do Sul. Foi utilizado um solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, ocupado por pastagem para suporte da produção pecuária bovina leiteira. As amostras de solo foram coletadas da camada 0-10 cm. Os dejetos dos suínos são compostos por fezes e urina, restos de alimentos e água de bebedouro e do processo de limpeza.

O delineamento foi em blocos ao acaso com quatro tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram na adição de um controle sem adição (0) e aplicação de doses mensais de 7,5; 15,0 e 30,0 m³ ha⁻¹ de dejetos de suínos. A mineralização do carbono (C) foi obtida em condições de laboratório por meio da medição do C liberado pela atividade microbiana do solo na forma de dióxido de carbono (CO₂). As amostras do solo foram secas ao ar e peneiradas (2,0 mm). Alíquotas de 50,0 g de solo foram acondicionadas em frascos de 100,0 ml. A umidade do solo foi corrigida para 60,0% da capacidade máxima de retenção de água. A quantidade de carbono mineralizado foi avaliado aos 2, 6, 9, 13, 16, 22 e 26 dias de incubação, totalizando 7 observações.

Os modelos não lineares avaliados foram: Cabrera (1), Juma (2) e Stanford & Smith (3) com as seguintes equações:

$$C_i = C_1(1 - \exp(-k_1 t_i)) + k_0 t_i + u_i \quad (1)$$

$$C_i = C_0 t_i / (v + t_i) + u_i \quad (2)$$

$$C_i = C_0(1 - \exp(-k t_i)) + u_i \quad (3)$$

em que:

$$u_i = \phi_1 u_{i-1} + \dots + \phi_p u_{i-p} + \varepsilon_i \quad u_i = \phi_1 u_{i-1} + \dots + \phi_p u_{i-p} + \varepsilon_i \quad \text{com}$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

n: o número de tempos em que foram realizadas as medições;

u_i: o resíduo do ajuste no i-ésimo tempo;

φ₁: parâmetro autoregressivo de ordem 1;

u_{i-1}: o resíduo do ajuste do tempo imediatamente anterior à i-ésima medida;

φ_p: φ_p o parâmetro autoregressivo de ordem p;

u_{i-p}: o resíduo do ajuste em p tempos anterior à i-ésima medida;

ε_i: o erro experimental, com distribuição normal, N(0,σ²).

Nos modelos, quando os resíduos forem independentes, os parâmetros φ_i serão nulos e, em consequência, u_i = ε_i (MAZZINI et al., 2003; GUEDES et al., 2004, SAVIAN et al., 2007; MENDES et al., 2008; PRADO et al., 2013; SOUZA et al., 2014)).

Nas equações (1), (2) e (3), C_i define o valor médio da quantidade de carbono mineralizado nos tempos t_i em dias; C₀ indica o valor da quantidade de carbono potencialmente mineralizável; C₁ representa a quantidade de carbono facilmente mineralizável; k, k₁, k₀ são taxas de mineralização; v tempo de meia vida; t_i refere-se ao tempo da i-ésima mensuração, expresso em dias (PEREIRA et al., 2005; PEREIRA et al., 2009). O tempo de meia vida, v, do carbono potencialmente mineralizável considerando o modelo Stanford & Smith e o carbono facilmente mineralizável considerando o modelo Cabrera foi estimado por v = ln(2)/k e v = ln(2)/k₁, respectivamente. É importante ressaltar que,

se o parâmetro k_0 do modelo Cabrera for zero, o modelo se reduz ao Stanford e Smith. Além disso, o modelo Cabrera considera duas frações de carbono, uma que é facilmente mineralizável (C_1) e outra resistente (k_0). Os modelos Juma e Stanford e Smith consideram apenas uma fração de carbono que é potencialmente mineralizável (C_0).

A estimação dos parâmetros C_0 , C_1 , k , k_1 , k_0 e v dos modelos foi feita pelo método de mínimos quadrados, por meio do qual é obtido o Sistema de Equações Normais (SEN) não linear. No caso de modelos não lineares, o sistema não apresenta uma solução direta, sendo necessária a utilização de algoritmos iterativos de busca numérica para obter as estimativas dos parâmetros (CARNEIRO et al., 2014; MUIANGA et al., 2016). Vários processos iterativos são descritos na literatura, sendo que será utilizado neste trabalho o algoritmo de Gauss-Newton (MUNIZ et al., 2017; RIBEIRO et al., 2018a; RIBEIRO et al., 2018b). Este algoritmo considera a expansão em série de Taylor para aproximar o modelo de regressão não linear com termos lineares e, então, aplicar o método dos mínimos quadrados ordinários para a estimação dos parâmetros. Os cálculos das estimativas para os dados amostrais, bem como os ajustes gráficos e toda a parte computacional envolvida na elaboração deste trabalho foram obtidas utilizando o software estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2016).

