

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ANDRÉ RIBEIRO DA COSTA

Fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura da abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) em ambiente protegido

Maringá
2013

ANDRÉ RIBEIRO DA COSTA

Fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura da abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) em ambiente protegido

Tese apresentada ao Programa de Pós –
Graduação em Agronomia do Departamento de
Agronomia, Centro de Ciências Agrárias da
Universidade Estadual de Maringá, como requisito
parcial para obtenção do título de Doutor em
Agronomia

Área de concentração: Produção Vegetal

Orientador: Prof. ° Dr. Roberto Rezende

Co – Orientador: Prof. ° Dr. Paulo Sérgio
Lourenço de Freitas

Maringá
2013

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central – UEM, Maringá – PR., Brasil)

C837f	<p>Costa, André Ribeiro da</p> <p>Fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura da abobrinha italiana (<i>Cucurbita pepo</i> L.) em ambiente protegido / André Ribeiro da Costa. -- Maringá, 2013.</p> <p>116 f. : il.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Roberto Rezende. Co-orientador: Prof. Dr. Paulo Sérgio Lourenço de Freitas.</p> <p>Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2013.</p> <p>1. Microirrigação por gotejamento. 2. Abobrinha italiana (<i>Cucurbita pepo</i> L.) - Fertirrigação nitrogenada. 3. Ambiente protegido. I. Rezende, Roberto, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.</p> <p>CDD 22.ed. 631.587</p>
-------	---

FOLHA DE APROVAÇÃO

ANDRÉ RIBEIRO DA COSTA

Fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura da abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) em ambiente protegido

Tese apresentada ao Programa de Pós – Graduação em Agronomia do Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Agronomia pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Prof. ° Dr. Roberto Rezende
Universidade Estadual de Maringá (Presidente)

Prof. ° Dr. Altair Bertonha
Universidade Estadual de Maringá

Prof. ° Dr. Antônio Carlos Andrade Gonçalves
Universidade Estadual de Maringá

Prof. ° Dr. Paulo Sérgio Lourenço de Freitas
Universidade Estadual de Maringá

Prof.° Dr. Rivanildo Dallacort
Universidade do Estado de Mato Grosso

Aprovado em: 29 de julho de 2013, às 13:30 horas

Local de defesa: Anfiteatro n° II, Bloco J-45, campus da Universidade Estadual de Maringá.

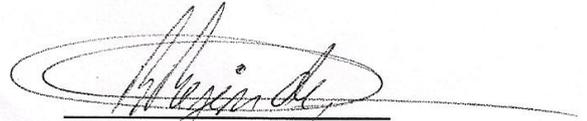
ANDRÉ RIBEIRO DA COSTA

**FERTIRRIGAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA NA CULTURA DA
ABOBRINHA ITALIANA (*Cucurbita pepo* L.) EM AMBIENTE PROTEGIDO**

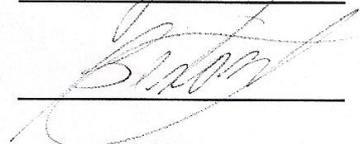
Tese apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, na área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 29 de julho de 2013.

Prof. Dr. Roberto Rezende
Presidente



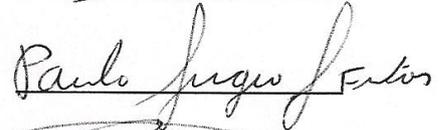
Prof. Dr. Altair Bertonha
Membro



Prof. Dr. Antonio Carlos Andrade Gonçalves
Membro



Prof. Dr. Paulo Sérgio Lourenço de Freitas
Membro



Prof. Dr. Rivanildo Dallacort
Membro



A Deus por renovar as minhas forças e permitir que eu enfrentasse as barreiras encontradas nesta árdua caminhada.

A meus pais por sempre me mostrarem que o estudo é algo de tão grande valor e que nunca poderá ser retirado ou perdido e também pelo apoio e compreensão.

A minha querida namorada Liara pelas suas demonstrações de amor verdadeiro em todos os momentos.

A todos que de uma forma ou de outra deixaram a sua contribuição ao longo desta jornada.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter permitido a realização do milagre da vida e de qualquer realização que seja impossível aos olhos dos seres humanos.

Ao professor Orientador, Dr. Roberto Rezende, pela sua amizade, pelo seu apoio, por seu companheirismo, pelo convívio, pelos conselhos dados, pela orientação e pela oportunidade concedida para a realização deste estudo;

Aos professores do curso de Pós Graduação, pelos ensinamentos obtidos nas mais diversas disciplinas ministradas ao longo desta caminhada;

Aos funcionários da secretaria do curso de Pós Graduação, pelo apoio durante o trabalho;

Aos pós-graduandos Anderson Takashi Hara, André Maller, Jhonantan Monteiro de Oliveira, Renan Soares de Souza, ao engenheiro agrônomo Valdeni Catapan e equipe e aos graduandos Rodolfo Antonio Batalini e Lincoln Hara por todo auxílio dado ao longo desta caminhada.

À minha família pelo apoio, incentivo, compreensão e motivação durante o transcorrer do curso;

Aos funcionários do Centro Técnico de Irrigação (CTI) do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá que contribuíram para a implantação, manejo do experimento, permitindo o estudo dos resultados alcançados neste trabalho: Eduardo Generoso, Paulo Vituri, José Braz, José Alcides Remolli, Carlos Alexandre Zanutto, Wilson e Henrique.

À Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Agronomia, Programa de Pós Graduação em Agronomia - PGA pela oportunidade de realização deste curso;

A Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura da abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) em ambiente protegido

RESUMO GERAL

Este trabalho teve por objetivos avaliar o crescimento e produção de plantas de abobrinha italiana da cultivar híbrida Novita Plus em função da aplicação de doses de nitrogênio e potássio via água de irrigação. O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Centro Técnico de Irrigação do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá. As sementes de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus foram semeadas em bandejas de poliestireno de 72 células e o transplante a área experimental ocorreu 21 dias após a semeadura. As mudas foram transplantadas em espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,7 m entre plantas. Utilizou-se o sistema de microirrigação por gotejamento que foi operado com pressão de 10 m.c.a. Foi instalado um gotejador por planta, o qual trabalhou com vazão nominal de 4 L h⁻¹. Foi adotado delineamento inteiramente casualizado arranjado em fatorial (4 X 4) com três repetições. Os tratamentos compreenderam doses de N (0 kg ha⁻¹ de N, 90 kg ha⁻¹ de N, 180 kg ha⁻¹ de N e 270 kg ha⁻¹ de N) e doses de K (0 kg ha⁻¹ de K₂O, 90 kg ha⁻¹ de K₂O, 180 kg ha⁻¹ de K₂O e 270 kg ha⁻¹ de K₂O) fornecidas às plantas por fertirrigação. Foram avaliadas as seguintes variáveis: número de folhas (NF), número de flores masculinas (NFM), número de flores femininas (NFF), altura de Plantas (AP), diâmetro de caule (DCA), massa média de frutos (MMF), comprimento de frutos (CF), diâmetro de frutos (DF), número de frutos por planta (NFP), índice de pegamento de frutos (IPF), Produtividade (PROD), Eficiência Agrônômica da Fertirrigação Nitrogenada (EAFN). A aplicação da dose de 270 kg ha⁻¹ de N proporcionou a obtenção de plantas de abobrinha italiana com número máximo de folhas (38,5 folhas planta⁻¹). Entretanto, esta variável não foi afetada pelas aplicações de potássio por fertirrigação. A aplicação das doses de 270 kg ha⁻¹ de N e 270 kg ha⁻¹ de K₂O proporcionou a obtenção de plantas com o máximo número de flores masculinas (69,8 flores masculinas planta⁻¹ e 53,5 flores masculinas planta⁻¹, respectivamente). A aplicação da dose de 270 kg ha⁻¹ de N e de 173,75 kg ha⁻¹ de K₂O por fertirrigação promoveu a obtenção de plantas de abobrinha italiana com o máximo número de flores femininas (20,17 flores femininas planta⁻¹ e 16,6 flores femininas planta⁻¹, respectivamente). A aplicação da dose de nitrogênio de 122,5 kg ha⁻¹ de N e da dose de potássio de 270 kg ha⁻¹ de K₂O proporcionou a obtenção de plantas de abobrinha italiana com a máxima altura (44,6 cm e 44 cm, respectivamente) enquanto que a aplicação da dose de 145 kg ha⁻¹ de N e a dose de 270 kg ha⁻¹

¹ de K₂O proporcionou a obtenção de plantas com os máximos diâmetros de caule (0,64 cm e 0,54 cm, respectivamente). A aplicação da dose de 136,92 kg ha⁻¹ de N e da dose de 184,17 kg ha⁻¹ de K₂O por meio da fertirrigação promoveu a produção de frutos com a máxima massa média (240,17 gramas fruto⁻¹ e 227,71 gramas fruto⁻¹, respectivamente). A aplicação das doses de 270 kg ha⁻¹ de N e de 270 kg ha⁻¹ de K₂O por fertirrigação proporcionou a obtenção de frutos de maior comprimento (19,8 cm e 17,8 cm, respectivamente). A aplicação das doses de 126,67 kg ha⁻¹ de N e 175 kg ha⁻¹ de K₂O proporcionou produção de frutos com diâmetro máximo (5,7 cm e 5,16 cm, respectivamente). O máximo número de frutos por planta (12,1 frutos planta⁻¹ e 7,6 frutos planta⁻¹, respectivamente) foi alcançado com a aplicação de 179,17 kg ha⁻¹ de N e 171,25 kg ha⁻¹ de K₂O. A máxima produtividade (36,8 t ha⁻¹ e 23,8 t ha⁻¹) foi obtida com a aplicação das doses de 149,92 kg ha⁻¹ de N e 137,75 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente. O máximo índice de pegamento de frutos (62,7% e 47,45%, respectivamente) foi alcançado com a aplicação por fertirrigação de 138,05 kg ha⁻¹ de N e 233,5 kg ha⁻¹ de K₂O. A eficiência agronômica da fertirrigação nitrogenada diminuiu com o aumento das doses de nitrogênio sendo que esta diminuição mostrou-se mais acentuada na dose de 270 kg ha⁻¹ de N.

Palavras chave: Adubação. Aproveitamento. Irrigação. Nutrição mineral. Produtividade.

Fertirrigation nitrogen and potassium in the culture of italian zucchini
(*Cucurbita pepo* L.) in a protected environment

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the growth and production of zucchini plants of hybrid cultivar Novita Plus through the influence of application of nitrogen and potassium by means of irrigation water. The experiment was conducted in greenhouse at the Technical Centre for Irrigation, Department of Agronomy, University of Maringá. The seeds of zucchini Novita Plus cultivar were sown in polystyrene trays with 72 cells and transplant the experimental area occurred 21 days after sowing. The seedlings were planted at a spacing of 1.0 m between rows and 0.7 m between plants. We used micro-irrigation system located drip which was operated at a pressure of 10 m.w.c. Was installed, a dripper per plant, which worked with nominal flow of 4 L h⁻¹. We adopted a completely randomized design in factorial (4 X 4) with three replications. The treatments comprised N rates (0 kg ha⁻¹ de N, 90 kg ha⁻¹ de N, 180 kg ha⁻¹ de N, 270 kg ha⁻¹ de N) and K rates (0 kg ha⁻¹ de K₂O, 90 kg ha⁻¹ de K₂O, 180 kg ha⁻¹ de K₂O, 270 kg ha⁻¹ de K₂O) regarding recommended in the literature and plants and were supplied by fertigation. Were evaluated the following variables: Number of sheets (NF), number of male flowers (NFM), number of female flowers (NFF), plant height (PH), stem diameter (DCA), average fruit weight (MMF), fruit length (FL), fruit diameter (FD), number of fruits per plant (NFP), index of fixation of fruits (FIF), productivity (PROD), agronomic efficiency of nitrogen fertigation (AENF). The following variables were evaluated for growth. Applying the rate of 270 kg ha⁻¹ of N resulted in obtaining zucchini plants with maximum number of leaves (38,5 leaves plant⁻¹). However, this variable was not affected by potassium application by fertigation. The application of doses of 270 kg ha⁻¹ of N and 270 kg ha⁻¹ of K₂O gave obtaining plants with the maximum number of male flowers (69,8 male flowers plant⁻¹ and 53,5 male flowers plant⁻¹, respectively). Applying the rate 270 kg ha⁻¹ of N and 173,75 kg ha⁻¹ of K₂O by fertigation promoted of zucchini plants with the maximum number of female flowers (20,17 female flowers plant⁻¹ and 16,6 female flowers plant⁻¹, respectively). The application of nitrogen rate of 122,5 kg ha⁻¹ of N and 270 kg ha⁻¹ of K₂O gave obtaining zucchini plants with maximum height (44,6 cm and 44 cm, respectively), while applying the dose of 145 kg ha⁻¹ of N and 270 kg ha⁻¹ of K₂O provided the production of plants with the maximum diameter of the stem (0,64 cm and 0,54 cm, respectively). The application of the dose of 136.92 kg ha⁻¹ of N and the dose of 184.17 kg ha⁻¹ of K₂O through drip irrigation

promoted the production of fruits with the highest average weight (240,17 g fruit⁻¹ and 227,71 grams fruit⁻¹, respectively). The application of doses of 270 kg ha⁻¹ of N and 270 kg ha⁻¹ of K₂O fertigation promoted by obtaining higher fruit length (19,8 cm and 17,8 cm, respectively). The application of doses of 126,67 kg ha⁻¹ of N and 175 kg ha⁻¹ of K₂O provided fruit production with maximum diameter (5,7 cm and 5,16 cm, respectively). The maximum number of fruits per plant (12,1 fruits plant⁻¹ and 7,6 fruits plant⁻¹, respectively) was achieved with the application of 179,17 kg ha⁻¹ of N and 171.25 kg ha⁻¹ of K₂O. The highest yield (36,8 t ha⁻¹ and 23.8 t ha⁻¹) was obtained with the application of doses of 149,92 kg ha⁻¹ of N and 137,75 kg ha⁻¹ of K₂O, respectively. The maximum rate of fruit set (62,7 % and 47,45%, respectively) was achieved with the application by fertigation of 138,05 kg ha⁻¹ of N and 233,5 kg ha⁻¹ of K₂O. The agronomic efficiency of nitrogen fertigation decreased with increasing doses of nitrogen and this decrease was more pronounced at the dose of 270 kg ha⁻¹ of N.

Keywords: Fertilizer. Water. Vegetables. Provision. Quality.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1	Coeficientes de uniformidade de aplicação de água no sistema de irrigação avaliado na área experimental.....	37
Tabela 2	Doses de N e de K aplicadas por meio da água de irrigação nos diferentes setores da área experimental.....	39
Tabela 3	Resumo da análise de variância para a variável resposta número de folhas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus.....	42
Tabela 4	Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão linear para o número de folhas das plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus.....	42
Tabela 5	Resumo da análise de variância para a variável resposta número de flores masculinas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus.....	45
Tabela 6	Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão linear para o número de flores masculinas das plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus em função das doses de nitrogênio.....	45
Tabela 7	Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão linear para o número de flores masculinas das plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus em função das doses de potássio.....	47
Tabela 8	Resumo da análise de variância para a variável resposta número de flores femininas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus.....	49
Tabela 9	Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão linear para o número de flores femininas das plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus em função das doses de nitrogênio.....	49

Tabela 10	Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão quadrática para o número de flores femininas das plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus em função das doses de potássio.....	51
Tabela 11	Resumo da análise de variância para a variável resposta altura de plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus.....	52
Tabela 12	Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão quadrática para a altura de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de doses de nitrogênio.....	53
Tabela 13	Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão linear para a altura de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de doses de potássio.....	54
Tabela 14	Resumo da análise de variância para a variável resposta diâmetro de caule de plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus.....	56
Tabela 15	Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão polinomial quadrática para o diâmetro de caule de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de doses de nitrogênio.....	57
Tabela 16	Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão linear para o diâmetro de caule de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de doses de potássio.....	58

CAPÍTULO 2

Tabela 1	Coefficientes de uniformidade de aplicação de água no sistema de irrigação avaliado na área experimental.....	81
Tabela 2	Doses de N e de K aplicadas por meio da água de irrigação nos diferentes setores da área experimental.....	83
Tabela 3	Resumo da análise de variância para a variável resposta massa média de frutos de plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus.....	86
Tabela 4	Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão quadrática para a massa média de frutos das plantas de abobrinha italiana da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus em função da aplicação de doses de nitrogênio.....	87
Tabela 5	Estimativa e significância dos coeficientes da regressão linear para a massa média de frutos de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de doses de potássio.....	89
Tabela 6	Resumo da análise de variância para a variável resposta comprimento de frutos de plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus.....	90
Tabela 7	Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão linear para o comprimento de frutos de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de doses de nitrogênio.....	91
Tabela 8	Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão linear para o comprimento de frutos de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de doses de potássio.....	92
Tabela 9	Resumo da análise de variância para a variável resposta diâmetro de frutos de plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus.....	94
Tabela 10	Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão polinomial quadrática para o diâmetro de frutos de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de doses de nitrogênio.....	95
Tabela 11	Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão polinomial quadrática para o diâmetro de frutos de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de doses de potássio.....	96

Tabela 12	Resumo da análise de variância para a variável resposta número de frutos por planta de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus.....	99
Tabela 13	Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão polinomial quadrática para o número de frutos por planta de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de doses de nitrogênio.....	99
Tabela 14	Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão quadrática para o número de frutos por planta de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de doses de potássio.....	101
Tabela 15	Resumo da análise de variância para a variável resposta produtividade de plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus.....	103
Tabela 16	Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão polinomial quadrática para a produtividade de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de doses de nitrogênio.....	104
Tabela 17	Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão quadrática para a produtividade de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de doses de potássio.....	105
Tabela 18	Resumo da análise de variância para a variável resposta índice de pegamento de frutos de plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus.....	107
Tabela 19	Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão polinomial quadrática para o índice de pegamento de frutos de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de doses de nitrogênio.....	108
Tabela 20	Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão linear para o índice de pegamento de frutos de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de doses de potássio.....	110
Tabela 21	Eficiência agrônômica nitrogenada da produção de frutos de abobrinhas italianas da cultivar Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de nitrogênio via fertirrigação.....	111

