

PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA ECONÔMICA DA ABOBRINHA ITALIANA EM FUNÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO VIA FERTIRRIGAÇÃO

Nelson Licínio Campos de Oliveira; Mário Herval César Júnior;
Rodrigo Amato Moreira; Ednaldo Liberato de Oliveira

Nelson Licínio Campos de Oliveira

nelson.oliveira@ifnmg.edu.br

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG)

- Campus Januária, Brasil

Mário Herval César Júnior

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG)

- Campus Januária, Brasil

Rodrigo Amato Moreira

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG)

- Campus Januária, Brasil

Ednaldo Liberato de Oliveira

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG)

- Campus Januária, Brasil

Revista Ciência Agrícola

Universidade Federal de Alagoas, Brasil

ISSN: 0103-8699

ISSN-e: 2447-3383

Periodicidade: Cuatrimestral

vol. 20, núm. 3, 2022

ciencia.agricola.ceca@gmail.com

Publicado: 29 Dezembro 2022

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/208/2084076001/>

DOI: <https://doi.org/10.28998/rca.v20i3.13146>

Autor correspondente: nelson.oliveira@ifnmg.edu.br

Resumo: A abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) é uma das culturas de grande importância para o mercado das olerícolas no Brasil, apresenta uma boa aceitação pelo mercado consumidor e possui um alto valor econômico. O nitrogênio é um dos nutrientes mais requeridos pela planta, sendo que o aumento das doses de forma adequada proporciona aumento da área foliar e produção de frutos. Existe evidências de que elevados níveis de fertilizantes nitrogenados atrasam a produção. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses de nitrogênio aplicado via fertirrigação, no desempenho agrônomico da cultura da abobrinha italiana, na estação de inverno em Januária (MG). O experimento foi conduzido na Unidade de Olericultura do Instituto Federal de Educação e Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais (IFNMG) – campus Januária, no período de 10/07/2019 a 19/09/2019, em sistema convencional de cultivo em ambiente aberto, sendo constituído de cinco tratamentos, conduzido no delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos constituíram de cinco doses (0; 60; 120; 240 e 480 kg ha⁻¹) de N sendo o fertilizante utilizado o nitrato de cálcio. Durante o experimento foram avaliados o número de folhas, área foliar, altura da planta, massas secas de limbo, pecíolo, caule, número de frutos e produtividade. A dose que proporcionou maior produtividade para a cultura foi de 341,79 kg ha⁻¹ de N, resultando em uma produtividade de 57.537,93 kg ha⁻¹, e a dose de máxima eficiência econômica de N foi de 326,64 kg ha⁻¹, resultando em uma produtividade de frutos de 57.467,46 kg ha⁻¹.

Palavras-chave: *Cucurbita pepo* L, adubação, nitrato de cálcio.

Abstract: The Italian zucchini (*Cucurbita pepo* L.) is one of the crops of great importance for the vegetable market in Brazil, has a good acceptance by the consumer market and has a high economic value. Nitrogen is a nutrient that limit crop production, that is required in greater quantity by most plants. The objective of this study was to evaluate the effect of different doses of nitrogen applied via fertigation, on the agronomic performance of the Italian zucchini crop, in the winter season in Januária, Minas Gerais, Brazil. The experiment was conducted at the Horticulture Unit of the Federal Institute of Education and Science and Technology of Northern Minas

Gerais (IFNMG) - Januária Campus, from 07/10/2019 to 09/19/2019, in a conventional cultivation system in open environment, consisting of five treatments, conducted in a randomized block design with four replications. The treatments consisted of five doses of N (0, 60, 120, 240 and 480 kg ha⁻¹), with calcium nitrate used. During the experiment, the number of leaves, leaf area, plant height, blade dry mass, petiole, stem, number of fruits and yield were evaluated. The dose that provided the highest yield for the crop was 341.79 kg ha⁻¹ of N, resulting in a yield of 57,537.93 kg ha⁻¹, and the dose of maximum economic efficiency of N was 326.64 kg ha⁻¹, resulting in a fruit yield of 57,467.46 kg ha⁻¹.

Keywords: *Cucurbita pepo* L, fertilization, calcium nitrate.

INTRODUÇÃO

A cultura da abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) também chamada de abobrinha de tronco e abobrinha de moita possuem frutos com formato cilíndrico alongado, peso médio de 0,5 kg, comprimento de 15 a 25 cm e diâmetro de 4 a 6 cm, sua casca é de cor verde-claras, com listras ou manchas escuras (Lopes et al., 2017). A cultura é de grande importância para o mercado das olerícolas no Brasil, pois além de representar uma opção produtiva para o ano todo aos produtores apresenta uma boa aceitação pelo mercado consumidor e possui um alto valor econômico (Azambuja, 2015).

A produção de hortaliças no município de Januária, região Norte de Minas Gerais, é realizada em maior quantidade por pequenos produtores. O clima quente do município, caracterizado com tropical semiárido, é o ideal para o cultivo das cucurbitáceas, dentre elas a abobrinha italiana, possibilitando aos produtores uma boa produtividade e uma boa qualidade dos frutos (Madeira e Amaro, 2017). O rendimento de uma cultura agrícola está intimamente ligado a fatores como solo, clima, planta e disponibilidade de nutrientes no solo (Franco e Delgado, 2022). Em ambientes que promovem a síntese de carboidratos tendem a favorecer a expressão de flores femininas, entretanto em condições que aceleram o crescimento do caule em extensão e reduzem a síntese de carboidratos, tais como alta temperatura, baixa irradiância, altos níveis de nitrogênio e espaçamentos reduzidos aumentam a tendência de produção de flores masculina no gênero *cucurbita* (Puiatti e Silva, 2019). Dentre esses fatores a disponibilidade de nutrientes pode ser um fator muito limitante para a cultura da abobrinha italiana, fator este que pode ser minimizado por uma boa prática de adubação.