Sob a suposição de normalidade dos resíduos foram obtidos os intervalos de confiança para as estimativas dos parâmetros. De acordo com Draper & Smith (2014), define-se o intervalo de 95% de confiança para o parâmetro β_i do modelo como:

$$IC(\beta_i) : b_i \pm t(vv;0;025).S(b_i) \tag{4}$$

em que:

b_i é a estimativa para o parâmetro (β_i);

$S(b_i)$ é o erro padrão da estimativa;

$t(vv;0;025)$ é o quantil superior da distribuição t de Student, considerando $\alpha = 5\%$ e o grau de liberdade, $v = n - d$ é o número de parâmetros do modelo.

Por meio do Teste de Durbin Watson, foi possível verificar a presença de dependência residual entre as medidas, avaliando se o resíduo de uma observação pode estar associado como resíduo das observações adjacentes (FURTADO et al., 2019). O Teste Breusch-Pagam foi utilizado para verificar a homogeneidade dos resíduos e o Teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade.

Os modelos foram comparados quanto à qualidade do ajuste e foi indicado qual o modelo mais adequado para descrever a curva de mineralização em função do tempo. Foram utilizados os seguintes critérios:

i. Coeficiente de determinação ajustado, R^2_{aj} , definido por:

$$R^2_{aj} = 1 - \frac{(1 - R^2)(n - 1)}{n - d} \tag{5}$$

em que R^2 é o coeficiente de determinação; n é o número de observações e d é o número de parâmetros do modelo. Um modelo deve ser preferido em relação ao outro se apresentar um maior valor de R^2_{aj} .

ii. Critério de informação de Akaike, AIC, dado pela expressão:

$$AIC = -2\log L(\tilde{\theta}) + 2p \quad (6)$$

em que $L(\tilde{\theta})$ é o máximo da função de verossimilhança, p é o número de parâmetros no modelo e \log é o operador logarítmico natural. Entre dois modelos, quanto menor for o valor de AIC, melhor o modelo se ajusta aos dados.

Resultados e discussão

Os resultados obtidos pela análise dos erros experimentais (TABELA 1) foram expressos pelos Testes de Shapiro-Wilk, Breusch-Pagan e Durbin-Watson. De acordo com os resultados, o Teste de Shapiro-Wilk indicou normalidade residual para todos os modelos e todos os tratamentos com a exceção do tratamento dose 0 do Modelo Stanford e Smith ($p < 0,05$), sendo assim esse modelo foi desconsiderado e não foram apresentadas as estimativas dos parâmetros nem os avaliadores de qualidade do ajuste para este modelo na dose 0. O Teste de Breusch-Pagan indicou homogeneidade residual para todos os modelos e tratamentos ($p > 0,05$). No Teste de Durbin-Watson houve correlação para todos os tratamentos do modelo Juma e no tratamento dose 30,0 do modelo Cabrera, assim, considerou-se a correlação no estudo e foi apresentado ajuste com erros autorregressivos de primeira ordem AR(1) para explicar a dependência dos resíduos desses tratamentos. Essa correlação nos erros já era esperada, visto que as medidas foram feitas na mesma parcela ao longo do tempo. Silva et al. (2019a) também observaram correlação no ajuste de modelos não lineares a dados de mineralização de carbono de dejetos de suínos; além disso, Silveira et al. (2018) também observaram correlação dos erros ao ajustar modelo não linear à produção acumulada de biogás de resíduos de suínos. Os tratamentos avaliados pelo modelo Stanford e Smith e pelo modelo Cabrera nas doses 0; 7,5 e 15,0 apresentaram independência dos erros.

Tabela 1 – P-valores dos testes de Shapiro-Wilk (SW), Durbin-Watson (DW) e Breusch-Pagan (BP) aplicados aos erros dos modelos e avaliadores de qualidade de ajuste, coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) e critério de informação de Akaike (AIC) para o carbono mineralizado, em $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1}$, dos tratamentos analisados.

Tratamento (Doses de dejetos)	Modelo	SW p-valor	BP p-valor	DW p-valor
0	Stanford e Smith	0,0172	0,7773	0,6880
0	Cabrera	0,3564	0,2199	0,9240
0	Juma	0,4946	0,1730	0,0220
7,5	Stanford e Smith	0,4235	0,0824	0,0620
7,5	Cabrera	0,6256	0,1797	0,1280
7,5	Juma	0,3216	0,1876	0,0120
15	Stanford e Smith	0,7274	0,1939	0,7220
15	Cabrera	0,6247	0,2079	0,7020
15	Juma	0,3421	0,2237	0,0100
30	Stanford e Smith	0,5128	0,8778	0,6260
30	Cabrera	0,2637	0,1472	0,0200
30	Juma	0,3857	0,1469	0,0200

Fonte: Elaboração dos autores (2019).