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1	Valores de temperatura máxima, média e mínima no período de setembro de 2012 a novembro de 2012.....	32
Figura 2	Valores de evapotranspiração da cultura da abobrinha italiana (<i>Cucurbita pepo</i> L.) no período de setembro de 2012 a novembro de 2012.....	34
Figura 3	Croqui da área experimental com a disposição dos tratamentos e do sistema de irrigação utilizado.....	38
Figura 4	Número médio de folhas de plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de nitrogênio.....	43
Figura 5	Número médio de flores masculinas de plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de nitrogênio.....	46
Figura 6	Número médio de flores masculinas de plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de potássio.....	47
Figura 7	Número médio de flores femininas de plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de nitrogênio.....	50
Figura 8	Número médio de flores femininas de plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de potássio.....	51
Figura 9	Altura de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de nitrogênio via fertirrigação.....	53
Figura 10	Altura de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de potássio via fertirrigação.....	55
Figura 11	Diâmetro de caule de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de diferentes porcentagens de doses de nitrogênio via fertirrigação.....	57

Figura 12	Diâmetro de caule de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de potássio via fertirrigação.....	59
-----------	--	----

CAPÍTULO 2

Figura 1	Valores de evapotranspiração da cultura da abobrinha italiana (<i>Cucurbita pepo</i> L.) no período de setembro de 2012 a novembro de 2012.....	76
Figura 2	Valores de temperatura máxima, média e mínima no período de setembro de 2012 a novembro de 2012.....	78
Figura 3	Croqui da área experimental com a disposição dos tratamentos e do sistema de irrigação utilizado.....	82
Figura 4	Massa média de frutos de plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de nitrogênio.....	87
Figura 5	Massa média de frutos de plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de potássio.....	89
Figura 6	Comprimento de frutos de plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de nitrogênio.....	91
Figura 7	Comprimento de frutos de plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de potássio.....	93
Figura 8	Diâmetro de frutos de plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de nitrogênio.....	95
Figura 9	Diâmetro de frutos de plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de potássio.....	97
Figura 10	Número de frutos por planta de abobrinhas italianas da cultivar Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de nitrogênio.....	100
Figura 11	Número de frutos por planta de abobrinhas italianas da cultivar Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de potássio.....	102
Figura 12	Produtividade de frutos de abobrinhas italianas da cultivar Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de nitrogênio.....	104
Figura 13	Produtividade de frutos de abobrinhas italianas da cultivar Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de	

	potássio.....	105
Figura 14	Índice de pegamento de frutos de abobrinhas italianas da cultivar Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de nitrogênio.....	108
Figura 15	Índice de pegamento de frutos de abobrinhas italianas da cultivar Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de potássio.....	110

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA GERAL.....	3
2.1 Cultura da abobrinha italiana (<i>Cucurbita pepo</i> L.).....	3
2.1.1 A cultura da Abobrinha Italiana (<i>Cucurbita pepo</i> L.) no contexto do mercado agrícola paranaense.	3
2.2 Cultivo Protegido.....	3
2.3. Irrigação de hortaliças	5
2.4 Quimigação.....	7
2.4.1 Fertirrigação.....	8
2.5 Nutrição mineral de hortaliças.....	11
2.5.1 Nitrogênio (N)	12
2.5.2. Potássio (K)	15
3 REFERÊNCIAS	18
CAPÍTULO 1 – Crescimento de abobrinha italiana (<i>Cucurbita pepo</i> L.) utilizando fertirrigação nitrogenada e potássica em cultivo protegido.....	24
RESUMO	25
ABSTRACT	27
1.1 INTRODUÇÃO.....	28
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	31
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
1.4 CONCLUSÕES	61
1.5 REFERÊNCIAS	62
CAPÍTULO 2 – Produção de abobrinha italiana (<i>Cucurbita pepo</i> L.) utilizando fertirrigação nitrogenada e potássica em cultivo protegido.....	67
RESUMO	68
ABSTRACT	70
2.1 INTRODUÇÃO.....	72
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	64
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	75
2.4 CONCLUSÕES	113
2.5 REFERÊNCIAS	114

1. INTRODUÇÃO GERAL

O papel da irrigação na cultura da abobrinha é de extrema importância, visto que, as plantas apresentam maior sensibilidade ao déficit hídrico no estágio de formação de flores e frutos (BRUCE et al., 1980) quando ocorre restrição no desenvolvimento do sistema radicular (SMITTLE & WILLIAMSON, 1977) que limita a absorção de água e nutrientes. Segundo CARPES (2008) com a introdução da irrigação na cultura é possível regularizar o fornecimento de água no período de plantio recomendado da cultura, o qual abrange todas as épocas do ano agrícola.

Nos sistemas de microirrigação por gotejamento, a água é diretamente aplicada sobre o solo, umedecendo volume restrito do sistema radicular das culturas. A aplicação da água é caracterizada por ser realizada em grande intensidade de modo que os emissores utilizados não aplicam as lâminas de irrigação em área total. Deste modo, as perdas de água para a atmosfera por evaporação e por percolação são mínimas. Outro aspecto que caracteriza o fornecimento de água em sistemas de irrigação localizada diz respeito às altas frequências de aplicação que fazem com que o solo sempre se mantenha próximo a capacidade de campo (REIS et al., 2005) que é conceituada como sendo a quantidade de água retida pelo solo após o excesso ter sido drenado e a taxa de movimento descendente ter decrescido acentuadamente evento que ocorre dois ou três dias após uma chuva ou irrigação, em solos permeáveis e de estrutura e textura uniformes.

Os sistemas de irrigação podem ser utilizados também para a aplicação de fertilizantes. Este processo denomina-se fertirrigação, o qual apresenta diversas vantagens como: proporcionar o intenso monitoramento do estado nutricional do solo, geração de produtos de maior qualidade até mesmo na época de entressafra caso as culturas sejam conduzidas em ambiente protegido contribuindo para perfeito funcionamento da cadeia produtiva de hortaliças.

O nitrogênio assume papel de destaque nas espécies vegetais pois está envolvido em diversas moléculas como aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos. Os sais de nitrogênio são altamente solúveis na água contida nos tanques e reservatórios utilizados na prática da fertirrigação. O crescimento das plantas de abobrinha está relacionado principalmente com este elemento essencial.

O potássio juntamente com o nitrogênio constituem os elementos minerais mais exigidos e extraídos pelas plantas. Os íons de potássio (K) proporcionam uma melhor eficiência do uso da água, estão envolvidos na abertura e fechamento de estômatos, resistência às doenças e pragas em hortaliças e até mesmo na síntese proteica. Os sais de potássio são menos solúveis na água de irrigação em comparação com os sais de nitrogênio, mas esta característica não representa restrição ao fornecimento do íon.

A tecnologia de cultivo protegido foi amplamente incorporada ao sistema de produção de oleráceas em várias regiões do Brasil (GAMA et al., 2008). Este sistema de cultivo possibilita a produção de hortaliças em todas as épocas de um ano agrícola, pois, neste caso os fatores ambientais não serão limitantes à produção nas diferentes regiões de plantio. Além disso, ocorre uma intensiva redução da ocorrência de doenças e pragas diminuindo os riscos a que a produção está sujeita podendo proporcionar ganho de qualidade aos produtos colhidos.

A realização deste trabalho teve por finalidade avaliar os possíveis desdobramentos das aplicações de quatro doses de nitrogênio (0 kg ha⁻¹ de N, 90 kg ha⁻¹ de N, 180 kg ha⁻¹ de N e 270 kg ha⁻¹ de N) e quatro doses de potássio (0 kg ha⁻¹ de K₂O, 90 kg ha⁻¹ de K₂O, 180 kg ha⁻¹ de K₂O e 270 kg ha⁻¹ de K₂O) por meio da água de irrigação no crescimento e na produtividade de plantas de abobrinha-italiana da cultivar Novita Plus conduzidas em ambiente protegido.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA GERAL

2.1 Cultura da Abobrinha Italiana (*Cucurbita pepo* var. *melopepo* L.)

Os frutos desta espécie são de grande aceitação pelos consumidores do mercado nacional brasileiro. A planta se adapta facilmente a espaçamentos menores em comparação a outras cucurbitáceas de ramas longas, pois possui uma arquitetura em moita, favorecendo plantios adensados. Caracteriza-se por possuir folhas bem recortadas, de coloração verde e manchas prateadas. O sistema radicular é extenso e superficial, concentrando-se na camada de solo de 20 centímetros de profundidade (FILGUEIRA, 2008).

A abobrinha italiana está presente no grupo das dez hortaliças de maior valor econômico e de maior produção no Brasil, principalmente no eixo Centro-Sul do país (CARPES et al., 2010).

A temperatura ideal para o máximo crescimento e produção de abobrinha italiana localiza-se entre 18 e 24 °C, com mínimo de 15 °C e máximo de 32 °C (PUIATTI & SILVA, 2005). Dentre as cultivares existentes, a de maior preferência pelo consumidor é a Caserta (FILGUEIRA, 2008).

2.1.1 A cultura da abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* var. *melopepo* L.) no contexto do mercado agrícola paranaense

No ano de 2011 foram produzidas cerca de 3.187.953 toneladas de hortaliças no Estado do Paraná em uma área de 171.354 hectares sendo que foram produzidas na safra paranaense 17,8 t ha⁻¹ de abobrinha italiana, cultura que respondeu por 1% da produtividade estadual de hortaliças. Na safra paranaense 2010/2011, foram produzidas 36801 toneladas de frutos de abobrinha em área total de 2065 hectares, o que equivaleu à obtenção de produtividade média de 17,8 toneladas por hectare (SEAB, 2013).

2.2 Cultivo Protegido

A produção de olerícolas é uma atividade agrícola muito vantajosa quando praticada em épocas adequadas e em condições propícias de clima, adubação, fitossanidade e mercado para sua comercialização. Contudo, dificilmente se encontram reunidas nos sistemas de produção agrícola todas estas condições. Desta forma, é imprescindível a busca de novas alternativas de cultivo e tecnologia que contribuam para o aumento da produtividade e da estabilidade da produção, o que torna o setor agrícola competitivo e altamente sustentável (ARAÚJO et al., 2009).

A condução de culturas oleráceas em ambientes protegidos apresenta vantagens como: aumento de produtividade, melhoria na qualidade dos produtos obtidos, possibilidade de oferta de produtos em todas as épocas do ano, aproveitamento eficiente dos fatores de produção como por exemplo: fertilizantes, defensivos e água; controle das condições climáticas; fixação do homem ao campo e aumento da rentabilidade do empreendimento agrícola (FILGUEIRA, 2008).

As casas de vegetação são os ambientes nos quais se realiza a prática do cultivo protegido. Utiliza-se o plástico na confecção das casas de vegetação devido a sua versatilidade, disponibilidade, leveza e, principalmente, pelo seu baixo custo (FILGUEIRA, 2008).

A utilização de plásticos na agricultura teve início no Brasil na década de 70 do século XX mas tomou grande impulso a partir da década seguinte com os primeiros resultados obtidos na região do cinturão verde no Estado de São Paulo. As primeiras culturas hortícolas implantadas foram melão rendilhado (*Cucumis melo* L.), tomate cereja (*Lycopersicon esculentum* Mill.), pimentão amarelo (*Capsicum annuum* L.) e flores. As indústrias fabricantes de plástico incentivaram o fomento a esta atividade de produção de hortaliças (ARAÚJO, 1991; KUMAGAIA, 1991; MARTINS, 1991; VECCHIA & KOCH, 1999).

Segundo Vida et al. (2004) as informações técnicas referentes ao desempenho das plantas em ambientes protegidos ainda são insuficientes, de modo que, mais pesquisas poderão dar suporte às recomendações contribuindo conseqüentemente para a maior expansão e tecnificação desta atividade. É necessário que sejam estabelecidos critérios técnicos para a aplicação de nutrientes para que cada planta receba a quantidade ideal dos elementos

químicos não havendo o desperdício de fertilizantes (RODRIGUES et al., 2002) onerando os custos de produção.

2.3 Irrigação de hortaliças

A maior quantidade de água no mundo é utilizada na agricultura através da prática dos diferentes métodos de irrigação, sendo um elemento de fundamental importância para o provimento da produção de alimentos e fibras em escala suficiente (LIMA et al., 2006).

Dentre as principais vantagens da agricultura irrigada, destaca-se a maior produção (mais de um plantio por ano), produtividade (melhores condições de desenvolvimento da cultura) e geração de empregos, fato este que proporciona o aumento da renda, melhorando as condições de vida dos produtores rurais (BERNARDO et al., 2008).

É de extrema importância o conhecimento do comportamento de cada cultura em função das diferentes aplicações de água em suas fases de desenvolvimento e de maior consumo de nutrientes (MENDES, 2009). Desta forma, é possível definir-se qual a lâmina de irrigação mais adequada a ser aplicada em determinado plantio. O ajuste das necessidades hídricas de uma cultura evita a ocorrência de excessos ou deficiências nas aplicações de água, fatos estes que poderiam provocar quedas na produção (BERNARDO, 2008). Segundo Luz (2008), a adequada reposição das lâminas de irrigação é decisiva para uma boa produção de hortaliças.

O fornecimento adequado de água pode afetar o desenvolvimento, a fitossanidade e produção das culturas. Isto acontece porque a irrigação favorece a diminuição da alta temperatura média do ar e do solo contribuindo para o aumento da umidade relativa atmosférica (PIRES et al., 2000).

É importante que a água a ser oferecida as plantas por meio das técnicas de irrigação seja aplicada de forma adequada. As hortaliças são altamente susceptíveis a ocorrência de doenças de origem fúngica ou bacteriana que podem ser provocadas por alta umidade que em alguns casos pode ser gerada por falhas nas estratégias de manejo da irrigação (MAROUELLI, 2004).

A irrigação deve ser uma atividade sustentável pois o escoamento superficial da água em áreas agrícolas infectadas por bactérias patogênicas pode contaminar suas fontes como

tanques, represas, rios e riachos, afetando o ecossistema presente bem como a atividade econômica de exploração comercial de hortaliças.

As lâminas de irrigação podem interferir no crescimento e na produtividade de diversas olerícolas. Imtiyaz et al. (2000) em um experimento em que avaliaram o rendimento produtivo e o retorno econômico da condução de algumas hortaliças em diferentes níveis de irrigação, considerando a reposição das lâminas de irrigação através do volume de água evaporada do tanque Classe A, concluíram que os maiores rendimentos comerciais obtidos na cultura do repolho em número de cabeças por metro quadrado foram alcançados com a aplicação de lâminas de irrigação correspondentes a 80% da evaporação da água do Tanque Classe A. Além disso, estes autores concluíram que a aplicação da lâmina de irrigação correspondente a 100% da evaporação do Tanque Classe A prejudicou a eficiência da utilização da água, pois, o aumento do volume de água aplicado não produziu qualquer melhoria no rendimento na cultura do repolho.

Dentre os métodos utilizados para irrigação de hortaliças, destacam-se os de microirrigação por gotejamento. É uma técnica recente na olericultura brasileira e foi introduzida no decorrer da década de 1990 do século passado (FILGUEIRA, 2008). A água é conduzida em pequena pressão dentro de tubulações plásticas e é aplicada gota a gota somente na região de maior concentração das raízes dos vegetais. Costuma-se frequentemente utilizar os sistemas de microirrigação por gotejamento em culturas conduzidas em casa de vegetação.

A grande vantagem da aplicação de água por gotejamento é diminuir as possíveis perdas por evaporação que podem acontecer nos sistemas de irrigação por aspersão. Além disso, como a água é fornecida diretamente na região radicular da cultura facilita-se o combate a plantas invasoras, que poderiam exercer competição por água e nutrientes destinados a cultura de interesse agrônômico explorada. Nos métodos de irrigação por aspersão, a água é aplicada em área total. Tal fato poderia potencializar a produção de sementes de plantas invasoras. Segundo Júnior et al. (2011), os solos possuem bancos de sementes destas plantas, os quais localizam-se nos primeiros cinco centímetros de profundidade.

Uma vez que o combate de plantas daninhas é facilitado diminui-se a utilização de herbicidas, diminuindo os custos de produção. O sistema de microirrigação por gotejamento propicia condições de alta umidade às raízes das plantas e também potencializa a pratica da

fertirrigação, tornando eficiente a aplicação dos nutrientes em distintas soluções em forma de sais prontamente disponíveis e favorecendo a dinâmica de absorção dos mesmos pela intensificação do fluxo em massa, principalmente para nutrientes como nitrogênio e potássio que são absorvidos pelos vegetais em grandes quantidades (MALAVOLTA, 2006).

2.4 Quimigação

A aplicação de produtos químicos como fertilizantes, inseticidas, fungicidas, nematicidas e reguladores de crescimento via água de irrigação é conhecida como quimigação e tem nos sistemas de microirrigação, com os de gotejamento, microaspersão e pivô central, a utilização mais recomendada. No entanto, para Sousa (2011) qualquer método de irrigação pode ser utilizado para a condução e aplicação de produtos químicos e biológicos junto com a água. Contudo, irrigações por superfície ou localizadas por gotejamento só permitem a aplicação de agroquímicos como nematicidas, fertilizantes, herbicidas, fungicidas e inseticidas na superfície do solo ou em seu perfil. Em contrapartida, na irrigação por aspersão, os produtos podem ser aplicados no solo e nas folhas das plantas. É muito comum a aplicação da maioria dos inseticidas, fungicidas, reguladores de crescimento e herbicidas nas folhas das plantas (PEREIRA & MELLO, 2011).

Dentre as vantagens da quimigação, destaca-se a promoção de uma maior eficiência e aproveitamento dos produtos aplicados, menor custo com mão de obra e, principalmente uma maximização técnica e econômica da adubação (SANTOS et al., 2012).

A quimigação também apresenta limitações, como: custo inicial de infraestrutura do sistema; necessidade de pessoal treinado para a operação do sistema (manuseio dos produtos e sistemas de injeção), necessidade de conhecimentos técnicos com relação aos produtos, cálculos de dosagens e épocas de aplicação, principalmente quando relacionados à fertirrigação (SOCCOL, 2011).

Venegas (2006) realizou um experimento com a finalidade de verificar a eficiência do controle do mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) do feijoeiro comum através da aplicação do fungicida Procimidone por pulverização e fungigação. Não foram encontradas diferenças significativas na produtividade da cultura relacionadas com as diferentes modalidades de aplicação do produto. Contudo, a aplicação do fungicida através do sistema de irrigação por pivô central possibilitou a obtenção de melhor controle da doença pois foram

detectados menores números de apotécios que compreendem os corpos de frutificação dos esporos de *Sclerotinia sclerotiorum* em duas épocas de avaliação (49 e 56 dias após a semeadura).