Uma das formas de adubação muito eficiente é a fertirrigação, que consiste em aplicar a água e nutrientes de forma parcelada aos cultivos, proporcionando um fornecimento de nutrientes mais acessíveis as plantas, e possibilitando mais rapidamente o atendimento das necessidades nutricionais da planta (Nascimento et al., 2018). O nitrogênio (N), em geral, é o nutriente mais requerido pelos vegetais e o mais limitante em relação ao crescimento (Souza et al., 2015). Doses de nitrogênio (0; 50; 100; 200 e 400 kg ha⁻¹) foram testadas por Porto et al. (2012), para se obter uma maior produtividade, onde se observou a máxima eficiência econômica de N para a produtividade da cultura da abobrinha foi de 322 kg de N ha⁻¹, com produtividade de frutos de aproximadamente 29,86 t ha⁻¹. Outro fator importante que deve ser observado é a escolha da fonte de nitrogênio para o fertilizante, sendo que as formas de N, nitrato (NO₃), amônio (NH₄) e amida (NH₂),

AUTOR NOTES

nelson.oliveira@ifnmg.edu.br

diferem em relação aos custos, ao potencial de lixiviação, acidificação no solo, volatilização e absorção pelas plantas (Marouelli et al., 2014).

As fontes nitrogenadas para uso em fertirrigação são: amoniacais (ex. sulfato de amônio), amídicas (ex. ureia) e nítricas (ex. nitrato de cálcio). O nitrato de cálcio (15-16% de N e 19% de Ca), apresenta-se como fonte alternativa de N nas fases de alta demanda das culturas por cálcio, nas situações em que o teor de Ca no solo está baixo e também na existência de demanda por N, com a vantagem sobre as demais fontes de cálcio é sua solubilidade em água, possibilitando a aplicação via fertirrigação (Pinto, 2021).

O nitrato de cálcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) destaca-se entre os fertilizantes nitrogenados mais utilizados na fertirrigação (Costa et al., 2015). No caso da adubação nitrogenada as vantagens são muitas, como a aplicação de forma parcelada mantendo o nutriente sempre disponível a planta, e a redução das perdas do nitrogênio por meio da volatilização e lixiviação (Reetz, 2017).

Diante disso, o trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes doses de nitrogênio aplicado via fertirrigação, no desempenho agrônômico da cultura da abobrinha italiana, na estação de inverno em Januária (MG).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Unidade de Olericultura do Instituto Federal de Educação e Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais (IFNMG) – Campus Januária, no período de 10/07/2019 a 19/09/2019, em sistema convencional de cultivo em ambiente aberto. O município de Januária localiza-se no Norte de Minas Gerais, a 15° 26' 56" de latitude Sul e 44° 22' 06" de longitude Oeste a uma altitude média de 478 m. A precipitação média anual é de 939,4 mm, sendo a umidade relativa média 60% e temperatura média anual de 27°C (INMET, 2018).

Durante o período experimental foram registradas as temperaturas do ar máxima, média e mínima; e umidade do ar, conforme dados do INMET- Instituto Nacional de Meteorologia. O experimento foi realizado em um período com baixas precipitações, durante a execução do mesmo houve somente uma precipitação de 1,8 mm no 15º dia após a semeadura. Antes da implantação do experimento, foi feita a amostragem de solo nas profundidades (0-0,20 m) para a caracterização química (Tabela 1).

TABELA 1
Valores das análises química e física de amostra do solo. Januária MG, IFNMG, 2019

Características Químicas	Valores
pH em água	7,5
M.O (dag kg ⁻¹)	1,30
Carbono Org. (dag kg ⁻¹)	0,76
P Mehlich (mg dm ⁻³)	290,00
P remanescente (mg L ⁻¹)	44,30
K (mg dm ⁻³)	46
Ca (cmolc dm ⁻³)	4,00
Mg (cmolc dm ⁻³)	1,24
Al (cmolc dm ⁻³)	0,00
H + Al (cmolc dm ⁻³)	0,68
SB (cmolc dm ⁻³)	5,36
t (cmolc dm ⁻³)	5,36
m (%)	0
T (cmolc dm ⁻³)	6,04
V (%)	89
B (mg/dm ⁻³)	-
Zn (mg/dm ⁻³)	11,0
Fe (mg/dm ⁻³)	29,2
Mn (mg/dm ⁻³)	59,5
Cu (mg/dm ⁻³)	0,8
Características Físicas	Valores
Areia grossa (dag kg ⁻¹)	42,20
Areia fina (dag kg ⁻¹)	37,80
Silte (dag kg ⁻¹)	8,00
Argila (dag kg ⁻¹)	12,00
Classificação	Arenoso

Fonte: Laboratório de análise de solos IFNMG – Campus Januária

A partir da análise do solo não se constatou necessidade da realização da calagem, em função da metodologia utilizada no estado de Minas Gerais de neutralização do alumínio e da elevação dos teores de cálcio e magnésio. A recomendação de adubação das doses de fósforo e potássio para o ciclo da cultura foram de (40 kg ha⁻¹) e (60 kg ha⁻¹) respectivamente, e para o nitrogênio as doses variam de (0 a 480 kg ha⁻¹).

No ato da adubação de plantio foi utilizado somente o fósforo utilizando o fertilizante superfosfato simples (18 % P₂O₅ solúvel em (CNA + H₂O); 15 % P₂O₅ solúvel em H₂O; 19 % de Ca; Mg 1% e 8 % de S) e em cobertura potássio e nitrogênio, através dos fertilizantes cloreto de potássio (57 % de K₂O) e nitrato de cálcio (15,5 de N; 18% de Ca), respectivamente, via fertirrigação, parceladas em 4 (quatro) vezes, sendo a primeira aplicação aos 15 dias após semeadura e as demais espaçadas em 10 dias uma da outra (15, 25, 35, 45 dias após plantio). O parcelamento da adubação potássica foi realizado em quatro parcelas iguais, sendo aplicados 15 kg ha⁻¹ de K₂O por parcela, juntamente com o adubo nitrogenado.