As estimativas dos parâmetros dos modelos com seus respectivos intervalos de confiança de 95% de probabilidade estão apresentados na Tabela 2. A estimativa do intervalo de confiança do parâmetro k_0 do modelo Cabrera considerando as doses 0; 7,5 e 15 m^3ha^{-1} incluíram o valor zero. De acordo com Zeviani et al. (2012), esse resultado indica um valor paramétrico zero, portanto, o modelo não se ajustou a esses tratamentos; desconsiderando o parâmetro k_0 , o modelo se reduz ao de Stanford e Smith com apenas uma fração de carbono potencialmente mineralizável. Na dose 30 do modelo Cabrera foi constatado pelas estimativas dos intervalos de confiança que todos os parâmetros do modelo não incluíram o valor zero, mostrando que o modelo descreve o tratamento. O tempo de meia vida (v) do carbono facilmente mineralizável foi estimado em 2,5 dias (TABELA 2). Apenas esse tratamento apresentou duas fases de mineralização, uma que é facilmente mineralizável (C_1) e outra resistente (k_0). Silva et al. (2019a) observaram que na utilização de dejetos de suínos com doses de 20 m^3ha^{-1} , incorporado ao solo, o modelo Cabrera foi mais adequado, assim, o tratamento apresentou duas fases de mineralização do carbono.

Tabela 2 – Estimativas para os parâmetros dos modelos e seus respectivos intervalos de confiança assintóticos de 95% (LI – limite inferior e LS – limite superior), no ajuste do C mineralizado, em mg de $CO_2.kg^{-1}$, dos tratamentos analisados.

Modelo Stanford e Smith							
Dose 0				Dose 7,5			
	LI	Estimativa	LS	LI	Estimativa	LS	
C_0	--	--	--	C_0	93,6419	94,9092	96,1986
k	--	--	--	k	0,2499	0,2643	0,2798
v	--	--	--	v	2,4772	2,6225	2,7736
Dose 15				Dose 30			
	LI	Estimativa	LS	LI	Estimativa	LS	
C_0	97,3797	97,9326	98,4894	C_0	100,8229	101,4000	101,9444
k	0,2627	0,2690	0,2755	k	0,2586	0,2647	0,2709
v	2,5159	2,5767	2,6385	v	2,5586	2,6186	2,6803
Modelo Cabrera							
Dose 0				Dose 7,5			
	LI	Estimativa	LS	LI	Estimativa	LS	
C_1	87,0386	91,5985	96,8376	C_1	88,1567	91,5890	95,3962
k_0	=0,2614	0,0285	0,1813	k_0	=0,0177	0,1539	0,3129
k_1	0,2443	0,2694	0,2964	k_1	0,2598	0,2800	0,3013
v	2,3386	2,5729	2,8372	v	2,3005	2,4755	2,6680
Dose 15				Dose 30			
	LI	Estimativa	LS	LI	Estimativa	LS	
C_1	95,2927	98,3546	101,6897	C_1	98,8410	100,0313	100,2218
k_0	-0,1682	-0,0195	0,1199	k_0	0,0548	0,0638	0,0726
k_1	0,2518	0,2672	0,2832	k_1	0,2692	0,2702	0,2711
v	2,4476	2,5941	2,7528	v	2,5568	2,5653	2,5748
				ϕ		-0,9544	

Modelo Juma							
Dose 0				Dose 7,5			
	LI	Estimativa	LS		LI	Estimativa	LS
C_0	95,1644	105,4848	115,8052	C_0	101,679	110,0563	118,4334
v	1,7842	3,0315	4,2789	v	2,1089	3,0908	4,0727
ϕ		0,3152		ϕ		0,3056	
Dose 15				Dose 30			
	LI	Estimativa	LS		LI	Estimativa	LS
C_0	102,9182	113,4426	123,9671	C_0	107,5219	117,7371	127,9524
v	1,8619	3,0481	4,2344	v	1,9906	3,1155	4,2403
ϕ		0,3190		ϕ		0,2985	

Fonte: Elaboração dos autores (2019).

O modelo Stanford & Smith ajustou nas doses 7,5; 15,0 e 30,0 e o modelo Juma ajustou aos dados dos quatro tratamentos, pois, por meio das estimativas dos intervalos de confiança, percebe-se que todos os parâmetros do modelo não incluíram o valor zero.