Ruas et al. (2006) avaliando a aplicação do herbicida Fomesafen para o controle de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) por pulverização e herbicção em quatro doses (60 g ha⁻¹, 120 g ha⁻¹, 180 g ha⁻¹, 240 g ha⁻¹) e em três estádios de desenvolvimento das plântulas (1 dia, 7 dias e 14 dias após a emergência) concluíram que o Fomesafen aplicado por meio da água de irrigação proporcionou maior controle das plantas de *Bidens pilosa* L. em 7 dias após a emergência. Na dose de 240 g ha⁻¹, a herbicção proporcionou de bom a excelente controle de *Bidens pilosa* L. entre 1 a 7 dias após a emergência das plântulas.

2.4.1 Fertirrigação

Dentre os produtos aplicados por meio da água de irrigação, destacam-se os fertilizantes. A aplicação destes denomina-se fertirrigação, sendo atualmente a técnica mais abrangente. Bernardo (2008) aponta que a distribuição de produtos químicos como fertilizantes é uma das vantagens da irrigação. Segundo Boas e Souza (2008), existem evidências de que o processo de fertirrigação teve avanço considerável na última década. Este crescimento foi sentido devido ao aumento da utilização de sistemas de microirrigação, os quais se adaptam melhor a esta técnica (BUSATO et al., 2011).

Segundo Coelho (2007), a aplicação de fertilizantes por meio da água de irrigação deve atender alguns critérios como:

- Uniformidade de aplicação de água do sistema de irrigação em pelo menos 95%;
- Os nutrientes devem ser altamente solúveis na água de irrigação;
- Não devem ocorrer reações de formação de precipitados na solução;
- Os nutrientes devem ser compatíveis com os sais presentes na água de irrigação.

A técnica de fertirrigação pode ser aplicada com maior aproveitamento em sistemas de microirrigação. Isto se deve ao fato das lâminas das soluções serem aplicadas diretamente na região de maior concentração de raízes. Além disso, como os nutrientes são aplicados em formas prontamente assimiláveis o processo de absorção ocorrerá com maior velocidade, o que confere maior aproveitamento dos fertilizantes empregados (BORGES & SILVA, 2011).

Oliveira et al. (2005) enumeram as vantagens da fertirrigação: atendimento das necessidades nutricionais das culturas de acordo com a absorção dos nutrientes, aplicação dos nutrientes restrita ao volume irrigado principalmente em sistemas de microirrigação por gotejamento, ajuste das concentrações dos nutrientes às necessidades das plantas conforme seu estágio fenológico, manutenção do dossel vegetal seco evitando a incidência de patógenos e queima de folhas. Segundo Araujo (2005), a fertirrigação apresenta desvantagens como: falta de recomendações de adubação apropriadas; disponibilidade de produtos específicos; risco de salinização dos ambientes agrícolas irrigados, sendo este um fator também colocado por outros autores (SOUSA & SOUZA, 1993; PIZARRO, 1996; AYERS & WESTCOT, 1999; PAPADOPOULOS, 2001).

Boas e Souza (2008) ressaltam que os praticantes da fertirrigação devem ser capacitados para utilizarem a técnica de modo apropriado considerando as condições climáticas e de solo dos diferentes ambientes de produção. Tal recomendação pode evitar a ocorrência de erros no processo de aplicação dos fertilizantes.

A fertirrigação possibilita a otimização de operações no empreendimento agrícola, pois, a operação de adubação ocorre simultaneamente com a operação de irrigação. Desta forma, é possível a diminuição do custo de produção de determinada cultura. Kaneko et al. (2012) realizaram análise econômica comparativa das operações de fertirrigação e adubação tradicional tratorizada em dois pivôs centrais utilizados para o cultivo do milho irrigado. Eles concluíram que o maior custo total operacional em ambos os pivôs foi obtido na adubação tratorizada. O processo de adubação por fertirrigação apresentou maior lucro operacional e índice de lucratividade em comparação com a adubação tratorizada. Além disso, quando se considerou esta última técnica foi necessária a produtividade de um maior número de sacas para garantir a lucratividade em comparação com a fertirrigação.

A prática de fertirrigação além de trazer incrementos à produtividade pode também promover a melhoria de atributos químicos do solo. Peixoto et al. (2006) realizaram experimento com plantas de coqueiro anão (*Cocos nucifera* L.) avaliando as características

químicas do solo (pH, teores de Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{1+} , K^{1+} , matéria orgânica) antes e após a aplicação de doses de N (135 kg ha^{-1} , 810 kg ha^{-1} , 1350 kg ha^{-1} , 1890 kg ha^{-1} e 2565 kg ha^{-1}) e de doses de K (135 kg ha^{-1} , 810 kg ha^{-1} , 1350 kg ha^{-1} , 1890 kg ha^{-1} e 2565 kg ha^{-1} de K_2O) por meio de ureia e cloreto de potássio via fertirrigação, respectivamente. Os autores concluíram que a condutividade elétrica e os teores de K no solo aumentaram atingindo os maiores valores com a aplicação de 2565 kg ha^{-1} de K_2O .

Costuma-se realizar a adubação de hortaliças por meio da aplicação das doses dos fertilizantes menos solúveis e parte dos solúveis no estágio de pré-plantio e o restante das doses ao longo do ciclo da cultura em adubações de cobertura. A fertirrigação tomou papel de destaque com a introdução de sistemas de microirrigação por gotejamento na horticultura, sendo um dos fatores relacionados com o aumento da produtividade (CARRIJO et al., 2004).

Os nutrientes mais aplicados por fertirrigação são aqueles de alta mobilidade no solo como o potássio (K) e o nitrogênio (N), mas a fertirrigação com fósforo (P) e cálcio (Ca) em gotejamento e em solos com médios ou baixos teores deles, propicia um melhor rendimento das culturas (CARRIJO et al., 2004). Grande parte dos solos brasileiros é deficiente em fósforo e apresenta valores de pH baixo, caracterizando solos ácidos nos quais a concentração de íons de cálcio (Ca^{2+}) em solução também é baixa.

Rodrigues et al. (2007) avaliaram a produção e o crescimento de cinco híbridos de pimentão (Tendence, Safari R, Magali R, Nathalie e Margarita) mediante adubações de cobertura via fertirrigação com a aplicação de 23 kg de nitrato de cálcio, 22,15 kg de sulfato de potássio, 25,7 kg de fosfato monoamônico, 38,2kg de sulfato de magnésio, 1 kg de ferilene, 0,30 kg de ácido bórico e 0,018 kg de molibdato de sódio. Eles concluíram que os híbridos Safári R obtiveram o maior peso médio de frutos (91,75 gramas). Entretanto, ele não diferiu significativamente dos híbridos Tendence (83,02 gramas) e Margarita (79,21 gramas). Os híbridos de pimentão Nathalie obtiveram o menor peso médio de frutos (61,09 gramas) não diferindo estatisticamente do Magali R (68,72 gramas).

2.5 Nutrição mineral de hortaliças

Marcussi et al. (2004) afirmam que a nutrição mineral exerce importantes funções no metabolismo vegetal, elevando a produtividade e melhorando a qualidade dos produtos colhidos.

Alguns trabalhos já realizados ilustram a importância da fertirrigação na nutrição mineral de hortaliças. Ainda são escassos resultados de pesquisa referentes à cultura da abobrinha-italiana. Desta forma, deve haver incentivo a pesquisa para que sejam obtidas informações que poderão auxiliar os olericultores envolvidos com esta cultura a tomarem decisões mais adequadas com relação à condução do plantio, o que pode aumentar suas margens de lucro.

Fernandes e Filho (2003) realizaram estudo na cultura do meloeiro com o objetivo de verificar a influência da aplicação de doses de nitrogênio (60 e 90 kg ha⁻¹ de N) e doses de potássio (40, 70, 100 e 130 kg ha⁻¹ de K₂O) no diâmetro de caule, no teor de clorofila das folhas, peso dos frutos com e sem casca, comprimento dos frutos, diâmetro dos frutos, pH, textura, teor de sólidos solúveis e acidez total titulável. O diâmetro de caule do meloeiro não foi influenciado pelas doses de nitrogênio. Entretanto, foram encontradas diferenças significativas com relação a potássio sendo que o diâmetro do caule aumentou com o aumento das doses do elemento. Além disso, as aplicações de potássio influenciaram significativamente o peso fresco dos frutos com casca e sem casca. A dose de 40 kg ha⁻¹ de K₂O trouxe acréscimos de 15% a produção de frutos com casca e sem casca em comparação a dose de 100 kg ha⁻¹ de K₂O. Além disso, o aumento das doses de potássio favoreceu o aumento da textura dos frutos, conferindo acréscimos de 62% em sua resistência.

Purquerio et al. (2007) realizaram um estudo na cultura da rúcula verificando os impactos da aplicação de doses de nitrogênio (0, 60, 120, 180 e 240 kg ha⁻¹ de N) por meio da fertirrigação em cultivo protegido e a campo. Eles encontraram diferenças estatísticas significativas e concluíram que os maiores desempenhos produtivos foram alcançados em cultivo protegido com a dose máxima estimada de 178,6 kg ha⁻¹ de N. Em relação ao cultivo no campo a maior produtividade foi obtida com a aplicação de 240 kg ha⁻¹ de N. De uma forma geral, a maior produtividade média foi alcançada nos cultivos protegidos sendo de 3,3 kg m⁻² canteiro⁻¹ em comparação com o plantio no campo que gerou produtividade de 3,0 kg m⁻² canteiro⁻¹.

Araujo et al. (2009) avaliaram o efeito da aplicação de sete doses de nitrogênio por meio da água de irrigação (0, 100, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹ de N) sobre o comprimento de frutos, diâmetro de frutos, peso médio de frutos e número de frutos por planta de pimentão. A aplicação da dose de 400 kg ha⁻¹ de N propiciou um aumento de 133% no número máximo de frutos comerciais em comparação com a testemunha (0 kg ha⁻¹ de N). Não foram encontradas

diferenças significativas no comprimento dos frutos. Entretanto, à medida que se aumentaram as doses de N, o diâmetro e o peso médio de frutos aumentaram.

2.5.1 Nitrogênio (N)

Trata-se de um elemento abundante na atmosfera, respondendo por 78% do volume total de gases (TAIZ & ZEIGER, 2012). Além disso, encontra-se no solo em diversas formas. É constituinte de proteínas, aminoácidos, ácidos nucleicos (DNA e RNA). Grande parte do nitrogênio é absorvida pelas plantas na forma de nitrato (NO_3), sendo este íon obtido através das reações de nitrificação, as quais fazem parte do processo de mineralização do nitrogênio que compreende a conversão do nitrogênio orgânico em formas minerais como nítricas e amoniacais.

A adição de fertilizantes de modo geral impacta positivamente os processos biológicos de decomposição e mineralização da matéria orgânica do solo (FIOREZE, 2010). No entanto, parte do nitrogênio mineral aplicado no solo é absorvida pelas culturas em porcentagem que varia de 40 a 60% na forma de nitrato ou amônio. O restante é imobilizado, incorporado ao solo como nitrogênio orgânico ou perdido por percolação ou volatilização (FURTINI NETO et al., 2001).

O nitrogênio disponível para as plantas depende da quantidade de matéria orgânica do solo (AMADO et al., 2001), da característica dos resíduos vegetais (TRINSOUTROT et al., 2000), do manejo adotado (KRISTENSEN et al., 2003), da classe de solo (THOMSEN et al., 2000), da umidade, da aeração e da temperatura do solo (SIERRA E MARBÁN, 2000).

Há uma relação entre a quantidade de matéria orgânica do solo com sua umidade, temperatura e até mesmo com seu pH. Condições de altas temperaturas e altas umidades favorecem a degradação ou a diminuição da quantidade da matéria orgânica, isto é, sua conversão na forma de íons nitrato e amônio. Vale ressaltar que temperatura e presença de água constituem-se como fatores que contribuem para a aceleração das reações químicas. Além disso, cenários agrícolas que apresentam condições de alta umidade podem intensificar o processo de lixiviação. Segundo Aita & Giacomini (2003) a ocorrência de drenagem no perfil do solo, aumenta o risco de lixiviação de N-NO_3^- , que se for acompanhada da lixiviação de material orgânico potencializa as perdas de nitrogênio via gases nitrosos ou desnitrificação, que é o processo de oxidação do nitrato a nitrogênio molecular (N_2) (SIGNOR, 2010), que

também é favorecida por condições de baixa aeração, as quais se caracterizam pela ocupação majoritária dos poros do solo com moléculas de água.

Em solos com valores de pH mais próximos aos demandados pelos cultivos agrícolas (pH = 6,5) ocorre certo equilíbrio entre os processos de mineralização e os teores de matéria orgânica do solo. À medida que o pH aumenta em virtude da aplicação de corretivos de acidez, a atividade microbiana se intensifica.

O nitrogênio deve ser fornecido em quantidades adequadas para as culturas. A toxidez do elemento favorece intensamente o crescimento vegetativo da planta com o alargamento de seus entrenós, abortamento de suas flores e atraso na maturação, ao mesmo tempo em que as mesmas podem tornar-se mais suscetíveis ao ataque de doenças e pragas (FILGUEIRA, 2008). A deficiência de nitrogênio reduz a capacidade de crescimento das plantas com suas folhas velhas tornando-se cloróticas. Como o nitrogênio é de alta mobilidade na planta ele se desloca para as folhas mais novas, que neste panorama nutricional permanecem pequenas apresentando aspecto de murchamento.

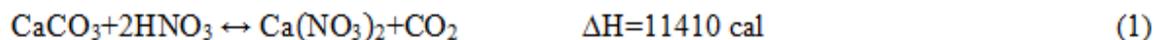
O nitrogênio é um nutriente que influencia os processos envolvidos no crescimento e desenvolvimento das plantas, alterando a relação fonte-dreno e a distribuição de assimilados entre órgãos vegetativos e reprodutivos. Em cucurbitáceas, o aumento da dose de nitrogênio, até determinado limite exerce efeito na produção de fotoassimilados e na produção de frutos (QUEIROGA et al., 2007).

Borges e Silva (2011) afirmam que o nitrogênio é o nutriente mais aplicado em fertirrigação e a prática de seu parcelamento é recomendada devido a sua alta mobilidade no solo, alto índice salino dos fertilizantes e pela baixa exigência inicial das culturas. De modo geral, as fontes nitrogenadas caracterizam-se por apresentar alta solubilidade, elevado índice salino e alto índice de acidez.

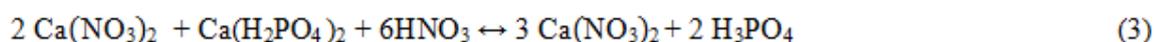
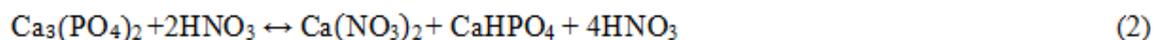
Segundo Carrijo et al. (2004), as fontes de nitrogênio mais utilizadas na fertirrigação são o nitrato de cálcio (14 a 15,5% N), o nitrato de potássio (13% N), o nitrato de amônio (34% N), a uréia (45% N), o MAP purificado (11% N), o DAP (16% N) e o sulfato de amônio (21% N).

O nitrato de cálcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) pode ser produzido por reação direta e através da fabricação de nitrofosfatos. No primeiro processo o calcário moído (CaCO_3) reage com ácido nítrico (HNO_3) em torres especiais revestidas com materiais resistentes a corrosão. Gera-se uma solução que possui 40% de nitrato de cálcio a qual é clarificada em cubas de

sedimentação e concentrada a vácuo em evaporadores. Posteriormente, acrescenta-se nitrato de amônio (NH_4NO_3) com a finalidade de se aumentar o teor de N e se faz a perolação em torres com os grânulos característicos do fertilizante sendo resfriados e embalados em sacos permeáveis (MALAVOLTA, 1981). Este processo pode ser mais bem observado através da reação exotérmica expressa na equação 1:



No segundo processo, o nitrato de cálcio é o subproduto originado de reações químicas do processo norueguês Odda no qual se obtém os nitrofosfatos.



Klaus (2007) afirma que o nitrato de cálcio pode fornecer rapidamente o cálcio em culturas conduzidas em sistemas fertirrigados e que plantas adubadas com este fertilizante apresentam-se 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. Cálcio atua como protetor das paredes celulares das plantas. Desta forma, cria-se uma barreira contra o ataque de patógenos.

2.5.2 Potássio (K)

A maior parte do potássio dos solos está retida em minerais primários como biotita e muscovita ou associada a minerais argilosos secundários como a vermiculita (MARENCO & LOPES, 2009). A presença do íon monovalente de potássio (K^+) na solução do solo depende do processo de intemperismo, que compreende a ocorrência de desintegrações e decomposições dos minerais, que contem armazenados em suas estruturas os nutrientes necessários para o crescimento, desenvolvimento e produção das plantas.

No solo o potássio encontra-se em equilíbrio em três formas: $\text{K}_{\text{fixo}} \leftrightarrow \text{K}_{\text{trocável}} \leftrightarrow \text{K}_{\text{solúvel}}$. O potássio fixo (K_{fixo}) ou não trocável é aquele presente

na estrutura dos minerais primários, sendo que o mesmo é muito pouco disponível às plantas diretamente (MELO et al., 2009). Entretanto, ele constitui uma reserva que pode ser utilizada à medida que os teores do potássio trocável ($K_{\text{trocável}}$) diminuem. O potássio trocável ($K_{\text{trocável}}$) é aquele que se encontra adsorvido juntamente com os colóides do solo, podendo integrar a solução do solo, pois é tido como reserva prontamente disponível às plantas no período de cultivo. Neste caso, diz-se que ele foi desorvido, sendo que os íons de hidrogênio (H^+) passam a ser adsorvidos pelos colóides do solo (MARENCO & LOPES, 2009). O potássio solúvel ($K_{\text{solúvel}}$) é o presente na solução do solo predominando sua presença na forma iônica (K^+).

O potássio é, de maneira geral, o nutriente mais exigido pelas hortaliças, sendo absorvido na forma de íon monovalente (K^+), de modo que altas concentrações de íons de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) reduzem sua absorção. Isto pode ser explicado devido ao fato de que os três íons competem pelo sítio de ligação da proteína transportadora localizada nas células das raízes das plantas. A este processo dá-se o nome de inibição competitiva (MALAVOLTA et al., 1997).