Aos 30 dias antes da semeadura realizou-se o preparo do solo, que consistiu de uma aração e uma gradagem para o nivelamento. O manejo cultural foi realizado de acordo com os tratos culturais preconizados para a agricultura convencional.

Para o controle das plantas daninhas foram realizadas capinas ao longo de todo experimento. Para o controle das pragas, vaquinha, pulgão e mosca branca, foi realizada uma aplicação do inseticida Evidence® e outra com o inseticida Karate®. Como medida preventiva para o controle de oídio foi realizado uma aplicação do fungicida Score®.

A cultivar utilizada foi a “Caserta”, da empresa ISLA. O plantio foi realizado no dia 10/07/2019 semeando três sementes por cova, com linhas espaçadas 1,0 m entre si, espaçamento entre plantas de 0,6 m e a profundidade de semeadura de 0,05 m. Após a semeadura, foi realizada uma irrigação inicial, de acordo com

o manejo da irrigação, fazendo com que o solo atinja à capacidade de campo. Aos dez dias após a emergência foi realizado o desbaste, deixando uma planta por cova.

O experimento foi constituído de cinco tratamentos, conduzido no delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos constituíram de cinco doses (0; 60; 120; 240 e 480 kg ha⁻¹) de N com quatro repetições, o fertilizante utilizado foi o nitrato de cálcio, aplicados via fertirrigação, parceladas em quatro vezes, sendo a primeira aplicação aos 15 dias após semeadura e as demais espaçadas em 10 dias uma da outra (15, 25, 35, 45 dias após semeadura).

A unidade experimental foi constituída por quatro fileiras longitudinais de 2,40 m de comprimento, com espaçamento de 0,60 m entre plantas e 1,0 m entre linhas, totalizando 16 plantas por parcela; a área útil foi constituída por quatro plantas centrais das duas fileiras centrais.

A fertirrigação foi realizada utilizando um regador de crivo fino com capacidade de 10 litros, a solução foi aplicada sobre as plantas. As doses de nitrogênio foram diluídas de acordo com o manejo da irrigação, e o volume da calda em conformidade com a evapotranspiração do dia (Tabela 2). As aplicações foram realizadas a partir das 16h 00 min, e neste dia a irrigação foi suspensa retornando após 24 horas da aplicação das doses de nitrogênio.

TABELA 2
Volume de solução aplicada por parcela em função da evapotranspiração da cultura (ETc), concentração de solução de nitrato de cálcio, aplicado por parcela, nas doses de Nitrogênio (Kg/ha). Januária MG, IFNMG, 2019

Dias após plantio (DAP)	ETc	Volume(L) de solução aplicada por parcela.	Concentração de solução (g /L) de Nitrato de cálcio, aplicado por parcela, nas doses de Nitrogênio (Kg/ha).				
			0*	60	120	240	480
15	2,1	20,1	-	4,6	9,24	18,49	37,00
25	9,0	86,0	-	1,08	2,16	4,32	8,64
35	10,4	99,8	-	0,93	1,86	3,72	7,44
45	11,3	108,4	-	0,85	1,71	3,42	6,85

* somente água da irrigação

A colheita manual foi realizada entre os dias 42 e 71 dias após a semeadura. Para a avaliação de produção foram colhidos os frutos imaturos com comprimento variando entre 17 a 23 cm. As colheitas foram realizadas de dois em dois dias e foram encerradas quando as plantas iniciaram a paralisação do desenvolvimento vegetativo e não produziam mais frutos com padrão comercial. Foram coletados somente os frutos das quatro plantas centrais de cada parcela.

O sistema de irrigação utilizado foi o de aspersão convencional fixo. Foram utilizados valores variáveis de coeficiente de cultura (Kc), distribuídos em quatro períodos compreendidos entre a emergência e a colheita com duração em dias descrita por Delfim e Mauch (2017), considerando o valor máximo do Kc = 1,0 (Allen et al. 1998) conforme apresentado na (Tabela 3).

TABELA 3
Fases de fenológicas, duração em dias e o coeficiente de cultura em cada fase (Kc). Januária MG, IFNMG, 2019

Fases fenológicas	I	II	III	IV
Duração / Dias	11	10	19	21
Kc	0,50	0,75	1,0	0,80

I - crescimento vegetativo, II - Florescimento e início da frutificação, III - plena frutificação e IV - colheita. Fonte: Delfim e Mauch (2017), Allen et al. (1998)

Anteriormente ao plantio foi realizado o teste de eficiência do sistema de irrigação, para a obtenção dos dados em campo, utilizou-se a metodologia estabelecida por Bernardo et al. (2006), a qual consiste na distribuição de um conjunto de coletores (pluviômetros), equidistantes, em torno de um aspersor o qual foi testado, formando um quadrante. Também foram realizados testes de pressão, com o auxílio de um manômetro de Bourdon e vazão dos aspersores (Tabela 4).

TABELA 4
Pressão de serviço (P), vazão média dos aspersores (Q), intensidade média de aplicação pelo aspersor (IA), eficiência de aplicação (EA). Januária MG, IFNMG, 2019.

P (bar)	Q (L/h)	IA (mm/h)	EA
2,5	681,33	3,15	65%

A evapotranspiração de referência foi determinada pela expressão $ET_o = K_p ECA$ (mm dia^{-1}), em que ET_o é a evapotranspiração de referência em mm dia^{-1} ; ECA evaporação do tanque Classe A em mm dia^{-1} , e K_p é o coeficiente do tanque Classe A.