Considerando os intervalos de confiança para a estimativa do parâmetro C_0 no modelo Stanford e Smith, observa-se que não há sobreposição entre os intervalos de confiança nos tratamentos dose 7,5; 15,0 e 30,0. Com isso, na dose 30,0 houve maior carbono potencialmente mineralizável em relação às doses 15,0 e 7,5 respectivamente, a dose 15,0 teve maior carbono potencialmente mineralizável que a dose 7,5. Esses resultados já eram de se esperar, uma vez que um aumento da dose pode estimular a atividade microbiana, aumentando a mineralização do carbono adicionado ao solo e também a degradação da matéria orgânica nativa do solo, como observou Fernandes et al. (2011). Apesar de ter ocorrido diferença na quantidade de carbono potencialmente mineralizável (C_0), o parâmetro tempo de meia vida (v) de todos os tratamentos no modelo Stanford e Smith tiveram sobreposição entre os intervalos de confiança; com isso, observa-se que todos os tratamentos gastam aproximadamente 2,6 dias para mineralizar metade do carbono potencialmente mineralizável.

No modelo Juma, considerando os intervalos de confiança para a estimativa do parâmetro C_0 em todos os tratamentos, nota-se que houve sobreposição, sendo assim, todos os tratamentos apresentaram a mesma quantidade de carbono potencialmente mineralizável. Apesar da quantidade de carbono adicionada ser diferente, apenas esse fator não explica totalmente a complexidade existente no ecossistema solo, em que diversos outros fatores como a relação C:N e a forma do íon N podem acelerar ou não a mineralização do carbono pelos microrganismos (FERNANDES et al., 2011). Houve sobreposição entre os intervalos de confiança do parâmetro tempo de meia vida (v) em todos os tratamentos do modelo, indicando que todos os tratamentos gastam aproximadamente 3 dias para decompor metade do carbono potencialmente mineralizável, assim como no modelo Stanford e Smith.

De maneira geral, todos os modelos obtiveram ótimos ajustes em todos os tratamentos, pois os valores do coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) foram acima de 94% (TABELA 3). Os ajustes podem ser observados nas Figuras de 1 a 4. No ajuste dos modelos não lineares, Stanford e Smith e Cabrera, na mineralização de carbono de dejetos de suínos e palha de aveia no solo, Silva et al. (2019a) obtiveram valores de R^2_{aj} maiores que 0,97, indicando que os modelos descrevem adequadamente os dados. Na dose 0 o único modelo que descreveu a mineralização de carbono foi o Juma. Nas doses 7,5 e 15,0 o modelo que melhor descreveu a mineralização de carbono é o Stanford e

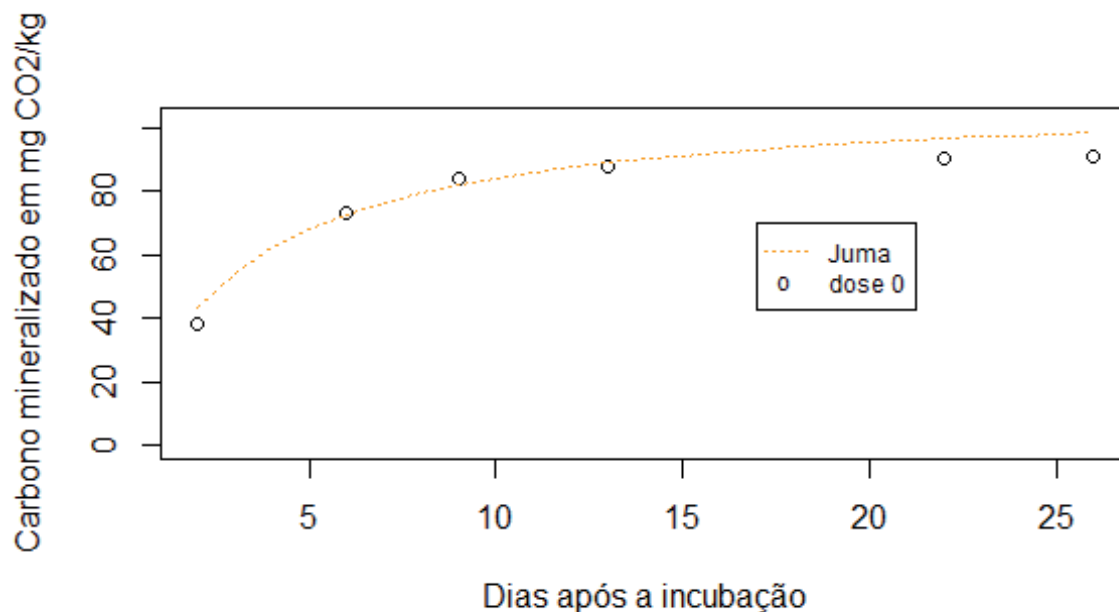
Smith que apresenta os menores valores de AIC e os maiores valores de R^2_{aj} em relação ao modelo Juma. E na dose 30,0 o modelo que melhor descreveu a mineralização de carbono foi o Cabrera por apresentar o menor AIC e maior R^2_{aj} seguido pelo modelo Stanford e Smith e Juma respectivamente.

Tabela 3 – Estimativas dos critérios de seleção: coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) e critério de Informação de Akaike (AIC), para os modelos ajustados na descrição do carbono mineralizado, em $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1}$, dos tratamentos analisados.