A ativação de diversas enzimas inerentes ao metabolismo vegetal depende da presença de potássio. Este elemento está envolvido na síntese de amido, de proteínas, no processo de osmorregulação, isto é, a regulação do potencial osmótico das células, em especial a abertura e fechamento de estômatos. Este último processo tem efeito direto sobre a maior difusividade de gás carbônico (CO_2) nas células do mesófilo foliar das folhas dos vegetais (FAQUIN & ANDRADE, 2004). Posteriormente, o gás carbônico é incorporado à enzima ribulose 1,5 bifosfato, resultando na produção de carboidratos através do Ciclo de Calvin Benson (TAIZ & ZEIGER, 2012).

O potássio é um elemento de alta mobilidade na planta sendo que na ocorrência de deficiência nutricional, os sintomas se manifestarão nas folhas mais velhas do vegetal, pois ele passa a estar contido nas folhas mais novas. Os sintomas visuais que caracterizam a deficiência potássica compreendem cloroses seguidas de necroses nas margens e pontas das folhas. Um suprimento inadequado de potássio ocasiona um funcionamento irregular dos estômatos, podendo diminuir a assimilação de gás carbônico (CO_2) e a taxa fotossintética, a produção de fotoassimilados, prejudicando assim a produção das culturas. Por outro lado, o excesso de potássio pode inibir a absorção de íons de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}),

chegando muitas vezes a causar a deficiência destes dois nutrientes, com a queda de produção (SILVEIRA e MALAVOLTA, 2012).

As fontes de potássio (K) mais utilizadas na fertirrigação são o cloreto de potássio (50% K), o nitrato de potássio (36% K), sulfato de potássio (41% K) e o fosfato monopotássico (28% K) (CARRIJO et al., 2004). Entretanto, o cloreto de potássio é o fertilizante potássico mais utilizado pelos agricultores no mundo em virtude de apresentar alta concentração de potássio e a melhor relação custo/benefício (NOVAIS et al., 2007). A solubilidade do cloreto de potássio a 20 °C é de 347 g L⁻¹, sendo dentre os fertilizantes potássicos o mais solúvel e o de maior índice salino (116) (TRANI et al., 2011).

O cloreto de potássio pode ser obtido através dos minérios silvinita e carnalita. Se a matéria prima é o primeiro mineral anteriormente citado, o mesmo é previamente triturado, passando por lavagem e aquecimento, gerando-se uma solução pobre em cloreto de potássio (KCl), que em seguida passa pelos processos de clarificação, cristalização, filtragem e secagem, para a obtenção de cloreto de potássio altamente puro. Se a matéria-prima utilizada é a carnalita, o minério moído é previamente lavado, de modo que, neste processo utiliza-se uma solução salina aquecida. Nesta lavagem o cloreto de potássio é dissolvido sendo que posteriormente a solução é resfriada em cristalizadores, mas o produto obtido é pobre em KCl. A carnalita é recuperada por evaporação e refrigeração, e previamente cristalizada, é então novamente lavada em água quente e recristalizada. O cloreto de potássio obtido é muito puro (MALAVOLTA, 1981).

Este fertilizante potássico também pode ser produzido através do processo de flotação, que consiste em se estimular a subida de partículas presentes em um ou mais minerais para a superfície através do emprego de bolhas de ar. Formam-se espumas superficiais que contém as partículas minerais, as quais são separadas através de um processo de raspagem. A suspensão que contém os minérios potássicos é agitada mecanicamente em tanques rasos e recebe a injeção de bolhas de ar sendo que as partículas de KCl aderem-se a elas formando aglomerados que menos densos que a suspensão sobem até a superfície de onde são raspados. As partículas de cloreto de potássio coletadas são filtradas e secas, sendo finalmente conduzidas para armazéns (MALAVOLTA, 1981).

O potássio é um elemento de alta mobilidade no solo mas ele movimenta-se no solo conforme sua concentração na solução neste e a capacidade de troca catiônica (CTC). A interpretação dos resultados obtidos em distintas pesquisas têm mostrado que o nutriente

aplicado via gotejamento consegue realizar deslocamentos verticais e laterais, sendo os avanços laterais e verticais de 0,60 a 0,75 m de distância em relação ao emissor (ROLSTON et al., 1979).

Não existe qualquer tipo de restrição à aplicação de potássio via água de irrigação. Juntamente com nitrogênio é um dos nutrientes aplicados com maior frequência em virtude de sua alta mobilidade e alta solubilidade em água (GUERRA et al., 2004).

3. REFERÊNCIAS

AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.; BRUM, A.C.R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p.189-197, 2001.

ARAÚJO, J.S.; ANDRADE A. P. de; RAMALHO, C. I.; AZEVEDO, C. A. V. de. Cultivo do pimentão em condições protegidas sob diferentes doses de nitrogênio via fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.5, p. 559-565, 2009a.

ARAÚJO, J. S.; ANDRADE A. P. DE.; RAMALHO, C .I.; AZEVEDO, C. A. V. de. Características de frutos de pimentão cultivado em ambiente protegido sob doses de nitrogênio via fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.152-157, 2009b.

ARAÚJO, J.A.C. Recentes avanços da pesquisa agronômica na plasticultura brasileira. In: ARAUJO, J.A.C.; CASTELLANE, P.D. (Eds.) **Plasticultura**. Jaboticabal. FUNEP. p.41-52. 1991.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2 ed. Campina Grande: CCT/UFPB, 1999. 153 p. (Estudos FAO irrigação e drenagem, 29).

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. Viçosa: UFFV, 2008, 656 p.

BOAS, R. L. V.; SOUZA, T. R. Fertirrigação: uso e manejo. In: **SIMPÓSIO EM SISTEMAS AGROSILVIPASTORIS NO SEMI-ÁRIDO**, 1., 2008, Campina Grande.

BORGES, A.L; SILVA. D.J. Fertilizantes para fertirrigação. In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 255-264.

BRUCE, R.R.; CHESNESS, J.L.; KEISLING, T.C. **Irrigation of crop in the south Eastern United States: Principle and practices**. Washington: U.S. Dep. Agr. Ver. & Man., 76 p. 1980.

BUSATO, C. C. M.; SOARES, A.A.; SEDIYAMA, G. C.; MOTOIKE, S.Y.; REIS, E. F. dos. Manejo da irrigação e fertirrigação com nitrogênio sobre as características químicas da videira 'Niágara Rosada'. **Ciência Rural**, v.41, n.7, p. 1183-1188. 2011.

CARPES, R. H.; LÚCIO, A.D.C.; LOPES, S.J.; BENZ,V.; HAESBAERT, F.; SANTOS, D. Variabilidade produtiva e agrupamentos de colheitas de abobrinha italiana cultivada em ambiente protegido. **Ciencia Rural**. v.40, n.2, p. 264-271, 2010.

CARPES, R. H. **Variabilidade da fitomassa de frutos de abobrinha italiana e de tomate e o planejamento experimental**. Santa Maria. 2008. 92p. Dissertação de Mestrado. Centro de Ciências Rurais. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria.

CARRIJO, O. A.;SOUZA, R.B.; MAROUELLI, W.A.; ANDRADE, R.J. Fertirrigação de hortaliças. Brasília: Embrapa Hortaliças. 2004. 12p. (**Circular técnica n° 32**).

COELHO, R.D. **Contribuições da irrigação pressurizada para o Brasil**. Piracicaba. 2007. 192p. Tese de Livre Docência. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba.

FAQUIN, V.; ANDRADE, A.T. **Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional de hortaliças**. Lavras: UFLA/FAEPE. 2004. 88p.

FERNANDES, A. L.; FILHO, H. G. Manejo da fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura do melão rendilhado (*Cucumis melo reticulatus Naud*). **Irriga**, Botucatu, v.8, n.3, p.178-190, 2003.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de oleicultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2008, 412p.

FIGUEIRE, C. **Liberação de nitrogênio em diferentes solos e épocas de cultivo sob adubação orgânica**. Santa Maria. 2010. 101p. Tese de Doutorado. Centro de Ciências Rurais. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria.

FURTINI NETO, A.E.; VALE, F.R.; RESENDE, A.V.; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G.A.A. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252p.

GAMA, A. da S; LIMA, H. N.; LOPES, M.T.G.; TEIXEIRA, W. G. Caracterização do modelo de cultivo protegido em Manaus com ênfase na produção de pimentão. **Horticultura Brasileira**, vol.26, n.1, p. 121-125. 2008.

GUERRA, A.G.; ZANINI, J.R.; NATALE, W.; PAVANI, L.C. Frequência de fertirrigação da bananeira prata-anã com nitrogênio e potássio aplicados por microaspersão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.80-88, 2004.

IMTIYAZ, M.; MGADLA, P.N.; MANASE, S.K.; CHENDO, K.; MOTHABI, E.O. Yield and economic return of vegetable crops under variable irrigation. **Irrigation Science**. v. 19, p.87-93, 2000.

JÚNIOR, R.S.de O; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. 202p.

KANEKO, F.H.; HERNANDEZ, F.B.T.; SHIMADA, M.M.; FERREIRA, J.P. Análise econômica da fertirrigação e adubação tratorizada em pivôs centrais considerando a cultura do milho. **Revista Agrarian**, Dourados, v.5, n.161, p.161-165, 2012.

KLAUS, B. Cálcio nos solos e nas plantas. Research Centre Hanninghof, Yara International, Alemanha. **Informações agrônômicas**, n.117, 2007.

KRISTENSEN, H.L.; DEBOSZ, K; McCARTY, G.W. Short-term effects of tillage on mineralization of nitrogen and carbon in soil. **Soil Biology & Biochemistry**, v.35, p. 979-986, 2003.

KUMAGAIA, P. Plasticultura na Cooperativa Agrícola de Cotia-Cooperativa Central. In: ARAÚJO, J.A.C. ; CASTELLANE, P.D. (Eds.) **Plasticultura**. Jaboticabal. FUNEP. p. 53-56. 1991.

LIMA, P.A. de; MONTENEGRO, A.A. de A.; JÚNIOR, M. de A. L.; SANTOS, F.X. dos; PEDROSA, E.M.R. Efeito do manejo da irrigação com água moderadamente salina na produção de pimentão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.1, n. 1, p.73-80, 2006.

LUZ, G. L. **Frequência de irrigação no cultivo hidropônico da alface**. 2008. 60 p. Dissertação de Mestrado. Centro de Ciências Rurais. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 596p.

MARCUSSI, F.F.N.; GODOY, L.J.G.; VILLAS BÔAS, R. L. Fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura do pimentão baseada no acúmulo de N e K pela planta. **Revista Irriga**, v. 9, n. 1, p. 41-51, 2004.

MARENCO, R.M; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas, nutrição mineral**. Viçosa: UFV, 2009. 486 p.

MARQUELLI, W. A. **Uso da irrigação como estratégia na prevenção de doenças em hortaliças**. Embrapa hortaliças, 2004.

MARTINS, G. Produção de tomate em ambiente protegido. **2.º Encontro Nacional de Produção e Abastecimento de Tomate**, Jaboticabal, SP. 1991. p.219-230.

MELO, A. S. de; BRITO, M. E. B.; DANTAS, J. D. de M.; JÚNIOR, C. D. S. da; FERNANDES, P. D.; BONFIM, L. V. Produção e qualidade do pimentão amarelo sob níveis de potássio em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 1, p. 17-21, 2009.

MENDES, E. da S. **Uso consultivo de água pela alface (*Lactuca sativa* L.) cultivares verônica (crespa) e elisa (lisa) pelo método da irrigação e percolação**. 2009. 30 p. Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia. Instituto Federal do Sul de Minas. Inconfidentes.

NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, A.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R. L . F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade de solo**. Viçosa. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 756p.

OLIVEIRA, S.L.; BORGES, A.L.; COELHO, E.F.; FILHO, C.M.A; SILVA, J.T.A. **Uso da irrigação e da fertirrigação na produção integrada de banana no norte de Minas Gerais**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2005, 7p.

PAPADOPOULOS, I. Tendências da fertirrigação: processos de transição da fertilização convencional para a fertirrigação. In: FOLEGATTI et al. (Coord.). **Fertirrigação: Flores, frutas e hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 356p.

PEIXOTO, J.F.S.; GUERRA, H.O.C.; CHAVES, L.F.G. Alterações de atributos químicos do solo pela fertirrigação com nitrogênio e potássio. **Agropecuária Técnica**, v.27, n.2, p.69–76, 2006.

PEREIRA, S.; MELO, B. **Fertirrigação, Adubação e Nutrição das culturas do Abacaxizeiro e Maracujazeiro**. 2008. Disponível em: < http://www.fruticultura.iciag.Ufu.br/fertirrigacao.htm_Toc44500129>. Acesso em: 18 Maio. 2011.

PIRES R.C de M., SAKAI, E., ARRUDA, F.B, CALHEIROS, R. de O.. Manejo da irrigação em hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v. 18, n.1, p.147-157. 2000.

PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia**. Madrid: Mundi-prensa, 1996. 417 p.

PUIATTI, M.; SILVA, D.J.H. Abóboras e morangas. In: FONTE P.C.R (ed). **Olericultura - teoria e prática**. Viçosa: UFV. 2005. p.279-298

PURQUERIO, L. F. V.; DEMANT, L. A. R.; GOTO, R.; BOAS, R. L. V.. Efeito da adubação nitrogenada de cobertura e do espaçamento sobre a produção de rúcula. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 25, n. 3, p. 464-470, 2007.

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**, v. 25, p.550-556. 2007.

REIS, E. F. DOS; BARROS, F.M.; CAMPANHARO, M.; PEZZOPANE, J.E.M. Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação por gotejamento. **Engenharia Na Agricultura**, v. 13, n. 2, p.74-81. 2005.

RODRIGUES, I. N.; LOPES, M.T.G.; GAMA, A. da S.; RODRIGUES, M. do R.L. Produção e qualidade de frutos de híbridos de pimentão (*Capsicum annuum*) em ambiente protegido em Manaus-AM. **Acta Amazônica**, v.37, n.4, p. 491-495, 2007.

RODRIGUES, S.D.; PONTES, A.L.;MINAMI, K.; DIAS, C.T.S. Quantidade absorvida e concentrações de micronutrientes em tomateiro sob cultivo protegido. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.59, n.1, 2002.

ROLSTON, D. E.; SCHULBACH, R. S.; PHENE, C. J.; MILLER, R. J.; URIU, K.; CARLSON, R. M.; HANDERSON, D. W. **Applying nutrients and other chemicals to trickle irrigated crops**. Berkeley: University of California, 1979. 14 p. (Bulletin, 1893).

RUAS,R. A. A.; TEIXEIRA,M. M.; FARIA,R. V.; SILVA, A.A. da; FERNANDES,H. C.; REIS, F.P. dos. Eficácia do fomesafen aplicado via água de irrigação por aspersão no controle de *Bidens pilosa*. **Engenharia na Agricultura**, v.14, n.3, p.170- 178, 2006.

SANTOS, L. da C.; ZOCOLER, J.S.; JUSTI, A.L.; SILVA, A.O.; CORREIA, J. de S. Estudo comparativo da taxa de injeção em injetor do tipo venturi com e sem válvula de retenção, **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, p. 145 - 154, 2012.

SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO (SEAB). 2013. **Olericultura – Análise da Conjuntura Agropecuária**. 2013. Disponível em: http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/olericultura_2012_13.pdf. Acesso em: 06 janeiro. 2013.

SIERRA, J.; MARBÁN, L. Nitrogen mineralization pattern of an oxisol of Guadeloupe, French West Indies. **Soil Science Society of American Journal**, v.64, p.2002-2010, 2000.

SIGNOR, D. **Estoques de carbono e nitrogênio e emissões de gases de efeito estufa em áreas de cana-de-açúcar na região de Piracicaba**. 2010. 119p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

SILVEIRA, R.L.V. de A.; MALAVOLTA, E. **Nutrição e adubação potássica em Eucalyptus**. Disponível em: < [http://www.potafos.org/ppiweb/brazil.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/d5fbc829a2f54298832569f8004695c5/\\$FILE/Encarte%2091.pdf](http://www.potafos.org/ppiweb/brazil.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/d5fbc829a2f54298832569f8004695c5/$FILE/Encarte%2091.pdf) >. Acesso em: 29 março. 2012.

SMITTLE, D.A.; WILLIAMSON, R.E. Effect of soil compactation and nitrogen source on growth and yield of squash. **Journal of American Society of Horticulture Science**. New York, v. 10, p. 535-537, 1977.

SOCCOL, O. J. **Quimigação - Vantagens e adequações**. Disponível em: <<http://www.crea-sc.org.br/portal/index.php?cmd=artigos-detalhe&id=94>, acesso>. Acesso em: 18 maio. 2011.

SOUSA, G.C.D. **Manejos da irrigação e da adubação potássica fertirrigada e aplicada pelo método convencional na cultura do amendoim**. Fortaleza. 2011. 156p. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza.

SOUSA, V. F.; SOUZA, A. P. Fertirrigação: princípios e métodos de aplicação, vantagens e limitações. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22., 1993, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: SBEA, 1993. p. 2519-28.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed. 2012. 719p.

THOMSEN, I.K.; OLESEN, J.E.; SCHJONNING, P.; JENSEN, B.; CHRISTENSEN, B.T. Net mineralization of soil N and ¹⁵N-ryegrass residue in differently textured soils of similar mineralogical composition. **Soil Biology & Biochemistry**, v.33, p.277-285, 2000.

TRANI, P.E.; TIVELLI, S.W.; CARRIJO, O.A. Fertirrigação em hortaliças. Campinas: Instituto Agrônomo, 2. Ed., 2011. 58 p. (**Boletim Técnico IAC, 196**).

TRINSOUTROT, I.; RECOUS, S.; BENTZ, B.; LINÈRES, M.; CHÈNEBY, D.; NICOLARDOT, B. Biochemical quality of crop residues and carbon and nitrogen mineralization kinetic under nonlimiting nitrogen conditions. **Soil Science Society of American Journal**, v.64, p.918-926, 2000.

VECCHIA, P.T.D. ; KOCH, P.S. História e perspectivas da produção de hortaliças em ambiente protegido no Brasil. **Informe Agropecuário**, n. 20, p.5-10. 1999.

VENEGAS, F. **Controle do mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) do feijoeiro com o fungicida procimidone aplicado em pulverização e fungigação**. Botucatu. 2006. 168p. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

VIDA, J. B.; ZAMBOLIM, L.; TESSMANN, D.J; FILHO, J.U.T. VERZIGNASSI, J.R.; CAIXETA, M.P. Manejo de doenças de plantas em cultivo protegido. **Fitopatologia Brasileira**. 2004, v.29, n.4, p. 355-372.