A evaporação de água (ECA) foi obtida diariamente do tanque Classe A instalado na estação meteorológica do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais - IFNMG, Campus Januária - MG, distante aproximadamente 400 m do local do experimento. O coeficiente do tanque Classe A (K_p) foi o proposto por Doorenbos e Pruitt (1977), o qual é função da área circundante, velocidade do vento e umidade relativa do ar.

A ET_c foi determinada pela expressão $ET_c = K_c \times ET_o$, em que ET_c é a evapotranspiração da cultura em mm dia^{-1} ; ET_o a evapotranspiração de referência em mm dia^{-1} , e K_c é o coeficiente de cultura.

A evapotranspiração de referência (ET_o) média ao longo do experimento foi de $5,98 \text{ mm dia}^{-1}$ e a evapotranspiração da cultura (ET_c), apresentou média diária de $5,0 \text{ mm}$, sendo que a ET_c acumulada aos 71 dias da cultura no campo foi de $355,22 \text{ mm}$. A lâmina total de água (precipitação pluviométrica + irrigação) aplicada durante o experimento foi de $577,25 \text{ mm}$, com precipitação pluviométrica equivalente a $1,8 \text{ mm}$.

Nos primeiros 11 dias após plantio foram realizadas irrigações diárias, visando manter o solo sempre próximo da capacidade de campo. A partir do 12º dia foram realizadas irrigações com turno de rega de dois dias. Durante o florescimento todas as irrigações foram realizadas no turno da tarde, evitando o molhamento do pólen, visando propiciar um melhor ambiente para a polinização das flores no turno da manhã.

Foram avaliadas as seguintes variáveis agrônômicas e comerciais 71 DAS:

- Número de folhas (NF): através da contagem de todas as folhas, incluindo as secas, considerando as folhas totais desde o colo da planta até o ponteiro.

- Área foliar (AF): Foram retiradas três folhas em diferentes fases de desenvolvimento. Destas folhas, foram retirados três discos do limbo foliar, com o auxílio de um disco de metal. Estes foram secados em estufa, e a área foliar foi determinada pela seguinte equação:

$$AF = ND \cdot AD \cdot MSL / MSD$$

Em que AF = área foliar da planta em (cm^2)

ND = número de discos amostrados;

AD = área do disco (cm^2);

MSL = massa da matéria seca do limbo foliar (g);

MSD = massa da matéria seca dos discos (g).

- Altura da planta (AP): determinada com auxílio de uma régua, medindo-se a planta do colo até o ponteiro.

- Massa de matéria seca de limbo (MSL): obtida após secagem em estufa, com ventilação forçada a 65° C, até massa constante, expressa em g por planta.
- Massa de matéria seca de pecíolo (MSP): obtida após secagem em estufa, com ventilação forçada a 65° C, até massa constante, expressa em g por planta.
- Massa de matéria seca de caule (MSC): obtida após secagem em estufa, com ventilação forçada a 65° C, até massa constante, expressa em g por planta.
- Número de frutos (NFP): obtido através de contagem manual, de acordo com o padrão de qualidade mínima, sendo descartados: fermento, fruto passado, podridão, danos por praga, virose e/ou murcho.
- Produtividade (PROD): multiplicando-se o número de frutos colhidos pela massa do fruto por planta e por tratamento. De posse da produtividade por planta e por tratamento, esta foi multiplicada pelo número de plantas por hectare para obtenção da produtividade (kg ha⁻¹).
- Máxima eficiência econômica de N (MEC): a dose de máxima eficiência econômica de N foi calculada igualando-se a derivada primeira da equação de regressão referente à produtividade de frutos de abobrinha (Tabela 5) em função das doses de N à relação entre preços do insumo (R\$ kg⁻¹ de N) e do produto (R\$ kg⁻¹ de frutos de abobrinha). A fórmula obtida para a determinação da dose de máxima eficiência econômica de N foi:

$$\text{Dose de N} = (209,7928 - Y) / 2 \times 0,3069$$

TABELA 5

Equações de regressão para número de folhas (NF), área foliar (AF), massa seca de limbo (MSL), massa seca de pecíolo (MSP), massa seca de caule (MSC), altura de planta (ALT), número de frutos (NFP) e produtividade (PROD) de abobrinha italiana em função das doses de nitrogênio (0, 60, 120, 240, 480 kg N ha⁻¹) utilizando o fertilizante nitrato de cálcio. Januária - MG. IFNMG – 2019

Variável	Equação	R ²	Dose	ŷ máx
NF	$\hat{y} = 23,12 + 0,0714x^{**} - 0,000099x^{2*}$	0,99	360,52	35,98
AF	$\hat{y} = 1.870,83 + 63,5001x^{**} - 0,1023x^{2**}$	0,99	310,36	11.724,85
MSL	$\hat{y} = 22,51 + 0,4723x^{**} - 0,0006x^{2*}$	0,99	393,58	92,94
MSP	$\hat{y} = 6,04 + 0,2455x^{**} - 0,0003x^{2**}$	0,99	409,17	56,26
MSC	$\hat{y} = 5,71 + 0,1379x^{**} - 0,0002x^{2**}$	0,98	344,75	29,48
ALT	$\hat{y} = 26,68 + 0,1820x^{**} - 0,0003x^{2**}$	0,89	303,33	54,28
NFP	$\hat{y} = 2,45 + 0,0280x^{**} - 0,000039x^{2**}$	0,99	359,61	7,49
PROD	$\hat{y} = 21.685,03 + 209,7928x^{**} - 0,3069x^{2*}$	0,97	341,79	57.537,93

** significativo a 1

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste t de Student.

Em que: Y é a relação entre os preços do kg do nitrato de cálcio e da abobrinha.