Tratamento	Modelo	Critério de seleção	
		R^2_{aj}	AIC
Dose 0	Stanford e Smith	0,9993	12,4458
	Cabrera	0,9992	14,1103
	Juma	0,9482	39,5166
Dose 7,5	Stanford e Smith	0,9988	16,9311
	Cabrera	0,9995	11,0225
	Juma	0,9701	36,9607
Dose 15,0	Stanford e Smith	0,9997	7,1026
	Cabrera	0,9997	8,7364
	Juma	0,9544	39,6909
Dose 30,0	Stanford e Smith	0,9998	7,1097
	Cabrera	0,9999	1,5950
	Juma	0,9610	37,3420

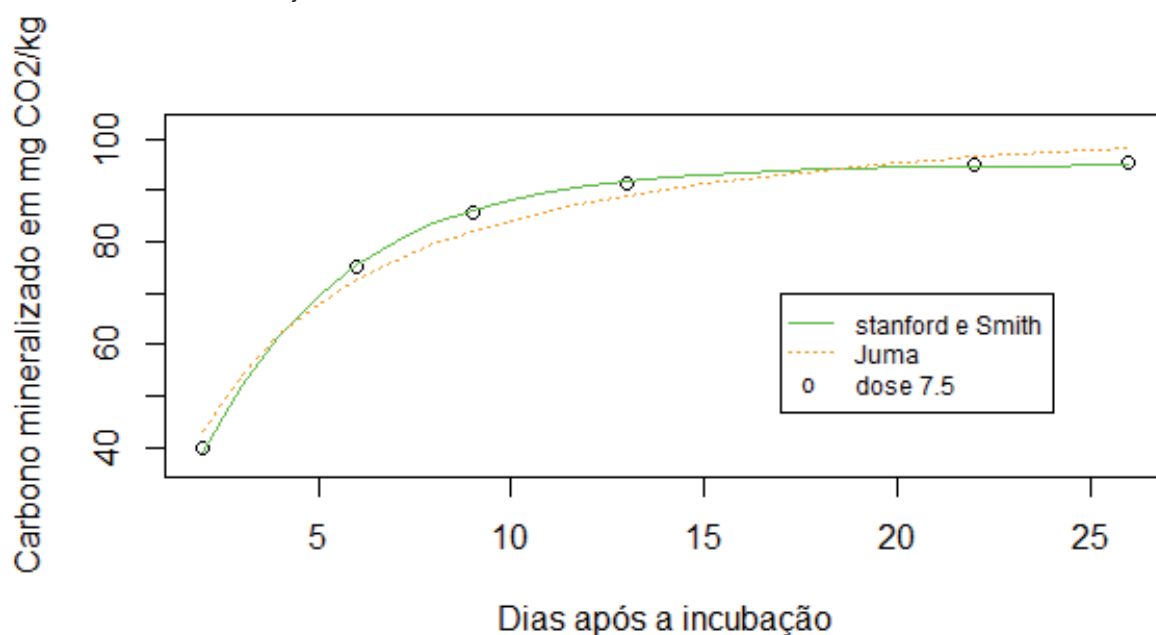
Fonte: Elaboração dos autores (2019).

Figura 1 – Modelo ajustado à mineralização de carbono, em $\text{mg de CO}_2 \text{ kg}^{-1}$, em função do tempo de incubação, na dose $0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de dejetos de suínos.



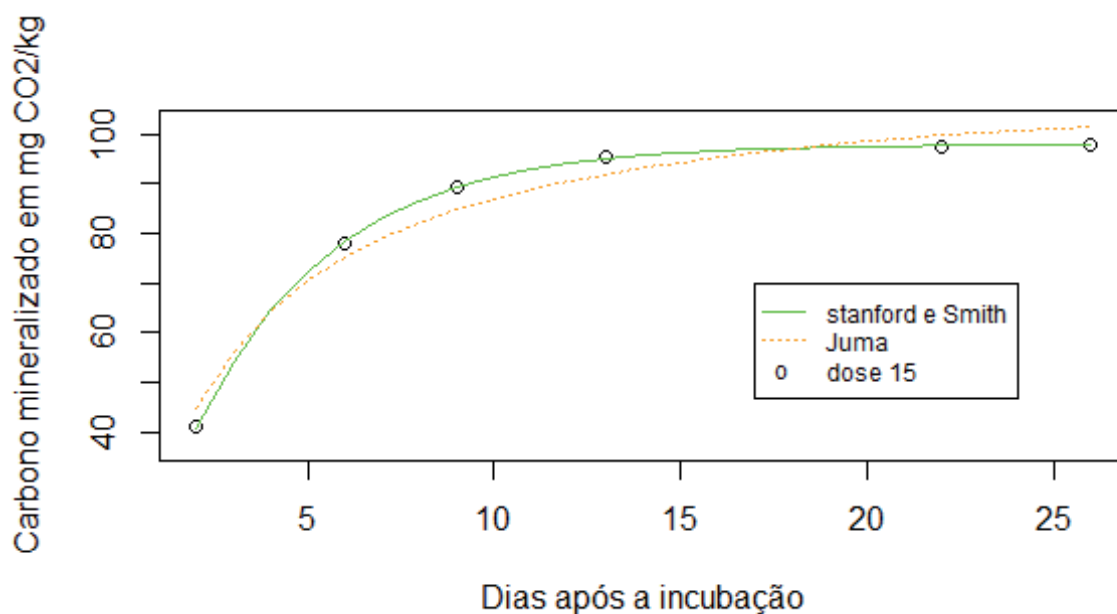
Fonte: Elaboração dos autores (2019).