CAPÍTULO 1

Crescimento de abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) utilizando fertirrigação nitrogenada e potássica em cultivo protegido

Crescimento de abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) utilizando fertirrigação nitrogenada e potássica em cultivo protegido

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo avaliar o crescimento de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus mediante a influência de aplicação de doses de nitrogênio e potássio por meio da fertirrigação. O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Centro Técnico de Irrigação do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá. As sementes de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus foram semeadas em bandejas de poliestireno de 72 células e o transplante à área experimental ocorreu 21 dias após a semeadura. As mudas foram transplantadas em espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,7 m entre plantas. Utilizou-se o sistema de microirrigação por gotejamento com um gotejador por planta operando com vazão nominal de 4 L h⁻¹. Foi adotado delineamento inteiramente casualizado arranjado em fatorial (4 X 4) com três repetições. Os tratamentos compreenderam doses de N (0 kg ha⁻¹ de N, 90 kg ha⁻¹ de N, 180 kg ha⁻¹ de N e 270 kg ha⁻¹ de N) e doses de K (0 kg ha⁻¹ de K₂O, 90 kg ha⁻¹ de K₂O, 180 kg ha⁻¹ de K₂O e 270 kg ha⁻¹ de K₂O) que foram fornecidas às plantas por fertirrigação. Foram avaliadas as seguintes variáveis de crescimento: Número de folhas (NF), Número de flores masculinas (NFM), Número de flores femininas (NFF), Altura de Plantas (AP), Diâmetro de caule (DCA). A aplicação da dose de 270 kg ha⁻¹ de N proporcionou a obtenção de plantas de abobrinha italiana com número máximo de folhas (38,5 folhas planta⁻¹). Entretanto, esta variável não foi afetada pelas aplicações de potássio por fertirrigação. A aplicação das doses de 270 kg ha⁻¹ de N e 270 kg ha⁻¹ de K₂O proporcionou a obtenção de plantas com o máximo número de flores masculinas (69,8 flores masculinas planta⁻¹ e 53,5 flores masculinas planta⁻¹, respectivamente). A aplicação da dose de 270 kg ha⁻¹ de N e de 173,75 kg ha⁻¹ de K₂O por fertirrigação promoveu a obtenção de plantas de abobrinha italiana com o máximo número de flores femininas (20,17 flores femininas planta⁻¹ e 16,6 flores femininas planta⁻¹, respectivamente). A aplicação da dose de nitrogênio de 122,5 kg ha⁻¹ de N e da dose de potássio de 270 kg ha⁻¹ de K₂O proporcionou a obtenção de plantas de abobrinha italiana com a máxima altura (44,6 cm e 44 cm, respectivamente) enquanto que a dose de 145 kg ha⁻¹ de N e a dose de 270 kg ha⁻¹ de K₂O proporcionou a obtenção de plantas com os máximos diâmetros de caule (0,64 cm e 0,54 cm, respectivamente).

Palavras-chave: Adubação. Aproveitamento. Irrigação. Nutrição mineral.

Growth of italian zucchini (*Cucurbita pepo* L.) fertirrigation using nitrogen and potassium in protected cultivation

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the growth of plants zucchini cultivar Novita Plus through the influence of application of nitrogen and potassium through fertigation. The experiment was conducted in a greenhouse at the Department of Agronomy, State University of Maringa Technical Centre for Irrigation. The seeds of zucchini cultivar Novita Plus were sown in polystyrene trays with 72 cells and transplant the experimental area occurred 21 days after sowing. The seedlings were transplanted into 1.0 m spacing between rows and 0.7 m between plants. We used the micro-irrigation system drip with a dripper per plant operating at nominal flow rate of 4 L h⁻¹. Completely randomized design with a factorial (4 X 4) with three replicates was used. The treatments consisted of N rates (0 kg ha⁻¹ de N, 90 kg ha⁻¹ de N, 180 kg ha⁻¹ de N and 270 kg ha⁻¹ de N) and K rates (0 kg ha⁻¹ de K₂O, 90 kg ha⁻¹ de K₂O, 180 kg ha⁻¹ de K₂O and 270 kg ha⁻¹ de K₂O) that were provided to plants by fertigation. Number of leaves (NL), number of male flowers (NFM), number of female flowers (NFF), Plant Height (PH), stem diameter (DCA). The following variables were evaluated for growth. Applying the rate of 270 kg ha⁻¹ of N resulted in obtaining zucchini plants with maximum number of leaves (38,5 leaves plant⁻¹). However, this variable was not affected by potassium application by fertigation. The application of doses of 270 kg ha⁻¹ of N and 270 kg ha⁻¹ of K₂O gave obtaining plants with the maximum number of male flowers (69,8 male flowers plant⁻¹ and 53,5 male flowers plant⁻¹, respectively). Applying the rate 270 kg ha⁻¹ of N and 173,75 kg ha⁻¹ of K₂O by fertigation promoted of zucchini plants with the maximum number of female flowers (20,17 female flowers plant⁻¹ and 16,6 female flowers plant⁻¹, respectively). The application of nitrogen rate of 122,5 kg ha⁻¹ of N and 270 kg ha⁻¹ of K₂O gave obtaining zucchini plants with maximum height (44,6 cm and 44 cm, respectively), while applying the dose of 145 kg ha⁻¹ of N and 270 kg ha⁻¹ of K₂O provided the production of plants with the maximum diameter of the stem (0,64 cm and 0,54 cm, respectively) .

Keywords: fertilizer, water, consumption, vegetables, quality.

1.1 INTRODUÇÃO

A abobrinha (*Cucurbita pepo* L.) é conhecida no Brasil como abóbora de moita, abobrinha italiana, abobrinha de tronco (FILGUEIRA, 2008) sendo umas das dez hortaliças de maior valor econômico e maior produção em nível nacional principalmente no eixo Centro Sul do país (COUTO et al., 2009).

No ano de 2011 foram produzidas cerca de 3.187.953 toneladas de hortaliças no Estado do Paraná em uma área de 171.354 hectares sendo que foram produzidas na safra paranaense 17,6 t ha⁻¹ de abobrinha italiana, cultura que respondeu por 1% da produtividade estadual de hortaliças. A produção paranaense de olerícolas sofreu acréscimo de 54% no período de 2000 a 2011 (SEAB, 2013). A produção de espécies oleráceas caracteriza-se pelas atividades serem realizadas em pequenas propriedades e por ser oriunda de mão de obra familiar. Tal fato contribui para a manutenção do homem no campo e ao mesmo tempo estimula a geração de empregos, pois as atividades são desenvolvidas sob baixa utilização de maquinários agrícolas.

O cultivo protegido se caracteriza por ser um sistema de produção agrícola especializado que possibilita a realização do manejo das condições edafoclimáticas como: temperatura, umidade do ar, radiação, solo, vento e composição atmosférica. Além do controle parcial das condições edafoclimáticas, o cultivo protegido permite a realização de cultivos em épocas que normalmente não seriam escolhidas para a produção a céu aberto (PURQUERIO & TIVELLI, 2012). Além disso, nestes cultivos ocorre a maximização das taxas de crescimento das espécies vegetais possibilitando a redução do ciclo da cultura (SILVA et al., 2009).

A irrigação é prática obrigatória e o manejo racional da água deve ser considerado (OLIVEIRA et al., 2011). A adoção da irrigação na cultura da abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) promove a adequação do consumo de água sendo que a microirrigação por gotejamento mostra-se como alternativa viável devido ao baixo custo de energia e alto potencial de minimização de impactos causados ao solo (CARPES et al., 2008). Santinato et al. (2008) apresentam mais algumas vantagens da utilização da microirrigação por gotejamento como: a) maior eficiência na adubação e no controle fitossanitário; b) maior produtividade; c) menor interferência nas práticas culturais; d) boa adaptação a distintas topografias e solos; e) possibilidade de sua utilização em solos salinos e com água salina; f)

economia de mão – de – obra.

O nitrogênio está presente em diversos compostos orgânicos como aminoácidos e ácidos nucleicos (DNA e RNA). Este macronutriente primário participa de distintos processos fisiológicos que são indispensáveis para o ciclo vital das plantas, tais como: absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular, além da herança genética. Ao ser absorvido pelas raízes este nutriente é transportado via corrente transpiratória para a parte aérea dos vegetais através dos vasos condutores do xilema. Posteriormente, o elemento é redistribuído via floema, já na forma de aminoácidos. Em condições de deficiência de nitrogênio, o mesmo é mobilizado das folhas mais velhas para órgãos e folhas mais novas (EPSTEIN & BLOOM, 2006).

O potássio também é um macronutriente que desempenha várias funções nas plantas, como: controle da turgidez celular, ativação de muitas enzimas dentre elas as envolvidas nos processos de respiração e fotossíntese. Este elemento químico também está envolvido na regulação dos processos de abertura e fechamento dos estômatos, transporte de carboidratos e transpiração. Além disso, proporciona às espécies vegetais resistência à geada, seca, salinidade e às doenças e aumenta a resistência das plantas ao acamamento (MALAVOLTA, 2006; PRADO, 2008).

Um dos objetivos da exploração agrícola é aumentar a produtividade das culturas. No entanto, estes acréscimos devem estar alinhados com a redução dos custos de produção. Para que isto ocorra, as práticas culturais relacionadas com as adubações devem ser eficientes (KANO et al., 2010). A aplicação de fertilizantes às plantas por meio da água de irrigação denomina-se fertirrigação e esta é uma prática que se adapta mais facilmente aos sistemas de microirrigação em virtude de sua alta eficiência de aplicação de água (TRANI et al. 2011).

Por meio da fertirrigação a possibilidade da realização de ajustes às diferentes fases fenológicas das culturas torna-se real, o que contribui para o aumento da eficiência de uso e da economia de fertilizantes. A fertirrigação tolera flexibilidade de mudanças nas relações existentes entre os nutrientes e também permite a distribuição e localização dos fertilizantes em regiões do solo onde existam maiores densidades de raízes. Além disso, possibilita controlar a profundidade de aplicação dos fertilizantes diminuindo a perda de nutrientes pelo processo de lixiviação e indiretamente provoca menor compactação do solo em virtude da diminuição do trânsito de máquinas agrícolas utilizadas nas operações de adubação. Como as operações de irrigação e adubação aliam-se em um único procedimento ocorre também

economia de mão de obra e comodidade nas aplicações de fertilizantes (CARRIJO et al., 2004).

A necessidade da utilização de fertilizantes de alta solubilidade é uma característica importante da fertirrigação (SOUZA, 2006) para que a concentração final dos nutrientes na solução seja realmente a calculada e para que não ocorra o entupimento dos gotejadores (BORGES & SILVA, 2011). Potássio e nitrogênio são os nutrientes aplicados com maior frequência na fertirrigação em virtude de apresentarem elevada mobilidade no solo, principalmente nitrogênio, e também por serem muito solúveis na água (GUERRA et al., 2004). Dentre os fertilizantes nitrogenados e potássicos mais utilizados na fertirrigação, destacam-se o nitrato de cálcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) e o cloreto de potássio (KCl), respectivamente.

Este trabalho teve como objetivo avaliar os impactos provocados por doses de nitrogênio e potássio aplicadas pela fertirrigação no crescimento de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus conduzidas em ambiente protegido.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado e conduzido no período de agosto a dezembro de 2012 em casa de vegetação localizada no Centro Técnico de Irrigação (CTI) da Universidade Estadual de Maringá, na cidade de Maringá, Estado do Paraná, cujas coordenadas geográficas são de 23°25' de latitude sul e 51°57' de longitude oeste.

A casa de vegetação foi construída no sentido Norte – Sul, apresentando cobertura em arco possuindo 30 m de comprimento, 5,7 m de largura e 2,5 m de pé direito. As fachadas foram envolvidas com tela antiafídica e possuem rodapé composto de alvenaria de 0.25 m de altura. O teto foi coberto com filme plástico de polietileno de baixa densidade de 150 micra de espessura, com tratamento anti – UV.

O clima do município de Maringá é do tipo subtropical (Cfa) que se caracteriza por ocorrência de temperaturas médias inferiores a 18° C no mês mais frio e temperaturas superiores a 22 °C no mês mais quente, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida (IAPAR, 2014). Na Figura 1 são apresentados os dados referentes às temperaturas registradas durante o decorrer do experimento na área experimental, obtidas utilizando termômetro de máxima e mínima.

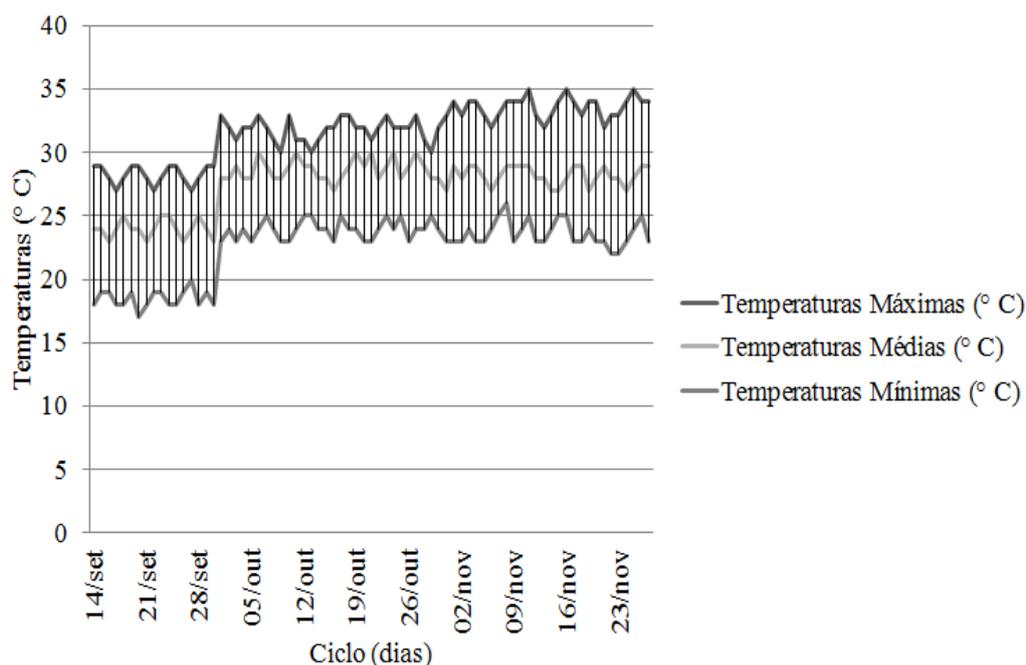


Figura 1. Valores de temperatura máxima, média e mínima no período de setembro de 2012 a novembro de 2012.

O solo da área pertence à classe Nitossolo Vermelho Distroférrico típico com Horizonte A moderado, textura argilosa, fase florestal perenifólia (EMBRAPA, 2013). Este solo apresenta as seguintes características químicas: pH em CaCl_2 , 4,9; P: $3,19 \text{ mg dm}^{-3}$; K^+ : $0,16 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Ca^{2+} : $2,00 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Mg^{2+} : $0,60 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Al^{3+} : $0,62 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$: $3,74 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; matéria orgânica: $17,97 \text{ g dm}^{-3}$, CTC: $6,50 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e saturação de bases (V%): 42,46%.

Foi realizada aplicação de calcário ($0,29 \text{ t ha}^{-1}$) para elevação da saturação de bases (V%) a 80% de acordo com a recomendação para a cultura elaborada por Trani (2007). Posteriormente, o solo da área foi preparado visando à construção dos canteiros com a utilização da enxada rotativa. Em seguida, realizou-se a demarcação da área experimental de modo que foram delimitados sete canteiros que distaram 1 m entre si, sendo que os canteiros das extremidades distaram 0,45 m da mureta da casa de vegetação. Todos os canteiros foram confeccionados manualmente através da utilização de enxadas e enxadões.

Ao mesmo tempo, foram semeadas as sementes de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em três bandejas de isopor de 72 células. Primeiramente, estas bandejas foram higienizadas com solução de água sanitária (1%). Posteriormente, após a secagem das

bandejas foi aplicado substrato comercial em cada uma de suas células e as sementes de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus foram semeadas. O transplântio para a área experimental foi realizado 21 dias após a semeadura com as mudas apresentando três folhas definitivas num espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,7 m entre plantas. Vale ressaltar que neste período entre a semeadura e o transplântio foram realizadas irrigações três vezes ao dia nas bandejas, as quais recebiam 10 L de água por aplicação.

Após o transplântio foram realizadas irrigações diariamente, visando favorecer o pegamento das mudas. Este procedimento foi adotado por dez dias. Posteriormente, as irrigações e fertirrigações foram realizadas de acordo com a leitura dos valores de tensão registrados nos seis tensiômetros instalados na área experimental sendo três na profundidade de 10 cm e três na profundidade de 20 cm. As aplicações de nitrogênio e potássio foram realizadas quando os tensiômetros registraram tensões de 20 KPa, sendo este valor considerado como crítico indicando a realização de uma nova irrigação segundo a metodologia de Marouelli (2008).

O manejo da irrigação foi realizado com base na estimativa da evapotranspiração da cultura (ET_c), a qual correspondeu ao produto da evapotranspiração de referência (ET_0) obtida com o evaporímetro de Piche com os valores de coeficiente da cultura (K_c) ao longo de seu ciclo (Equação 1). Para a abobrinha italiana foram utilizados os valores de 0,15; 0,95 e 0,70, nas fases inicial e intermediária e no final do ciclo da cultura, respectivamente, segundo Allen et al., (2006).

$$ET_c = ET_0 \cdot K_c \quad (1)$$

Na Figura 2 é apresentado o comportamento da evapotranspiração da cultura obtido durante o decorrer do experimento na área experimental.