No cálculo, foram considerados os preços médios de comercialização do insumo e do produto empregados no Estado de Minas Gerais, que foram de R\$ 10,32 por kg⁻¹ de N (empregando como fonte o nitrato de cálcio) e R\$1,10 por kg⁻¹ de frutos de abobrinha – preço médio de frutos de abobrinha, considerando o valor médio de comercialização da CEASA-MG (CEASA-MG, 2020).

Os dados de crescimento de produção da cultura da abobrinha italiana foram submetidos à análise de variância, regressão e de correlação de Pearson. Para seleção dos modelos de regressão, em função das doses de nitrogênio foi considerado o critério de maior significância de coeficiente dos parâmetros. Para inferir o grau de interdependência entre as variáveis dependentes, foi realizada análise de correlação linear de Pearson. Para análise de regressão e correlação foram utilizados os softwares estatísticos SISVAR e SAEG versão 9.1, respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cultura da abobrinha respondeu positivamente à adubação nitrogenada, uma vez que todas as características avaliadas foram influenciadas pelas doses de N, os valores ajustaram-se ao modelo quadrático de equação e correlação de Pearson foi positiva entre características vegetativas e produtividade ($r > 0,7521$; $p < 0,001$) (Tabelas 5 e 6).

TABELA 6

Correlação linear de Pearson das características vegetativas massa seca de limbo (MSL), massa seca de pecíolo (MSP), massa seca de caule (MSC), número de folhas (NF), área foliar (AF) e altura de plantas (ALT), com a produtividade de plantas de abobrinha italiana. Januária - MG. IFNMG – 2019

Características	NF	AF	MSL	MSP	MSC	ALT
PROD	0,8502***	0,7522***	0,8423***	0,8411***	0,8603***	0,8032***

*** significativo 0,1%.

Analisando as características vegetativas (Tabela 5), verifica-se que o número de folhas por planta aumentou até a dose estimada de 360,52 N kg ha⁻¹, que proporcionou o número máximo de 35,98 folhas por planta, esse resultado corresponde a um incremento de 1,56 vezes em relação à testemunha. A característica apresentou correlação significativa e positiva com a produtividade de ($r = 0,8502$, $p < 0,001$). O aumento do número de folhas pode expressar maior área fotossintética e consequentemente maior produtividade de frutos.

É possível que, com o aumento das doses de nitrogênio, tenha ocorrido o aumento de duração da vida das folhas (Garcez Neto et al., 2002), permitindo que as mesmas possam ter realizado atividade fotossintética por um intervalo de tempo maior. A produção de fotoassimilados pode ter havido maior duração, pois são gerados pelo processo de fotossíntese que pode ter se intensificado com o aumento das doses de nitrogênio, favorecendo o aumento da produção de biomassa e de folhas (Marabesi, 2012)

A área foliar apresentou um aumento de 6,27 vezes em relação a testemunha, o valor máximo foi de 11.724,85 cm², obtido com a dose estimada de 310,36 kg ha⁻¹ de N (Tabela 5). Apresenta correlação significativa e positivas com a produtividade ($r = 0,7522$; $p < 0,001$). Em cucurbitáceas, o aumento da dose de N, até determinado limite, proporciona incremento na área foliar da planta; portanto, exerce efeito na produção de fotoassimilados e consequentemente, na produção de frutos (Queiroga et al., 2007).

Em experimento realizado por Coelho et al. (2020) plantas que não receberam adubação nitrogenada tiveram folhas menores, hastes mais finas e mais claras, crescimento lento, em comparação aos tratamentos com adubação nitrogenada.

As massas secas de limbo, pecíolo e caule obtiveram o máximos valores de 92,94; 56,26 e 29,48 g obtido com as doses estimadas de 393,58; 409,17 e 344,75 kg ha⁻¹ de N, esses resultados correspondem a um incremento de 4,13 ; 9,31 e 5,16 vezes em relação à testemunha e apresentaram correlação significativa e positivas com a produtividade ($r = 0,8423$; $p < 0,001$); ($r = 0,8411$; $p < 0,001$) e ($r = 0,8603$; $p < 0,001$) respectivamente.

O acúmulo de matéria seca está fortemente interligado ao teor de nitrogênio absorvidos pelas plantas, sendo a deficiência deste nutriente um dos fatores que mais afeta o crescimento vegetativo da planta. Na escala do ciclo da cultura, há, portanto, uma ligação entre a absorção de N e o crescimento em massa seca da planta (Andriolo, 1999).

A correlação entre o acúmulo de massa seca e o nitrogênio na parte vegetativa (0,9877) e total da planta (0,9983), seguido também de correlação entre a massa seca e o teor de cálcio na planta foi observada por Silva et al. (2014), em melancia cv. 'Olímpia'.

O nitrogênio foi o segundo nutriente mais absorvido pela melancia, cv. "Shadow", apresentando maior demanda no período de 42 a 56 DAT (dias após o transplante); época que coincidiu com grande desenvolvimento da parte aérea (Grangeiro; Cecilio Filho, 2005).

A altura máxima de planta foi 54,28 cm com a dose estimada de 303,33 kg ha⁻¹ de N (Tabela 5), correspondendo um incremento de 2,03 vezes em relação à testemunha e apresenta correlação significativa e positiva com a produtividade ($r = 0,8032$; $p < 0,001$). Esse resultado foi superior ao encontrado por Gonçalves et al. (2009), na qual a altura máxima de planta foi 26,52 cm, sendo o efeito quadrático do aumento das doses de Nitrogênio, obtido com a dose de 150 kg ha⁻¹ de N. Constata-se que o nitrogênio é um componente chave dos aminoácidos e das proteínas e também faz parte da molécula de clorofila, que controla a fotossíntese, a reação de captura da energia solar pelas plantas, desta forma o suprimento de N é fundamental para o crescimento e desenvolvimento das plantas (Reetz, 2017).