Figura 2 – Modelo ajustado à mineralização de carbono, em mg de CO₂ kg⁻¹, em função do tempo de incubação, na dose 7.5 m³ ha⁻¹ de dejetos de suínos.



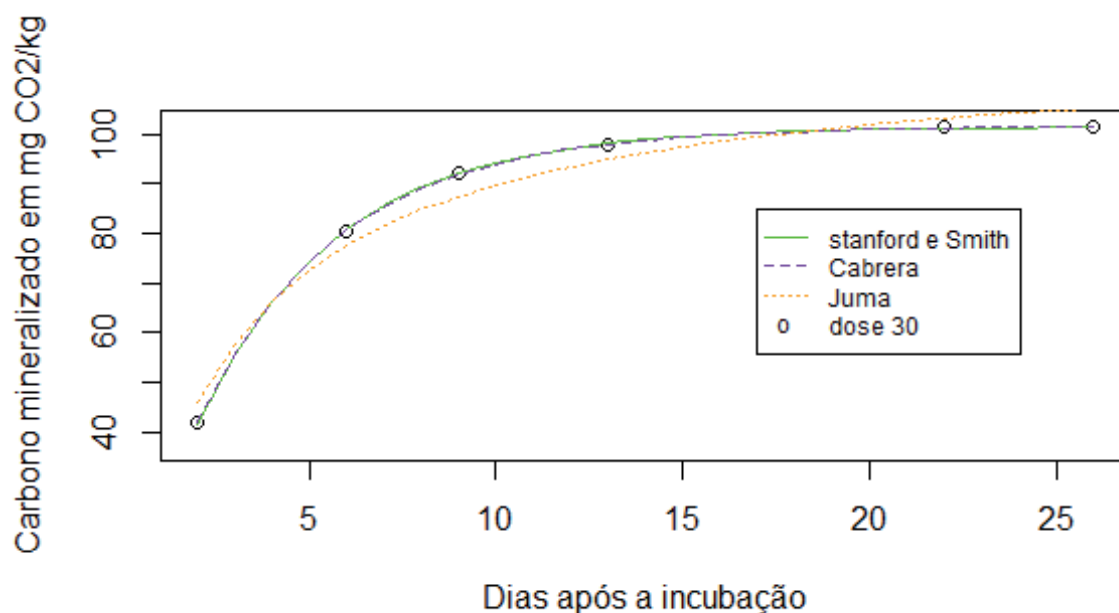
Fonte: Elaboração dos autores (2019).

Figura 3 – Modelo ajustado à mineralização de carbono, em mg de CO₂ kg⁻¹, em função do tempo de incubação, na dose 15,0 m³ ha⁻¹ de dejetos de suínos.



Fonte: Elaboração dos autores (2019).

Figura 4 – Modelo ajustado à mineralização de carbono, em mg de CO₂ kg⁻¹, em função do tempo de incubação, na dose 30,0 m³ ha⁻¹ de dejetos de suínos.



Fonte: Elaboração dos autores (2019).

Conclusões

O modelo Juma foi o mais adequado na descrição da mineralização do carbono no tratamento de dose 0 m³ha⁻¹, desta forma, esse tratamento apresenta apenas uma fração de carbono que é mineralizável.

O modelo Stanford e Smith foi melhor na descrição da mineralização do carbono em dois tratamentos, nas doses 7,5 m³ ha⁻¹ e 15 m³ ha⁻¹, ou seja, esses tratamentos apresentaram apenas frações de carbono que são mineralizados exponencialmente.

O modelo Cabrera foi o mais adequado para descrever a mineralização de carbono no tratamento de dose 30,0 m³ ha⁻¹, portanto, esse tratamento certamente apresenta frações de carbono mineralizáveis com comportamento exponencial e frações mais resistentes, com mineralização constante.