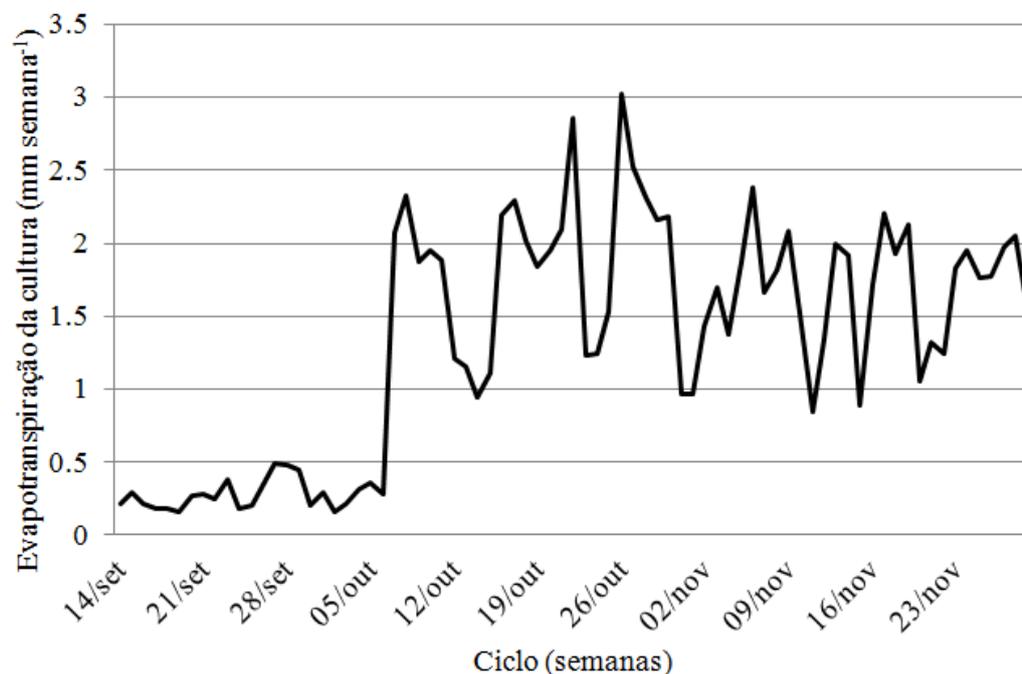


Figura 2. Valores de evapotranspiração da cultura da abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) no período de setembro de 2012 a novembro de 2012.

Neste trabalho foi utilizado o sistema de microirrigação por gotejamento de modo que cada planta foi irrigada por um gotejador, o qual operou com vazão nominal de 4 L h^{-1} que foi controlada por meio de um manômetro de glicerina instalado no cabeçal de controle do sistema. O sistema foi composto de 144 gotejadores, 48 tubos de polietileno de diâmetro de 16 mm e comprimento de 2,1 m, dois registros de gaveta, 48 registros borboleta, motobomba de 0,5 cv de potência, reservatório de 500 L de capacidade máxima. Trabalhou-se com sete linhas de derivação formadas cada uma por tubos de PVC de diâmetro de 32 mm. Cada linha de derivação possuiu sete linhas laterais de tubos de polietileno de diâmetro de 16 mm.

Após a montagem do sistema de microirrigação determinou-se sua uniformidade. Para tal, utilizaram-se coletores em formato de copo. O teste de uniformidade foi realizado envolvendo todos os gotejadores segundo a disposição dos tratamentos, isto é, foram selecionadas 12 linhas laterais e em cada uma delas foram colocados três coletores. O sistema foi acionado e após cinco minutos mediu-se o volume de água presente em cada coletor através de uma proveta graduada em mililitros. Este processo foi repetido por quatro vezes. A razão entre o volume e o tempo permitiu a obtenção da vazão de cada gotejador e a

uniformidade foi determinada pelo Coeficiente de Christiansen (CUC), utilizando-se a metodologia descrita por Keller e Karmeli (1974). Para tal se utilizou a equação 2 que relaciona a vazão de cada gotejador com a média das vazões de todos os gotejadores.

$$CUC = 100 \cdot \left(1 - \left(\frac{\sum(|q_i - q_{mg}|)}{n \cdot q_{mg}} \right) \right) \quad (2)$$

Em que:

CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen (%);

q_i = vazão de cada gotejador, (L h⁻¹);

q_{mg} = vazão média dos gotejadores, (L h⁻¹);

n = número de gotejadores.

Dispondo-se das vazões dos gotejadores, também foi calculado o coeficiente de uniformidade de distribuição que compreende a relação entre a média dos 25% menores valores de vazão observados com a média geral da vazão dos gotejadores, segundo a metodologia de Keller e Karmeli (1974), de modo que, ele é expresso pela equação 3.

$$CUD = 100 \cdot \left(\frac{q_{m25\%}}{q_{mg}} \right) \quad (3)$$

Em que:

CUD = Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (%);

$q_{m25\%}$ = média dos 25% das menores vazões obtidas (L h⁻¹);

q_{mg} = vazão média geral dos gotejadores (L h⁻¹).

Além dos Coeficientes de Christiansen (CUC) e do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), também foi calculado o Coeficiente de Uniformidade Absoluta (CUA). Keller e Karmeli (1974) modificaram a equação do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) visando à obtenção da uniformidade de emissão absoluta que compreende a relação das maiores e menores vazões dos gotejadores com a média, sendo expresso pela equação 4.

$$CUA = 50 \cdot \left(\left(\frac{q_{m25\%}}{q_{mg}} \right) + \left(\frac{q_{mg}}{q_{m12,5\%}} \right) \right) \quad (4)$$

Em que:

CUA = Coeficiente de Uniformidade Absoluto (%);

$qm_{12,5\%}$ = média de 12,5% das maiores vazões obtidas ($L h^{-1}$);

$qm_{25\%}$ = média dos 25% das menores vazões obtidas ($L h^{-1}$);

qmg = vazão média dos gotejadores ($L h^{-1}$).

A uniformidade estatística foi proposta por Wilcox & Swailes (1947) com a finalidade de se avaliar a uniformidade de sistemas de irrigação por aspersão, considerando-se o coeficiente de variação das lâminas de água aplicada. Contudo, Bralts et al. (1987) propuseram a determinação deste coeficiente em sistemas de irrigação localizada. Neste caso apenas necessita-se substituir os valores de lamina de água pelas mensurações correspondentes as vazões dos emissores, tal como pode ser observado na equação 5.

$$CUE = 100 \cdot \left(1 - \left(\frac{Sq}{qmg} \right) \right) \quad (5)$$

Em que:

CUE = Coeficiente de Uniformidade Estatística (%);

Sq = Desvio-padrão das vazões obtidas ($L h^{-1}$);

qmg = vazão média dos gotejadores ($L h^{-1}$).

Os valores obtidos para o Coeficiente de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), Coeficiente de Uniformidade Absoluta (CUA) e Coeficiente de Uniformidade Estatística (CUE) estão expressos na Tabela 1

Tabela 1. Coeficientes de uniformidade de aplicação de água no sistema de irrigação avaliado na área experimental.

Coeficientes	Média	Classificação
CUC (%)	96,85	Excelente
CUD (%)	95,39	Excelente
CUA (%)	94,56	Excelente
CUE (%)	95,77	Excelente

Os valores do Coeficiente de Christiansen (CUC) obtidos foram superiores a 90% sendo considerados excelentes segundo Bernardo (2008) e também por Mantovani (2001) em classificação elaborada para sistemas microirrigação por gotejamento. Os valores dos Coeficientes de Uniformidade de Distribuição (CUD) e do Coeficiente de Uniformidade Absoluta (CUA) também foram superiores a 90% sendo definidos como excelentes segundo Bralts (1986). Os valores do Coeficiente de Uniformidade Estatística (CUE) também foram superiores a 90% e desta forma também puderam ser avaliados como excelentes segundo Bralts et al. (1987) e Faveta & Botrel (2001).

As doses de nitrogênio e potássio foram definidas com base na necessidade total dos nutrientes ao longo do ciclo da cultura segundo Trani (2007). As doses de nitrogênio foram aplicadas com a utilização do fertilizante nitrato de cálcio enquanto que o potássio foi fornecido às plantas de abobrinha da cultivar Novita Plus pela aplicação do cloreto de potássio. Utilizou-se uma lâmina média de 7 mm ao longo do experimento.

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado. O experimento foi esquematizado em um fatorial (4 X 4) com três repetições. Os tratamentos aplicados às plantas da cultivar de abobrinha-italiana Novita Plus foram formados por meio da combinação de quatro doses de nitrogênio (0 kg ha⁻¹ de N, 90 kg ha⁻¹ de N, 180 kg ha⁻¹ de N, 270 kg ha⁻¹ de N) com quatro doses de potássio (0 kg ha⁻¹ de K₂O, 90 kg ha⁻¹ de K₂O, 180 kg ha⁻¹ de K₂O, 270 kg ha⁻¹ de K₂O), obtendo-se 16 tratamentos com cada combinação aplicada em três unidades experimentais, totalizando 48 unidades experimentais na área experimental, os quais foram assim denominados, conforme pode ser observado na Figura 3 e na Tabela 2.

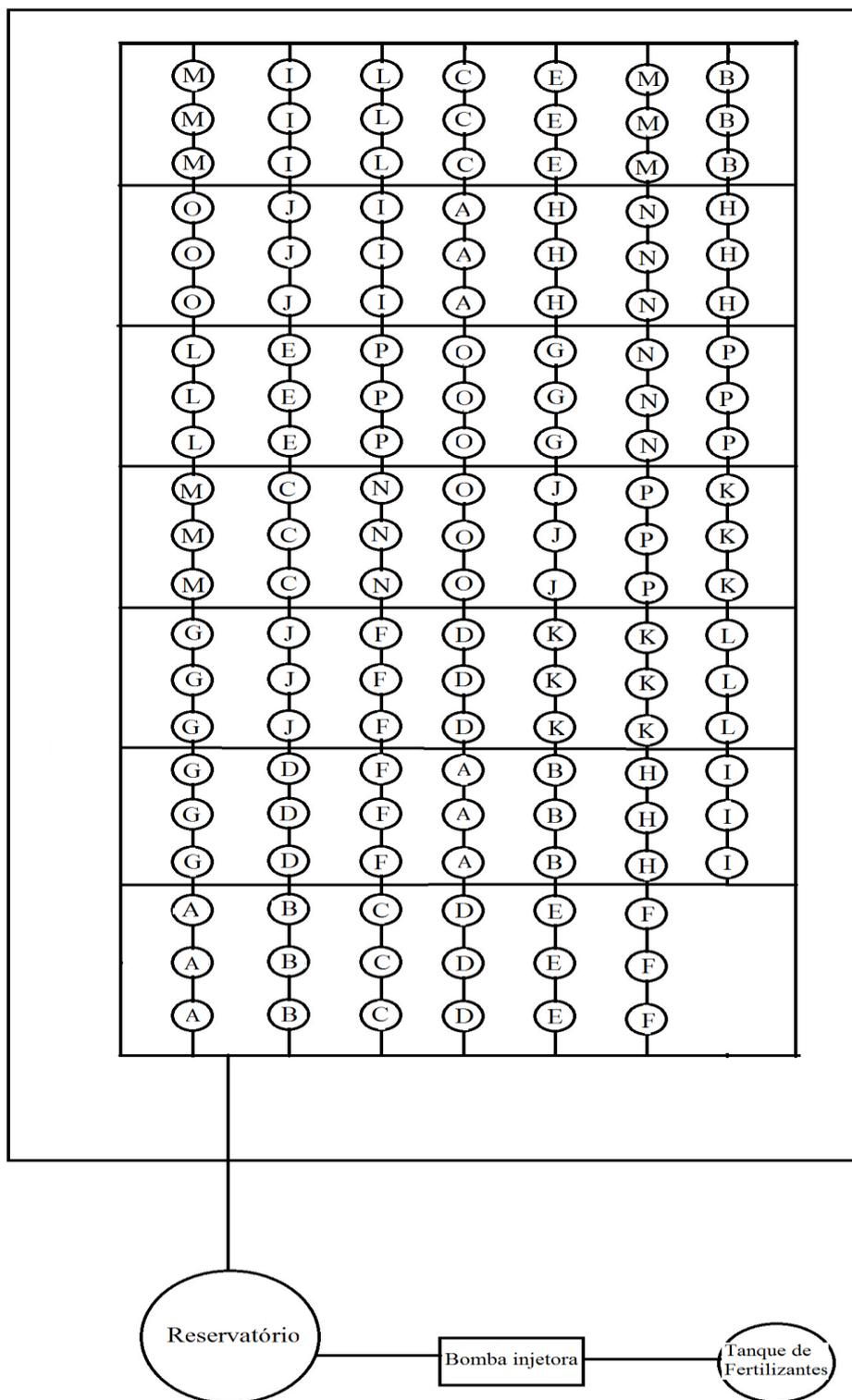


Figura 3. Croqui da área experimental com a disposição dos tratamentos e do sistema de irrigação utilizado.

Tabela 2. Doses de N e de K aplicadas por meio da água de irrigação nos diferentes setores da área experimental.

Tratamentos	Descrição
A (N ₀ K ₁)	(0 kg ha ⁻¹ de N, 90 kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
B (N ₃ K ₃)	(270 kg ha ⁻¹ de N, 270 kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
C (N ₀ K ₃)	(0 kg ha ⁻¹ de N, 270 kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
D (N ₃ K ₀)	(270 kg ha ⁻¹ de N, 0 kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
E (N ₁ K ₀)	(90 kg ha ⁻¹ de N, 0 kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
F (N ₃ K ₁)	(270 kg ha ⁻¹ de N, 90 kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
G (N ₀ K ₂)	(0 kg ha ⁻¹ de N, 180 kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
H (N ₂ K ₃)	(180 kg ha ⁻¹ de N, 270 kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
I (N ₀ K ₀)	(0 kg ha ⁻¹ de N, 0 kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
J (N ₃ K ₂)	(270 kg ha ⁻¹ de N, 180 kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
K (N ₂ K ₂)	(180 kg ha ⁻¹ de N, 180 kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
L (N ₂ K ₁)	(180 kg ha ⁻¹ de N, 90 kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
M (N ₁ K ₁)	(90 kg ha ⁻¹ de N, 90 kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
N (N ₂ K ₀)	(180 kg ha ⁻¹ de N, 0 kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
O (N ₁ K ₂)	(90 kg ha ⁻¹ de N, 180 kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
P (N ₁ K ₃)	(90 kg ha ⁻¹ de N, 270 kg ha ⁻¹ de K ₂ O)

As doses de N e de K foram injetadas na linha principal do sistema de irrigação antes do sistema de filtragem. Utilizou-se como equipamento injetor uma bomba centrífuga de 1/2 cv, instalada com sucção que recalava a solução água + fertilizante (nitrato de cálcio ou cloreto de potássio) de um tanque de capacidade de 500 L onde a mistura era confeccionada. O tempo total de fertirrigação considerando a aplicação de todos os tratamentos foi de 54 minutos e em seu manejo o sistema era inicializado e finalizado com a aplicação de água, com o objetivo de estabilizar a vazão dos gotejadores e evitar a ocorrência de seus entupimentos.

Os tratos culturais e o controle fitossanitário quando necessários foram executados segundo Filgueira (2008). Após 22 dias do transplante, apareceram as primeiras flores masculinas e femininas. Desta forma, iniciou-se o processo de polinização manual segundo Romano et al. (2008). A porção superior das pétalas de flores masculinas e femininas que se encontravam em pré-antese foram amarradas com fios de lã. Posteriormente, a flor masculina

era retirada do ramo da planta e os fios de lã eram desamarrados. Em seguida, as pétalas das flores eram retiradas e suas anteras eram passadas suavemente pelo estigma das flores femininas que previamente tiveram seus fios de lã desamarrados. Após a transferência do pólen, as flores femininas eram envolvidas com sacos de papel manteiga presos a seus pedúnculos através da amarração de fios de lã. Cerca de dois dias após a polinização, os sacos de papel manteiga eram recolhidos das flores femininas.

As colheitas tiveram início 30 dias após o transplântio e foram realizadas diariamente no período da manhã até o esgotamento da capacidade produtiva das plantas. Para estudo de comparação entre crescimento das plantas de abobrinha italiana nos diferentes tratamentos, foram avaliadas as seguintes variáveis respostas na cultura, segundo metodologia adotada por Araújo (2011):

- Número de folhas por planta (folhas planta⁻¹): Em cada planta foi contabilizado o número de folhas que estas possuíam. O número de folhas por planta foi obtido pela razão entre o número total de folhas com o número de plantas de cada parcela do tratamento avaliado;
- Número de flores masculinas por planta (flores masculinas planta⁻¹): Em cada planta foi contado o número de flores masculinas que estas possuíam. O número de flores masculinas por planta foi obtido pela razão entre o número total de flores masculinas com o número de plantas de cada parcela do tratamento avaliado;
- Número de flores femininas por planta (flores femininas planta⁻¹): Da mesma maneira da variável anterior, em todas as plantas foram contados o número de flores femininas que estas possuíam. O número de flores femininas por planta foi obtido pela razão entre o número total de flores femininas com o número de plantas de cada parcela do tratamento avaliado;
- Altura de Planta (cm): determinada com a utilização de uma trena graduada em centímetros, medindo-se a planta do colo até o ponteiro;
- Diâmetro de caule (cm): determinado com a utilização de um paquímetro digital a 1 cm do nível do solo em cada planta.

Com a obtenção dos dados foi realizada a análise de variância e na ocorrência de diferenças significativas nas variáveis doses de nitrogênio e doses de potássio foram aplicadas

análises de regressão. Neste experimento foi utilizado o software estatístico SISVAR. Todos os testes aplicados possuíram nível de significância de 5%.

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

1.3.1 Número de folhas (NF)

As doses de nitrogênio exerceram efeito significativo no número de folhas das plantas de abobrinha da cultivar Novita Plus a 5% de probabilidade, como pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para a variável resposta número de folhas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus.

Fontes de Variação	Cultivar
	Novita Plus
	NF
Doses de N	0,0000*
Doses de K	0,7391 ^{NS}
Doses de N X Doses de K	0,1422 ^{NS}
Média Geral (folhas planta ⁻¹)	28,33
Coefficiente de Variação (%)	7,69

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

^{NS} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Com relação às doses de nitrogênio, os dados referentes ao número de folhas se ajustaram mais adequadamente ao modelo de regressão linear. Na Tabela 4 pode se observar a estimativa de seus coeficientes e se interpretar suas significâncias. Na Figura 4 a relação existente entre doses de nitrogênio e número de folhas é expressa graficamente por uma regressão linear crescente.

Tabela 4. Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão linear para o número de folhas das plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus.