Os valores das características de número de frutos por planta e produtividade ajustaram-se ao modelo equação quadrática.

O número máximo de frutos foi de 7,49 unidades por planta, obtido com a dose estimada de 359,61 kg ha⁻¹ de N (Tabela 5), esse resultado corresponde a incremento de 3,06 vezes em relação à testemunha. Esse resultado foi superior ao encontrado por Maller et. al. (2013), onde o número máximo de frutos por planta foi de 4,6 obtidos com uma dose de 133,3 kg ha⁻¹ de N.

A adubação nitrogenada equilibrada proporciona maior florescimento e conseqüentemente maior pegamento de frutos (Costa et al., 2015). Dentre os nutrientes, o nitrogênio é o que mais afeta a dinâmica do florescimento e do pegamento de frutos. Contudo, um grande número de flores pode não se associar com alta carga de frutos, pois, a formação destes exige uma alta demanda na produção, translocação e consumo de carboidratos.

Esse efeito exercido pelo nitrogênio no aumento da taxa de pegamento de frutos está relacionado com seu papel na regulação da taxa fotossintética e da síntese de carboidratos, da massa específica das folhas, da produção de biomassa total e da alocação de carbono em diferentes órgãos na planta, favorecendo a nutrição das gemas floríferas (Nava, 2007).

Ressalta-se que as condições climáticas são fundamentais para a absorção de nutrientes e produção de fotoassimilados pelas plantas. Assim, durante a condução do experimento, no período de julho a setembro (Figura 1), as temperaturas máximas variaram de 27,4 a 39,4 °C, com média de 33,1 °C, as temperaturas médias variaram de 18,42 a 26,94 °C, com média de 23,86 °C e as temperaturas mínimas variaram de 10,0 a 23,0 °C, com média de 16,15 °C. A umidade relativa do ar variou de 28,2 e 65,5 % com média de 45,4 %.

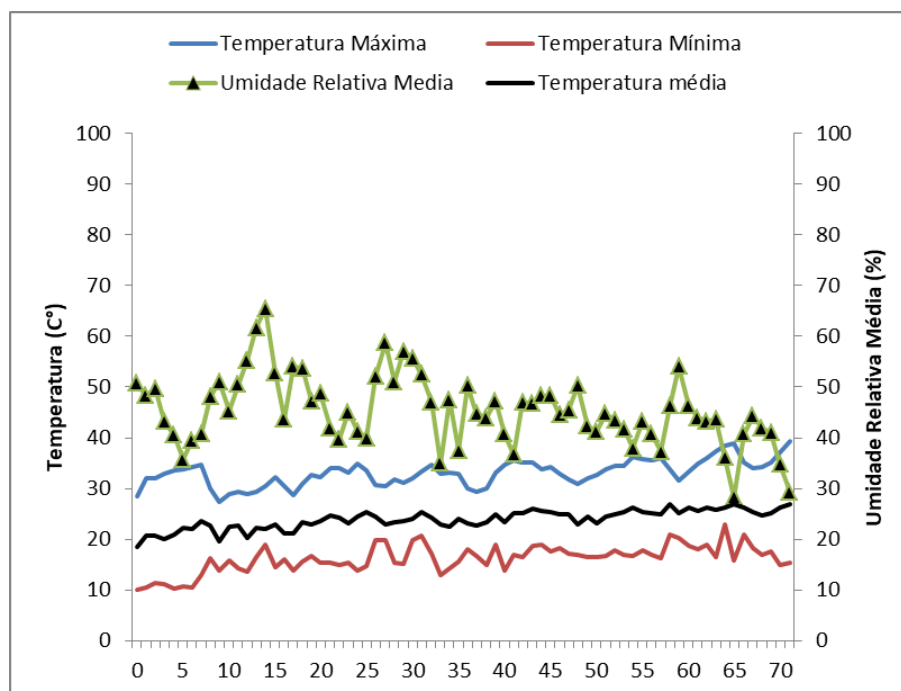


FIGURA 1

Valores médios diários das temperaturas do ar mínima, média e máxima, umidade relativa do ar em condição de campo durante a condução do experimento. IFNMG, Januária- MG, 2019. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia

De acordo com Puiatti e Silva (2019) as abóboras e morangas são espécies de clima quente, sendo a abobrinha italiana a mais tolerante a baixas temperaturas, a faixa ótima para o crescimento e produção é de 18 a 24° C, com mínimo de 15 e máximo de 32° C. Em função da faixa de temperatura ideal para a cultura e as temperaturas registradas no período de média 23,86 °C e máxima 33,1 °C e mínima de 16,15 °C constata que as temperaturas do ambiente foram favoráveis ao crescimento e desenvolvimento da planta.

Em estudo com abobrinha italiana, testando diferentes doses de N (0; 50; 100; 200 e 400 kg ha⁻¹), Porto et al. (2012) obtiveram número máximo de 7,7 frutos por planta com a dose de 323,0 kg ha⁻¹ de N, resultado este bem próximo ao verificado neste trabalho, que foi de 7,49 frutos por planta na dose de 359,61 Kg de N, justificado pela maior atividade fotossintética, onde o N é fundamental para o crescimento e desenvolvimento das plantas (Reetz, 2017).

A produtividade máxima de frutos foi de 57.537,93 kg ha⁻¹ obtido com a dose estimada de 341,79 kg ha⁻¹ de N, esse resultado corresponde incremento de 2,65 vezes em relação à testemunha. Esse resultado foi superior ao verificado por Porto et al. (2012), que utilizou o fertilizante sulfato de amônio obtendo uma produtividade de 29,88 t ha⁻¹ com a dose de 331,00 kg ha⁻¹ de N.