Comparison of nonlinear models for the description of carbon mineralization in soils treated with pig slurry

Abstract

One of the strategies to reduce environmental impacts caused by pig slurry is its application to soils for agricultural productions. Carbon mineralization curves can be used to determine the best periods for the use of organic matter for an adequate management of soils and growing plants. The objective of this study was to evaluate the fit of nonlinear models for soil carbon mineralization. The experiment was conducted using a randomized block design with four replications and four treatments. The treatments consisted of monthly applications of pig slurry at rates of 0, 7.5, 15.0, and 30.0 m³ ha⁻¹ of pig slurry.

Soil samples were collected and incubated for 26 days; then, seven observations of mineralized carbon volume were made over time. The description of the carbon mineralization followed the Stanford and Smith, Cabrera, and Juma models, considering the structure of autoregressive errors AR (1), when necessary; the fits were compared using the Akaike Information Criterion (AIC). The description of carbon mineralization in the treatments by nonlinear models was, in general, adequate. Juma was the most adequate model to describe the treatment with rate of 0. Stanford and Smith was the most adequate model to describe the treatments with rates of 7.5 and 15.0 m³ ha⁻¹. Cabrera was the most adequate model to describe the treatment with rate of 30.0 m³ ha⁻¹.

Keywords: Organic waste. Stanford and Smith model. Cabrera model. Juma model.

Referências

BARRETO, P. A. B.; RODRIGUES, E. F. G.; RODRIGUES, A. C. G.; BARROS, N. F.; ALVES, B. J. R.; FONSECA, S. Mineralização de nitrogênio e carbono em solos sob plantações de eucalipto, em uma sequência de idades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 735-745, jun. 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832010000300015&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 14 jan. 2019.

BISON PINTO, M. A.; FABBRIS, C.; BASSO, C. J.; SANTI, A. L.; GIROTTO, E. Aplicação de dejetos líquido de suínos e manejo do solo na sucessão aveia/milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 2, p. 205-212, abr./jun. 2014. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/25759/16779>. Acesso em: 14 jan. 2019.

CABRERA, M. L. Modeling the flush of nitrogen mineralization caused by drying and rewetting soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 57, p. 63-66, 1993.

CADONÁ, E. A. **Contaminação da água pelo uso agrícola de dejetos de suínos na bacia hidrográfica rio coruja/bonito, braço do Norte/SC**. 2017. 127 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

CARNEIRO, A. P. S.; MUNIZ, J.A; CARNEIRO, P.L.S; MALHADO, C.H.M.M; MARTINS FILHO, R.; SILVA, F.F. Identidade de modelos não lineares para comparar curvas de crescimento de bovinos da raça Tabapuã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n. 1, p. 57-62, 2014. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/18183>. Acesso em: 14 jan 2019.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Análise mensal de carne suína**, dezembro/2017, 5 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-carne-suina>. Acesso em: 14 jan 2020.

DRAPER, N. R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. 3rd ed., reprint. New York: J. Wiley; 2014.

FERNANDES, A. H. B. M.; CARDOSO, M. A.; SOUZA, R. A. C.; FERNANDES, F. A.; SOARES, M. T. S.; CRISPIM, S. M. A.; GALVANI, F.; LISITA, F. O. **Nitrificação e Mineralização de Carbono em Solos Tratados com Dejetos de Suínos Biodigeridos**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2011.

FURTADO, T. D. R.; MUNIZ, J. A.; SILVA, E. M.; FERNANDES, J. G. Drying kinetics of jaboticaba pulp by regression models. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 41, n. 1, p. e-097, 2019.

GUEDES, M. H. P.; MUNIZ, J. A.; PEREZ, J. R. O.; SILVA, F. F.; AQUINO, L. H.; SANTOS, C. L. Estudo das curvas de crescimento de cordeiros das raças Santa Inês e Bergamácia considerando Heterogeneidade de variâncias. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 2, p. 381-388, mar./abr. 2004. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542004000200019&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 15 jan. 2019.

GUIMARÃES, D. D.; AMARAL, G. F.; MAIA, G. B. S.; LEMOS, M. L. F.; ITO, M.; CUSTODIO, S. **Suinocultura: estrutura da cadeia produtiva, panorama do setor no brasil e no mundo e o apoio do BNDES**. Agroindústria, 2017.

JUMA, N. G.; PAUL, E. A.; MARY, B. Kinetic analysis of net mineralization in soil. **Soil Science Society of America Journal**, v. 48, p. 465-472, 1984.

MARTINES, A. M.; ANDRADE, C. A.; CARDOSO, E. J. B. N. Mineralização do carbono orgânico em solos tratados com lodo de curtume. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 7, p. 1149-1155, jul. 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2006000700011&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 14 jan. 2019.

MAZZINI, A. R. A.; MUNIZ, J. A.; AQUINO, L. H.; SILVA, F. F. Análise da curva de crescimento de machos Hereford. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 5, p. 1105-1112, 2003.