FONTES DE VARIAÇÃO	COEFICIENTES	ESTIMATIVAS	Prob> t
NITROGÊNIO	β_0	18,283	0,0000*
	β_1	0,0744	0,0000*

*significativo em um nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

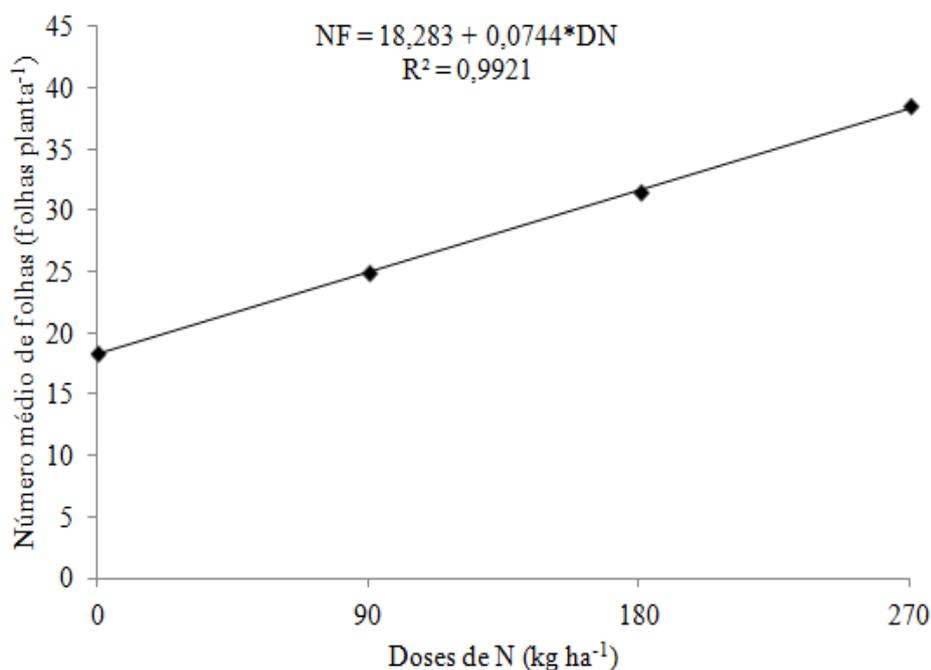


Figura 4. Número médio de folhas de plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de nitrogênio.

A observação da Figura 4 permite afirmar que na medida em que ocorreu o aumento das doses de nitrogênio concomitantemente processou-se o aumento do número de folhas das plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus. Cada 1 kg ha⁻¹ de nitrogênio promoveu acréscimos de 0,0744 folhas por planta. Em média, a aplicação da dose de nitrogênio de 270 kg ha⁻¹ de N proporcionou plantas com maior número de folhas, o que representou incremento total de 110% a esta variável em comparação com a testemunha (0 kg ha⁻¹ de N).

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. Conseqüentemente, a produção de fotoassimilados como carboidratos pode ter possuído maior duração pois eles 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).

Esta tendência linear também foi observada por Gomes et al. (2007) que avaliando o efeito da adubação nitrogenada no número de folhas por perfilho de capim aruana (*Panicum maximum*) concluíram que a maior dose de nitrogênio aplicada (750 kg ha^{-1}) proporcionou a produção do maior número de folhas vivas por perfilho (3,13 folhas vivas perfilho⁻¹).

A maior dose de nitrogênio aplicada também proporcionou a produção de maior número de folhas a plantas de mamoneira da variedade BRS Paraguaçu conduzidas em ambiente natural e câmara de crescimento num experimento realizado por Queiroz et al. (2006) com o objetivo de verificar a influência de temperaturas noturnas (21 e 30°C) e de doses de nitrogênio (0,60,120,180 kg ha^{-1} de N) no crescimento vegetativo das plantas.

Entretanto, os resultados obtidos no presente trabalho são divergentes aos encontrados por Freitas et al. (2012) que, estudando a influência da aplicação de doses de nitrogênio (25,50,75 e 100 kg ha^{-1} de N) em duas fontes de água (poço e esgoto doméstico) e em diferentes lâminas de irrigação (74,16 mm, 148,32 mm, 222,48 mm, 296,64 mm e 370,80 mm) na cultura do girassol, concluíram que as doses de nitrogênio não influenciaram significativamente as médias da variável número de folhas por planta, a qual foi afetada somente pelos efeitos isolados das fontes de água.

1.3.2 Número de flores masculinas (NFM)

As flores masculinas das plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus foram afetadas significativamente pelas aplicações das doses de nitrogênio e potássio por fertirrigação. Esta constatação pode ser melhor explicada por meio da observação e interpretação dos dados de p-valor ($\text{Pr}>F$) contidos na Tabela 5, a qual se encontra a seguir.

Tabela 5. Resumo da análise de variância para a variável resposta número de flores masculinas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus.

Fontes de Variação	Cultivar
	Novita Plus
	NFM
Doses de N	0,0000*
Doses de K	0,0000*
Doses de N X Doses de K	0,0668 ^{NS}
Média Geral (flores masculinas planta ⁻¹)	51,13
Coeficiente de Variação (%)	5,49

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

^{NS} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Com relação às doses de nitrogênio, os dados referentes ao número de flores masculinas se ajustaram mais adequadamente ao modelo de regressão linear. Na Tabela 6 pode se observar a estimativa de seus coeficientes e se interpretar suas significâncias. Na Figura 5 a relação existente entre doses de nitrogênio e número de flores masculinas é expressa graficamente.

Tabela 6. Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão linear para o número de flores masculinas das plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus em função das doses de nitrogênio.

FONTES DE VARIAÇÃO	COEFICIENTES	ESTIMATIVAS	Prob> t
NITROGÊNIO	β_0	34,100	0,0000*
	β_1	0,1261	0,0000*

*significativo em um nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

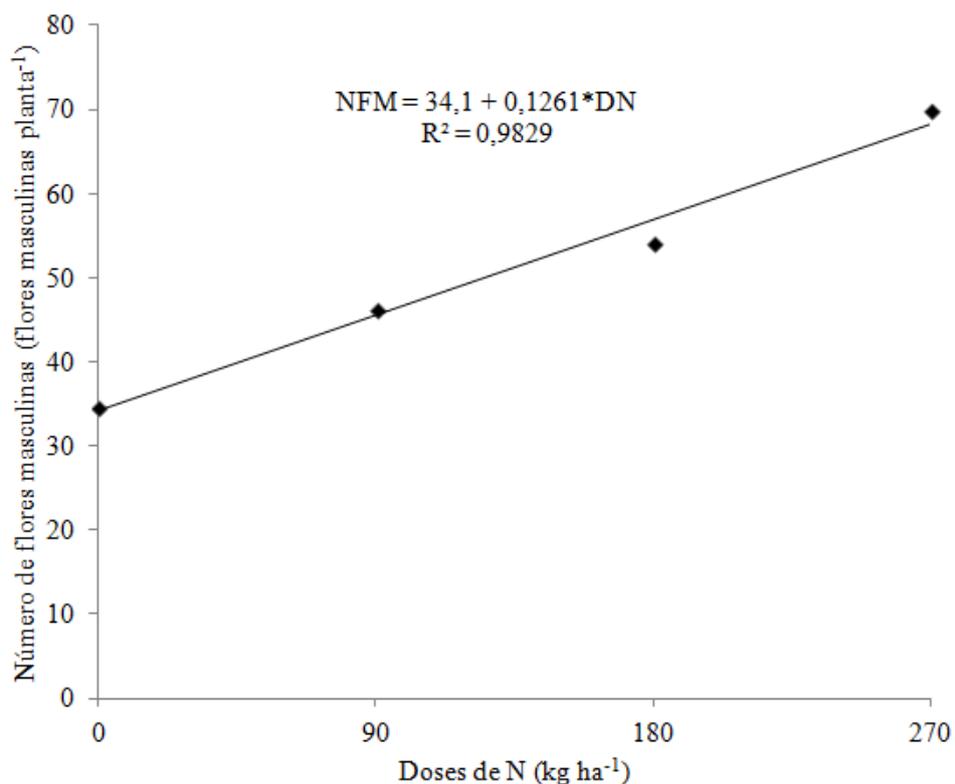


Figura 5. Número médio de flores masculinas de plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de nitrogênio.

O maior número de flores masculinas (69,8 flores masculinas planta⁻¹) foi obtido com a aplicação da dose de 270 kg ha⁻¹ de N. Os resultados presentes neste estudo são divergentes dos encontrados por Queiroga et al. (2007) que, avaliando o efeito da aplicação de distintas doses de nitrogênio (0, 90, 180, 360, 540 kg ha⁻¹ de N) em plantas de meloeiro rendilhado das cultivares Charentais e Torreon conduzidas em ambiente protegido, concluíram que a primeira cultivar foi responsiva as aplicações de nitrogênio produzindo maior número de flores masculinas em comparação com a segunda cultivar. Entretanto, não foram encontradas diferenças significativas relacionadas ao número de flores masculinas nas diferentes doses de nitrogênio aplicadas.

É possível que as plantas de abobrinha italiana tenham absorvido nitrogênio em quantidades adequadas, fato este que se refletiu na produção de flores masculinas. Kano et al. (2010) afirmam que o nutriente estimula a produção de gemas floríferas. Estas passam pelo processo de diferenciação celular, que também tem o envolvimento do nitrogênio (CABELLO, 1996), sendo que a diferenciação de gemas floríferas tem como consequência a geração de flores.

Com relação às doses de potássio, os dados referentes ao número de folhas se ajustaram mais adequadamente ao modelo de regressão linear. Na Tabela 7 pode se observar a estimativa de seus coeficientes e se interpretar suas significâncias. Na Figura 6 a relação existente entre doses de potássio e número de flores masculinas é expressa graficamente.

Tabela 7. Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão linear para o número de flores masculinas das plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus em função das doses de potássio.

FONTES DE VARIAÇÃO	COEFICIENTES	ESTIMATIVAS	Prob> t
POTÁSSIO	β_0	48,650	0,0000*
	β_1	0,0183	0,0023*

*significativo em um nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

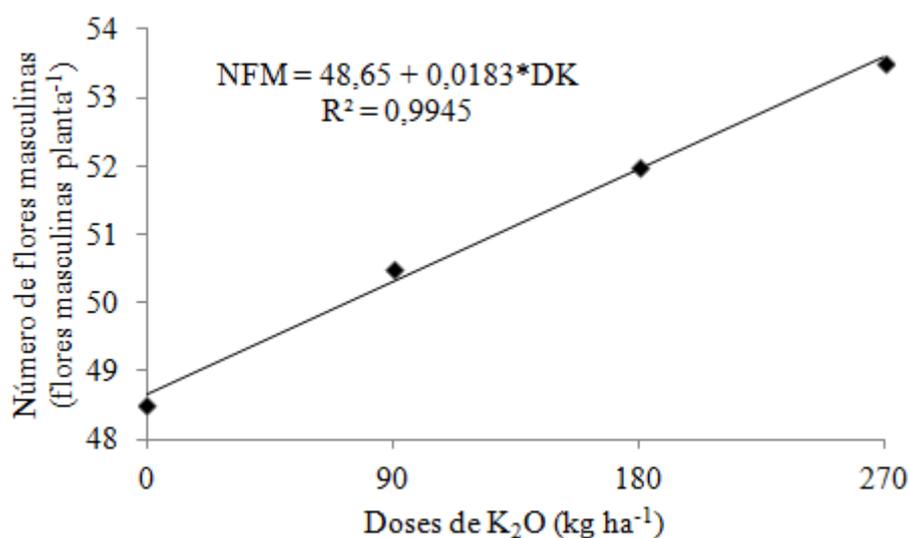


Figura 6. Número médio de flores masculinas de plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de potássio.

A aplicação da dose de 270 kg ha⁻¹ de K₂O possibilitou a obtenção de 53,5 flores masculinas por planta. Tal resultado representou acréscimo de 10% em comparação com a testemunha (0 kg ha⁻¹ de K₂O). Nitrogênio está envolvido com a síntese de proteínas, sendo que, o conjunto destas compõem os aminoácidos, os quais possuem função específica. Potássio atua como regulador iônico estando envolvido em processos como ativação de enzimas de transporte de diversos tipos de solutos, abertura e fechamento de estômatos. Sendo

assim, estes dois macronutrientes primários estão concentrados em órgãos vegetais de intensa atividade metabólica, a qual está associada com os processos de diferenciação celular que geram as flores (SHABALA, 2003).

1.3.3 Número de flores femininas (NFF)

Os efeitos da aplicação das doses de nitrogênio e de potássio por meio da fertirrigação na avaliação do número de flores femininas poderão se refletir na produtividade, pois os frutos desenvolvem-se atingindo o ponto de colheita nas estruturas das flores femininas mediante sua polinização e posterior fecundação (ROMANO, 2008). Desta forma, o resumo da análise de variância (Tabela 8) permite detectar por meio de sua interpretação quais fontes de variação afetaram significativamente o número médio de flores femininas das plantas de abobrinha italiana fertirrigadas e conduzidas em ambiente protegido.

Tabela 8. Resumo da análise de variância para a variável resposta número de flores femininas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus.

Causa de Variação	Cultivar
	Novita Plus
	NFF
Doses de N	0,0000*
Doses de K	0,0155*
Doses de N X Doses de K	0,0906 ^{NS}
Média Geral (flores femininas planta ⁻¹)	16,02
Coefficiente de Variação (%)	6,11

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

^{NS} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

As doses de nitrogênio e as doses de potássio afetaram significativamente o número médio de flores femininas de plantas de abobrinha italiana pertencentes a cultivar Novita Plus.

Com relação às doses de nitrogênio, os dados referentes ao número de flores femininas se ajustaram mais adequadamente ao modelo de regressão linear. Na Tabela 9 pode se observar a estimativa de seus coeficientes e se interpretar suas significâncias. Na Figura 7 a

relação existente entre doses de nitrogênio e número de flores femininas é expressa graficamente.

Tabela 9. Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão linear para o número de flores femininas das plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus em função das doses de nitrogênio.

FONTES DE VARIAÇÃO	COEFICIENTES	ESTIMATIVAS	Prob> t
NITROGÊNIO	β_0	11,283	0,0000*
	β_1	0,0351	0,0000*

*significativo em um nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

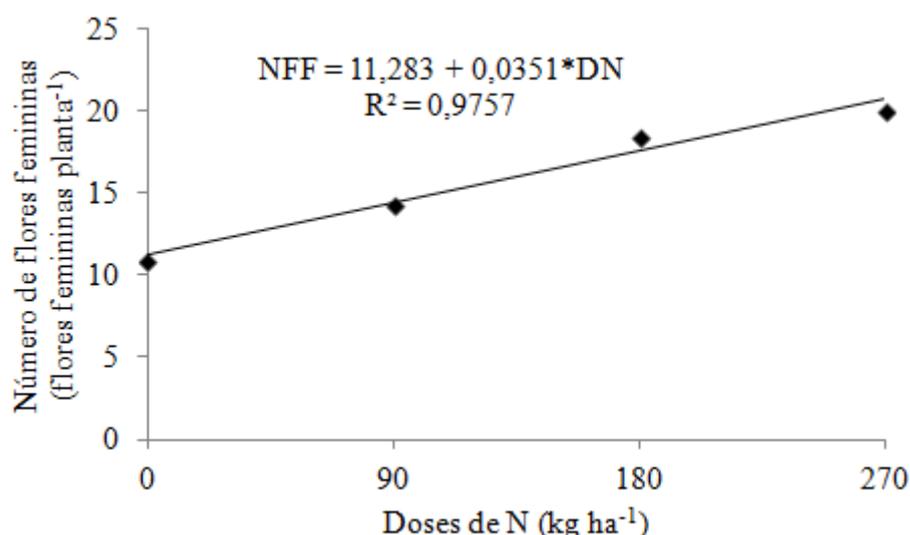


Figura 7. Número médio de flores femininas de plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de nitrogênio.

O maior número de flores femininas (20,17 flores femininas planta⁻¹) foi obtido com a aplicação da dose de 270 kg ha⁻¹ de N. É possível que esta dose tenha proporcionado a mais adequada formação e diferenciação de flores femininas. Deficiência ou excesso de nitrogênio provoca menor formação de flores femininas. Neste último caso, altas doses de nitrogênio interferem na absorção de cálcio devido à relação de antagonismo existente entre o macronutriente primário e secundário, respectivamente (MALAVOLTA, 1997; PRADO, 2008). Além disso, excedentes doses de nitrogênio no estágio de florescimento em culturas

olerícolas como a da abobrinha italiana favorecem o abortamento das flores femininas (SILVA & MAROUELLI, 2002).

Com relação às doses de potássio, os dados referentes ao número de flores femininas se ajustaram mais adequadamente ao modelo de regressão polinomial quadrática. Na Tabela 10 pode se observar a estimativa de seus coeficientes e se interpretar suas significâncias. Na Figura 8 a relação existente entre doses de potássio e número de flores femininas é expressa graficamente.

Tabela 10. Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão quadrática para o número de flores femininas das plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus em função das doses de potássio.

FONTES DE VARIAÇÃO	COEFICIENTES	ESTIMATIVAS	Prob> t
DOSES DE POTÁSSIO	β_0	15,379	0,0000*
	β_1	0,0139	0,0000*
	β_2	-0,00004	0,0040*

*significativo em um nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

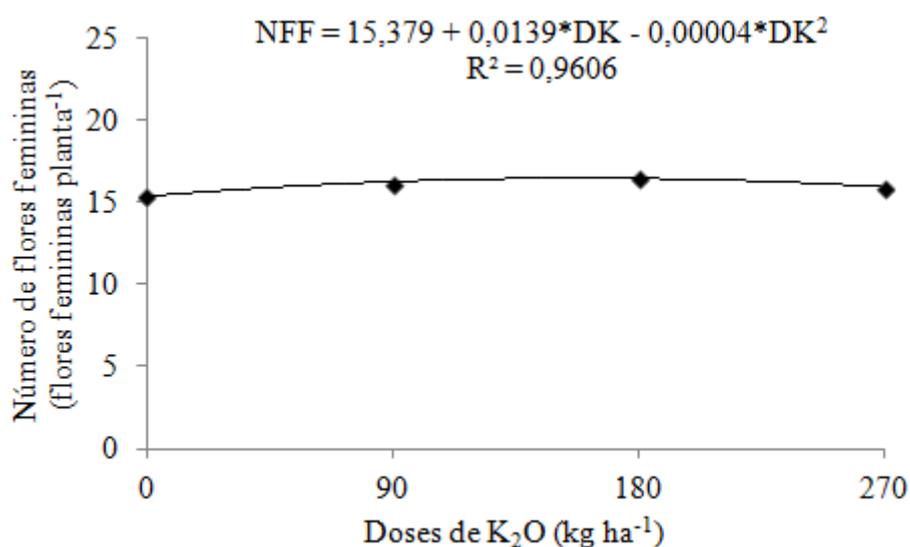


Figura 8. Número médio de flores femininas de plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de potássio.