Para o cultivo da abobrinha no Estado de Minas Gerais, é recomendado a utilização da dose de 120 kg ha⁻¹ de N para uma produtividade de frutos esperada de 15 a 18 t ha⁻¹ (Carrijo et al., 1999). Com a dose recomendada em Minas Gerais, a produtividade estimada seria 19.760,8 Kg ha⁻¹. Esse valor é apenas 34,3% da máxima produtividade obtida neste presente estudo.

Este incremento na produtividade provavelmente está relacionado com o cálcio presente no fertilizante nitrogenado, indicando a preferência da abobrinha pela absorção do N na forma nítrica (nitrato de cálcio), ao aplicar a dose estimada de 341,79 kg ha⁻¹ de N também está sendo adicionando a solução de solo 396,9 kg ha⁻¹ de Ca.

Além disso, plantas que recebem o N na forma nítrica aumentam a síntese de ácidos orgânicos, com conseqüente aumento na absorção de cátions, como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , para atingir o balanço interno de cargas proporcionando ganho de massa dos frutos (Kirkyb e Knight, 1977).

Para que o cálcio seja absorvido em quantidades suficientes pelas plantas, é preciso que ele esteja presente na solução do solo em quantidades ideais e de forma equilibrada principalmente com o magnésio (Silva, 2017).

O cálcio tem função estrutural na planta é um integrante da parede celular sendo relativamente imóvel na planta, ou seja, não se redistribui com facilidade. Para que não falte cálcio aos tecidos mais jovens, ele deve ser fornecido à planta via xilema, absorvido pela raiz. Para isso é necessário que ele se encontre em concentrações adequadas e esteja em contato com a raiz, pois grande parte da sua absorção é via interceptação radicular e fluxo de massa (Novais, 2007).

Em relação ao nitrato de cálcio já foi relatado por Klaus (2007) o fornecimento rápido do cálcio em culturas conduzidas em sistemas fertirrigados e que plantas adubadas com este fertilizante se apresentam mais saudáveis e resistentes a pragas e doenças. Isto pode ser explicado devido ao efeito sinérgico dos íons de nitrato e de cálcio na redução da pressão por doenças. Nesse sentido, o fertilizante nitrato de cálcio é uma fonte vantajosa de N em solos salinos ou em culturas que têm grande demanda por cálcio, pois o mesmo se apresenta em forma altamente solúvel neste fertilizante (Canterella, 2007).

No cenário atual, o grande desafio da agricultura é a sustentabilidade, sendo um dos principais fatores a otimização do uso dos fertilizantes. Neste contexto é de suma importância mensurar a dose de máxima eficiência econômica dos fertilizantes. A eficiência de uso dos fertilizantes depende dos benefícios potenciais em termos agronômicos, econômicos, e fatores ambientais (Reetz, 2017).

A dose de máxima eficiência econômica de N para a produtividade da cultura da abobrinha foi de 326,64 kg ha^{-1} (Tabela 5), para uma relação entre preços do insumo ($\text{R\$ kg}^{-1}$ de N) e do produto ($\text{R\$ kg}^{-1}$ de frutos de abobrinha) de 9,297, com produtividade de frutos de aproximadamente 57.467,46 kg ha^{-1} , o que representa incremento de 2,65 vezes em relação à testemunha. A dose de máxima eficiência econômica de N foi próxima daquela responsável pela máxima produtividade de frutos de abobrinha (95,57% da mesma), isto indica que existe uma elevada resposta em termos econômicos ao emprego do N, na cultura da abobrinha italiana.

Neste contexto e corroborando com os resultados apresentados por Porto et al. (2012), no estudo de produtividade de frutos de abobrinha em função da adubação nitrogenada, utilizando o fertilizante sulfato de amônio, foi verificada que a dose de máxima eficiência econômica de N para a produtividade da cultura da abobrinha foi de 322 kg ha^{-1} de N, para uma relação entre preços do insumo ($\text{R\$ kg}^{-1}$ de N) e do produto ($\text{R\$ kg}^{-1}$ de frutos de abobrinha) de 4,375, com produtividade de frutos de aproximadamente 29,86 t ha^{-1} .

Desta forma, a dose que proporcionou maior produtividade para a cultura foi de 341,79 kg ha^{-1} de N, resultando em uma produtividade de 57.537,93 Kg ha^{-1} , e a dose de máxima eficiência econômica de N foi de 326,64 kg ha^{-1} , resultando em uma produtividade de frutos de 57.467,46 kg ha^{-1} .

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andriolo, J.L. Fisiologia das culturas protegidas. Santa Maria: UFSM, 1999. 142p.
- Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. Crop evapotranspiration: guidelines for predicting crop water requirements. Rome: FAO, 1998, 308 p.
- Azambuja, L. O.; Benett, C. G. S.; Benett, K. S. S.; Costa, E. Produtividade da abobrinha caserta em função do nitrogênio e gel hidrorretentor. *Científica*, 2015, 43, 4, 353-358.
- Bernardo, S; Soares, A. A.; Mantovani, E. C. Manual de irrigação. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.
- Cantarella, H. Nitrogênio. In: Novais, R. F.; Alvarez V., V.H.; Barros, N.F; Fontes, R.L.F, Cantarutti, R.B.; Neves, J.C.L. Fertilidade do solo. SBCS, Viçosa, 2007. p.375-470.