MENDES, P. N.; MUNIZ, J. A.; SILVA, F. F.; MAZZINI, A. R. A. Modelo Logístico difásico no estudo do crescimento de fêmeas da raça Hereford. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 7, p. 1984-1990, 2008.

MUIANGA, C. A.; MUNIZ, J. A.; NASCIMENTO, M. S.; FERNANDES, T. J.; SAVIAN, T. V. Descrição da curva de crescimento de frutos do cajueiro por modelos não lineares. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 38, n. 1, p. 22-32, 2016.

MUNIZ, J. A.; NASCIMENTO, M. S.; FERNANDES, T. J. Nonlinear models for description of cacao fruit growth with assumption violations. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 1, p. 250-257, 2017.

PEREIRA, J. M.; MUNIZ, J. A.; SILVA, C. A. Nonlinear models to predict nitrogen mineralization in an Oxisol. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 4, p. 395-400, ago. 2005. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162005000400014&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 15 jan. 2019.

PEREIRA, J. M.; MUNIZ, J. A.; SAFADI, T.; SILVA, C. A. Comparação entre modelos para predição do nitrogênio mineralizado: uma abordagem bayesiana. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 33, p. 1792-1797, 2009.

PEREIRA, M. S. **Avaliação das taxas de mineralização de carbono e nitrogênio do composto orgânico proveniente de carcaça e despojo de pequenos ruminantes**. 2014. 48 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

PRADO, T. K. L.; SAVIAN, T. V.; MUNIZ, J. A. Ajuste dos modelos Gompertz e Logístico aos dados de crescimento de frutos de coqueiro anão verde. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 5, p. 803-809, maio 2013.

RIBEIRO, T. D.; SAVIAN, T. V.; FERNANDES, T. J.; MUNIZ, J. A. The use of the nonlinear models in the growth of pears of 'Shinseiki' cultivar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 48, n. 1, e20161097, jan. 2018 (a). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20161097>. Acesso em: 16 jan. 2019.

RIBEIRO, T. D.; PACOPAHYBA, R. W. M.; MORAIS, A. R.; MUNIZ, J. M. Description of the growth of pequi fruits by nonlinear models. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 40, n. 4, p. e-949, 2018 (b). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452018949>. Acesso em: 16 jan. 2019.

SAVIAN T. V.; MUNIZ, J. A. A Study of in situ degradability: Heterogeneity of variances and correlated errors. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 64, p. 548-554, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590%2Fs0103-90162007000500013>. Acesso em: 16 jan. 2019.

SILVA, D. A. P. **Mineralização da matéria orgânica de lodo aplicado no solo e produtividade do capim-tifton 85**. 2017. 92 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SILVA, D. M.; ANTONIOLLI, Z. I.; JACQUES, R. J. S.; SILVEIRA, A. O.; SILVA, D. A. A.; RACHE, M. M.; PASSOS, V. H. G.; SILVA, B. R. Indicadores Microbiológicos de Solo em Pastagem com Aplicação Sucessiva de Dejetos de Suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 6, p. 1585-1594, dez. 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832015000601585&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 14 jan. 2019.

SILVA, E. M.; RIBEIRO, T. D.; FERNANDES, J. G.; MUNIZ, J. A. Descrição da mineralização do carbono de dejetos de suíno e palha de aveia no solo por modelos não lineares. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 11, p. 210-225, 2019a. Disponível em: https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/1299/pdf_1. Acesso em: 14 jan. 2020

SILVA, E. M.; SILVEIRA, S. C.; RIBEIRO, T. D.; MUNIZ, J. A. Descrição da decomposição do lodo de esgoto e palha de aveia por modelos não lineares. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 11, p. 153-164, 2019b. Disponível em: https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/1287/pdf_1. Acesso em: 14 jan. 2020

SILVEIRA, S. C.; MUNIZ, J. A.; SOUSA, F. A.; CAMPOS, A. T. Modelos não lineares ajustados à produção acumulada de biogás provenientes de camas sobrepostas de suínos. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 10, n. 3, p. 91-103, jul./set. Disponível em: <https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/1168>. Acesso em: 14 jan. 2019.

STANFORD, G.; SMITH, S. J. Nitrogen mineralization potentials of soil. **Soil Science Society of America Journal**, v. 36, p. 465-471, 1972.

SOUSA, I. F.; KUNZLE NETO, J. E.; MUNIZ, J. A.; GUIMARÃES, R. M.; SAVIAN, T. V.; MUNIZ, F. R. Fitting nonlinear autoregressive models to describe coffee seed germination. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, p. 2016-2021, 2014.

ZEVIANI, W. M.; SILVA, C. A.; CARNEIRO, W. J. O.; MUNIZ, J. A. Modelos não lineares para a liberação de potássio de esterco animal em latossolos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 10, p. 1789-1796, out., 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v42n10/a28712cr3006.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2019.

Submetido em: 27/02/2019

Aceito em: 10/05/2019