- Carrijo, I.V.; Correia, L.G.; Trani, P.E. Abóbora italiana. In: Ribeiro, A.C; Guimares, H.; Alvarez V., V.H. (Ed.). *Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5.ª Aproximação*. Viçosa: CFSEMG, 1999. p.175.
- CEASA-MG. Central de Abastecimento do Estado de Minas Gerais. Preços e ofertas de produtos. 2020. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 3/6/2020.
- Coelho, V.A.T.; Souza, C.G.; Nascimento, E S.; Lacerda, L.G.; Cardoso, P.A. Deficiências de macronutrientes em Abobrinha Italiana (*Cucurbita pepo* L.): caracterização de sintomas e crescimento. *Research, Society and Development*, 2020, 9, e08932269.
- Costa, A. R.; Rezende, R.; Freitas, P. S. L.; Gonçalves, A. C. A.; Frizzone, J. A. A cultura da abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) em ambiente protegido utilizando fertirrigação nitrogenada e potássica. *Irriga*, 2015, 20, 105-127.
- Delfim, T. F.; Mauch, C. R. Fenologia, qualidade e produtividade de frutos de genótipo de abobrinha cultivados em ambiente protegido. *Revista tecnologia & ciência agropecuária*, 2017, 11, 49-55.
- Doorenbos, J.; Pruitt, W.O. Guidelines for predicting crop water requirements. Rome: FAO, 1977. 179 p.
- Franco, M.F.S.; Delgado, E.U.A. Relação entre adubação e qualidade dos produtos agrícolas. *Research, Society and Development*, 2022, 11, e36311427562.
- Garcez Neto, A.F.; Nascimento Jr., D.; Regazzi, A.J. Respostas morfológicas e estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2002, 31, 1890-1900.
- Gonçalves, R.E.M.; Mota, W.F.; Pegoraro, R.F.; Madurira, R.P.; Amaro, H.T.R.; Jesus, A.R.; Sales, R.P. Produção de abobrinha italiana cv. caserta influenciada por doses crescentes de nitrogênio e fósforo. *Horticultura Brasileira*, 2009, 27, S1879- S1884.
- Grangeiro L. C.; Cecílio Filho A. B. Acúmulo e exportação de macronutrientes em melancia sem sementes. *Horticultura Brasileira*, 2005, 23, 763-767.
- INMET, IN. Instituto Nacional de Meteorologia.
- Kirkby, E. A.; Knight, A. H. Influence of the level of nitrate nutrition on onion uptake and assimilation, organic acid accumulation, and cation-anion balance in whole tomato plants. *Plant Physiology*, 1977, 60, 349-353.
- Klaus, B. Cálcio nos solos e nas plantas. Research Centre Hanninghof, Yara International, Alemanha. *Informações agronômicas*, 2007, 117.
- Lopes, J.F.; Amaro, G.B.; Barbieri, R.L. Cultivares. In Nick, C.; Borém, A. (Ed). *Abóboras e Morangas: do plantio à colheita*. Viçosa (MG): UFV, 2017. p. 83.
- Madeira, N.R.; Amaro, G.B. Exigências Climáticas e Ecofisiologia. In Nick, C.; Borém, A. (Ed). *Abóboras e Morangas: do plantio à colheita*. Viçosa (MG): UFV, 2017. p. 31.
- Marabesi, M.A. Efeito do nitrogênio sobre o desenvolvimento foliar e sua consequência na estrutura da copa em *Senna alata* (L.) Roxb. (Leguminosae). São Paulo. 2012. 159 p. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Marouelli, W. A.; Souza, R. B.; Braga, M. B.; Silva, W. L. C. Evaluation of sources, doses and application schedules of nitrogen on drip-irrigated tomato. *Horticultura Brasileira*, 2014, 32, 327-335.
- Nava, G. A. Desenvolvimento floral e frutificação de pessegueiros [*Prunus persica* (L.) Batsch] cv. Granada, submetidos a distintas condições térmicas durante o período de pré-floração e floração. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007. 158p.
- Nascimento, M. V.; Silva Junior, R. L.; Fernandes, L. R.; Xavier, R. C.; Benett, K. S. S.; Seleguini, A.; Benett, C. G. S. Manejo da adubação nitrogenada nas culturas de alface, repolho e salsa. *Revista de Agricultura Neotropical*, 2017, 4, 65-71.
- Pinto, J.M. Fertilizantes e agroquímicos aplicados via água de irrigação. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2021. p 24. (Embrapa Semiárido. Documentos, 302).

- Porto, M. L. A.; Puiatti, M.; Fontes, P. C. R.; Cecon, P. R.; Alves, J. C.; Arruda, J.A. Produtividade e acúmulo de nitrato nos frutos de abobrinha em função da adubação nitrogenada. *Bragantia*, **2012**, 71, 190-195.
- Puiatti, M.; Silva, D.J.H. Abóboras e morangas. In: Fontes, P.C.R.; Nick, C. Olericultura: teoria e prática. ed. Viçosa, **2019**, 363-384.
- Queiroga, R.C.F.; Puiatti, M.; Fontes, P.C.R.; Cecon, P.R.; Finger, F.L. Influência de doses de nitrogênio na produtividade e qualidade do melão *Cantalupensis* sob ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, **2007**, 25, 550-556.
- Reetz, H. F. Fertilizantes e o seu uso eficiente; tradução: Lopes, A.S. São Paulo. ANDA, **2017**, 178p.
- Silva, M. V. T.; Chaves, S. W. P.; Oliveira, F. B. L.; Souza, M. S.; Medeiros, J. F. Correlação entre acúmulo de massa seca e conteúdo de nutriente na melancia cv. 'Olímpia' sob ótimas condições de adubação nitrogenada e fosfatada. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, **2014**, 9, 28-34.
- Silva, R.F.; Junior, E.S.; Pozzo, D.M.D.; Santos, R.F.; Souza, S.N.M. O cálcio e a tolerância da soja aos danos causados por *Pratylenchus brachyurus* em propriedades de Primavera do Leste-MT. *Acta Iguazu*. **2017**, 6, 207-216.
- Souza, F. B. M.; Pio, R.; Coelho, V. A. T.; Rodas, C. L.; Silva, I. P. Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes, boro e ferro e composição mineral de amoreira-preta. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, **2015**, 45, 241-248.