A máxima quantidade de flores femininas (16,6 flores femininas planta⁻¹) foi proporcionada pela aplicação da dose de 173,75 kg ha⁻¹ de K₂O. O aumento do número de flores femininas foi diretamente proporcional ao aumento das doses de potássio aplicadas até a dose de 173,8 kg ha⁻¹ de K₂O. Este comportamento também foi observado por Neto et al. (2011) que verificaram que nas maiores doses de potássio aplicadas em plantas de coqueiro verde da variedade Anão por meio da fertirrigação ocorreram acréscimos no número médio de flores femininas por planta.

De acordo com Prado (2008), a presença de potássio pode aumentar a absorção de nitrogênio. Os íons de potássio podem atuar como íons acompanhantes ou contra – íons favorecendo o transporte dos ânions de nitrato para a parte aérea do vegetal. Além disso, o potássio presente na parte aérea favorece o transporte do malato para a raiz onde ele será descarboxilado, liberando os íons de bicarbonato (HCO₃⁻), para o meio externo. Ao mesmo tempo, ocorre o início da absorção dos íons de nitrato.

1.3.4 Altura de Plantas (AP)

As doses de nitrogênio e de potássio afetaram significativamente a altura média das plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus. Tal afirmação é comprovada com a observação e interpretação dos dados constantes na Tabela 11 a seguir.

Tabela 11. Resumo da análise de variância para a variável resposta altura de plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus.

Causa de Variação	Cultivar
	Novita Plus
	AP
Doses de N	0,0000*
Doses de K	0,0278*
Doses de N X Doses de K	0,0714 ^{NS}
Média Geral (cm)	42,95
Coefficiente de Variação (%)	10,19

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

^{NS} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Com relação às doses de nitrogênio, os dados referentes a altura de plantas se ajustaram mais adequadamente ao modelo de regressão polinomial quadrática. Na Tabela 12 pode se observar a estimativa de seus coeficientes e se interpretar suas significâncias. Na Figura 9 a relação existente entre doses de potássio e altura de plantas é expressa graficamente.

Tabela 12. Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão quadrática para a altura de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de doses de nitrogênio.

FONTES DE VARIAÇÃO	COEFICIENTES	ESTIMATIVAS	Prob> t
NITROGÊNIO	β_0	41,592	0,0000*
	β_1	0,0490	0,0000*
	β_2	-0,0002	0,0000*

*significativo em um nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

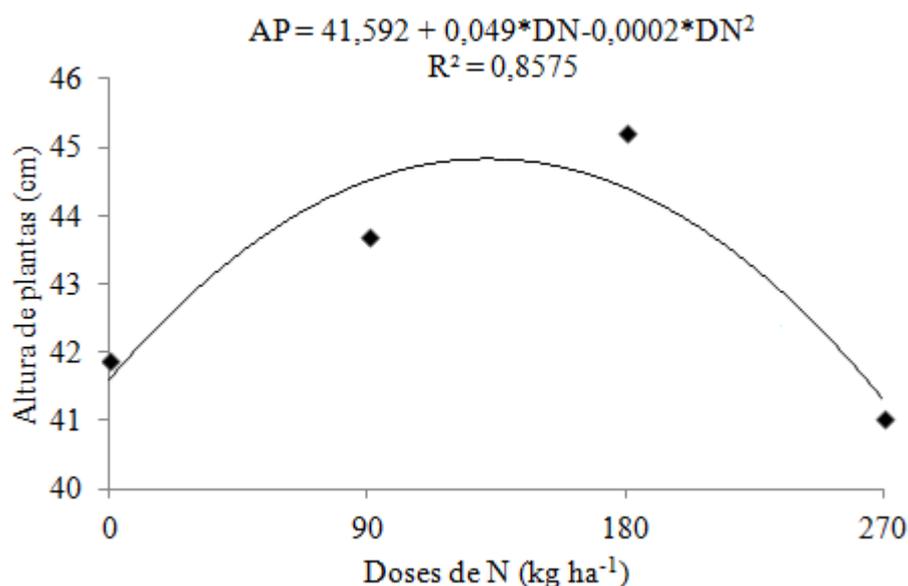


Figura 9. Altura de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de nitrogênio via fertirrigação.

Pode-se afirmar, valendo-se da observação da Figura 9, que na medida em que se aplicaram as doses de nitrogênio também ocorreu aumento da altura das plantas de abobrinha

italiana. A dose de nitrogênio de 122,5 kg ha⁻¹ de N contribuiu para obtenção de plantas de abobrinha italiana com altura máxima de 44,6 cm, representando acréscimo de 6,5% em comparação com a testemunha.

A aplicação da dose ideal de um nutriente é um dos fatores que possibilita que as plantas expressem seu máximo potencial produtivo. Desta forma, o suprimento nutricional não se apresentará como fator limitante ao crescimento e rendimento das culturas agrícolas (MAY et al., 2005). Os resultados obtidos neste trabalho estão de acordo com os conseguidos por Silva et al. (2011a) que avaliaram a altura de plantas de pepino em condições com total suplementação de nitrogênio e condições nas quais a solução nutritiva apresentava somente 30% da recomendação de nitrogênio sugerida por Martinez (2002). Eles concluíram que a altura de plantas de pepino do tipo Caipira sofreu redução de aproximadamente 9% ao final do experimento devido à omissão parcial de nitrogênio.

A deficiência de nitrogênio pode ser caracterizada por plantas que apresentam altura menor em comparação com as plantas sadias. Isto acontece porque o macronutriente primário nitrogênio participa de diversos constituintes da célula vegetal como aminoácidos e ácidos nucleicos (SALISBURY & ROSS, 2012) além de atuar também nos processos de absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular (MALAVOLTA, 2006).

Com relação às doses de potássio, os dados referentes à altura de plantas se ajustaram mais adequadamente ao modelo de regressão linear. Na Tabela 13 pode se observar a estimativa de seus coeficientes e se interpretar suas significâncias. Na Figura 10 a relação existente entre doses de potássio e altura de plantas é expressa graficamente.

Tabela 13. Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão linear para a altura de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de doses de potássio.

FONTES DE VARIAÇÃO	COEFICIENTES	ESTIMATIVAS	Prob> t
DOSES DE POTÁSSIO	β_0	42,537	0,0000*
	β_1	0,0030	0,0000*

*significativo em um nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

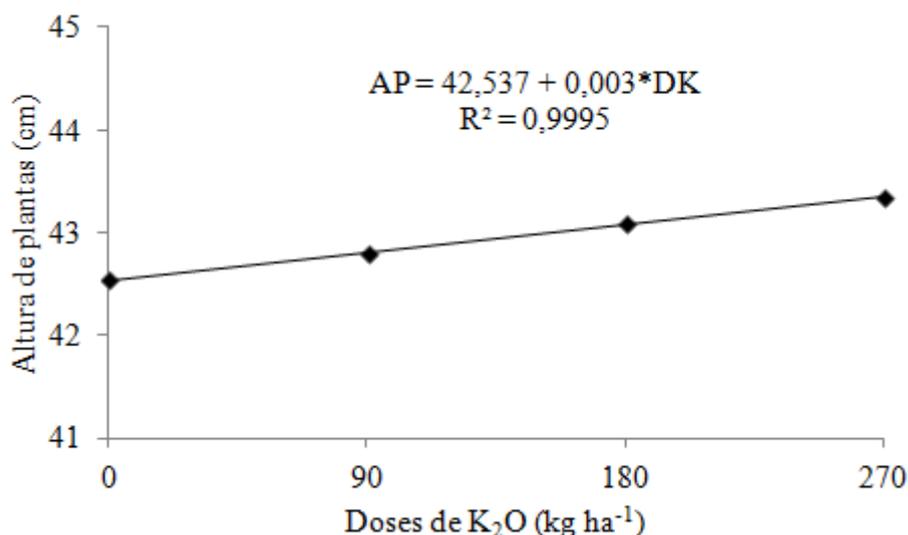


Figura 10. Altura de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de potássio via fertirrigação.

O aumento na altura de plantas de abobrinha é diretamente proporcional ao aumento das doses de potássio aplicadas. A dose de 270 kg ha⁻¹ de K₂O proporcionou a obtenção de plantas de abobrinha italiana com alturas máximas de 43,4 cm, resultado que representou acréscimo de 1,9% em relação à testemunha.

Os resultados obtidos corroboram com os alcançados por Almeida et al. (2011) que avaliaram a condução de plantas de alface da cultivar Verônica em tratamentos em que não houve aplicação de potássio. Eles concluíram que a altura das plantas foi menor em comparação com os tratamentos em que as doses de potássio foram aplicadas segundo a recomendação de literatura.

A aplicação de potássio em doses adequadas potencializa as taxas fotossintéticas devido à regularidade na abertura e no fechamento de estômatos favorecendo o acúmulo de carboidratos (NOVAIS et al., 2007). Além disso, impulsiona a formação e translocação destes para a parte aérea e o uso eficiente da água pela planta equilibrando também a adubação nitrogenada (FILGUEIRA, 2008).

Farinelli et al. (2004) avaliando a cultura do arroz verificaram que a dose de nitrogênio de 100 kg ha⁻¹ proporcionou boa produção na ausência da adubação potássica. Porém, ao se aplicar a dose de 25 kg ha⁻¹ de K₂O, a dose de nitrogênio que proporcionou a maior produção de arroz caiu aproximadamente pela metade.

Segundo Faquin e Andrade (2004) o nitrogênio é um dos precursores das auxinas, que são hormônios vegetais que promovem o alongamento e a divisão celular. Concentrações adequadas deste hormônio são necessárias para promover o crescimento de caules. Uma planta, para que possa expressar seu máximo potencial, deve possuir resistência a doenças. Potássio aumenta a resistência natural da parte aérea das hortaliças às doenças fúngicas tornando seus tecidos mais fibrosos e resistentes (ABREU, 2008). Todos estes fatores mencionados podem também ter contribuído para uma eficiente expressão da altura de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus.

1.3.5 Diâmetro de caule (DCA)

A adubação nitrogenada e potássica através da fertirrigação influenciou significativamente o diâmetro de caule das plantas de abobrinha da cultivar Novita Plus. Esta afirmação pode ser confirmada com a observação e interpretação dos dados contidos na Tabela 14.

Tabela 14. Resumo da análise de variância para a variável resposta diâmetro de caule de plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus.

Causa de Variação	Cultivar
	Novita Plus
	DCA
Doses de N	0,0000*
Doses de K	0,0000*
Doses de N X Doses de K	0,0582 ^{NS}
Média Geral (cm)	0,52
Coefficiente de Variação (%)	1,96

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

^{NS} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Com relação às doses de nitrogênio, os dados referentes a diâmetro de caule se ajustaram mais adequadamente ao modelo de regressão polinomial quadrática. Na Tabela 15 pode se observar a estimativa de seus coeficientes e se interpretar suas significâncias. Na

Figura 11 a relação existente entre doses de nitrogênio e diâmetro de caule é expressa graficamente.

Tabela 15. Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão polinomial quadrática para o diâmetro de caule de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de doses de nitrogênio.

FONTES DE VARIAÇÃO	COEFICIENTES	ESTIMATIVAS	Prob> t
DOSES DE NITROGÊNIO	β_0	0,4319	0,0000*
	β_1	0,0029	0,0000*
	β_2	-0,000010	0,0000*

*significativo em um nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

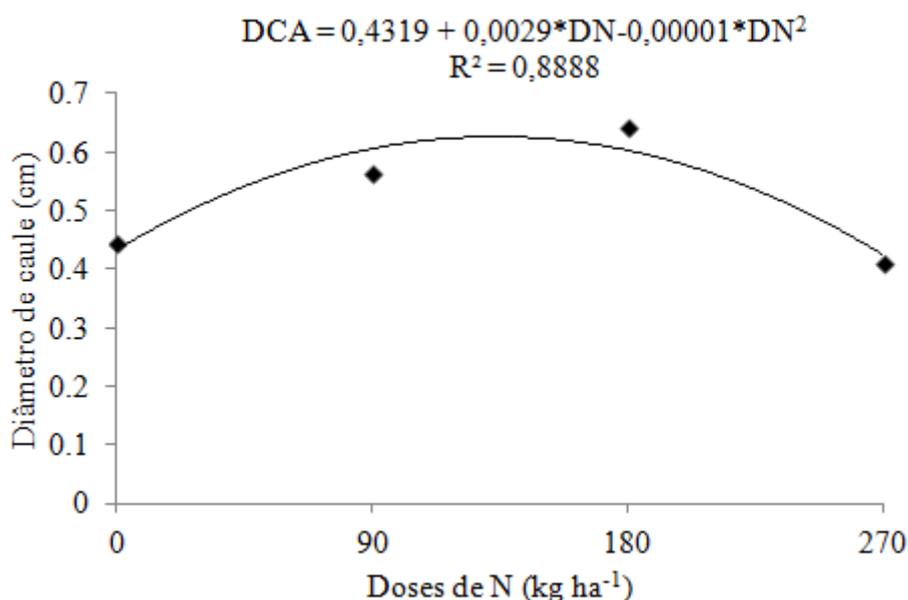


Figura 11. Diâmetro de caule de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de diferentes porcentagens de doses de nitrogênio via fertirrigação.

A aplicação da dose de 145 kg ha⁻¹ de N contribuiu para obtenção de plantas de abobrinha italiana com diâmetros de caule máximos de 0,64 cm. A influência de nitrogênio é marcante considerando-se sua relação com o crescimento vegetal. Efeitos significativos da adubação nitrogenada também foram encontrados por Brito (2005) que avaliando a aplicação de diferentes doses do nutriente (0 kg ha⁻¹ de N, 100 kg ha⁻¹ de N, 200 kg ha⁻¹ de N, 300 kg

ha⁻¹ de N e 400 kg ha⁻¹ de N) e seus impactos no diâmetro de caule de plantas de algodoeiro herbáceo da cultivar BRS 201 concluíram que os maiores diâmetros de caule de plantas foram alcançados com a aplicação da dose de 400 kg ha⁻¹ de N.

É possível que a dose de nitrogênio que proporcionou os maiores diâmetros de caule às plantas de abobrinha italiana avaliadas neste estudo não tenha interferido na pressão osmótica da solução do solo a ponto de ocasionar danos às raízes das plantas, o que poderia afetar negativamente a absorção dos nutrientes e conseqüentemente o desenvolvimento das plantas (SCIVITARRO et al., 2004).

Com relação às doses de potássio, os dados referentes a diâmetro de caule se ajustaram mais adequadamente ao modelo de regressão linear. Na Tabela 16 pode se observar a estimativa de seus coeficientes e se interpretar suas significâncias. Na Figura 12 a relação existente entre doses de nitrogênio e diâmetro de caule é expressa graficamente.

Tabela 16. Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão linear para o diâmetro de caule de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de doses de potássio.

FONTES DE VARIAÇÃO	COEFICIENTES	ESTIMATIVAS	Prob> t
DOSES DE POTÁSSIO	β_0	0,4936	0,0000*
	β_1	0,0002	0,0000*

*significativo em um nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

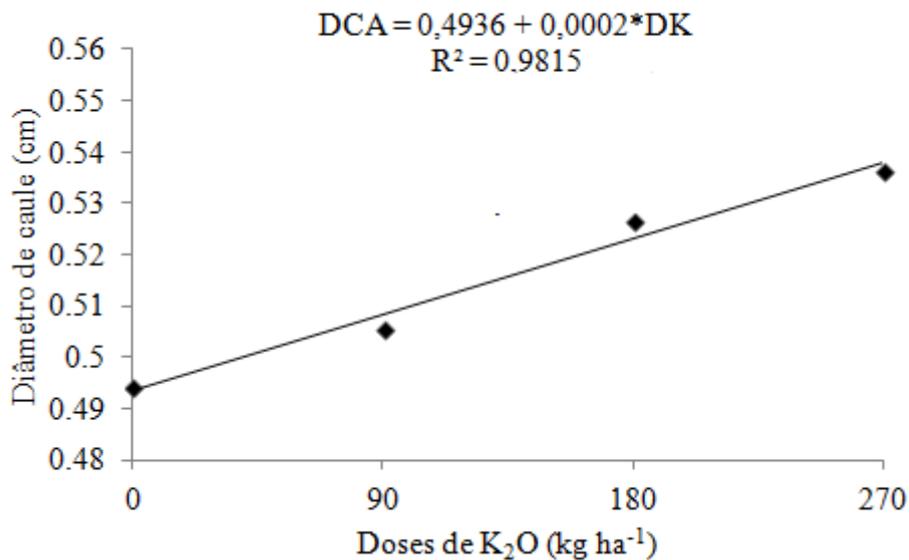


Figura 12. Diâmetro de caule de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de potássio via fertirrigação.

Os maiores diâmetros de caule (0,54 cm) em plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus foram obtidos com o fornecimento da dose de 270 kg ha⁻¹ de K₂O. Tal resultado pode ilustrar a importância do fornecimento de potássio em doses pequenas e parceladas. Deus et al. (2011) afirmam que as aplicações de potássio em dose total podem provocar a perda deste macronutriente por lixiviação. Antunes (2005) afirma que, devido ao fato da fertirrigação aumentar a disponibilidade dos nutrientes de forma lenta e em baixa concentração na solução do solo, ela mantém a condutividade elétrica em níveis mais baixos permitindo um maior balanceamento dos íons com consequente absorção pelas raízes.

Os resultados obtidos são discordantes aos encontrados por Viana et al. (2008) que avaliaram o efeito da aplicação de diferentes doses de potássio (30, 36, 60, 28, 75, 68 e 90,64 kg de K₂O ha⁻¹ mês⁻¹) no comprimento de frutos, número de frutos por planta e diâmetro de caule de frutos de mamoeiro da variedade Tainung N° 1. Eles não encontraram um ajuste adequado para exprimir a relação existente entre o diâmetro de caule das plantas com o aumento das doses do fertilizante potássico aplicado por meio da fertirrigação.

É possível que tenha ocorrido um equilíbrio da adubação potássica com a adubação nitrogenada. As culturas de interesse agrônômico necessitam de um suprimento balanceado destes nutrientes para garantir o equilíbrio nutricional de suas plantas, a produtividade e qualidade de seus frutos (NAVA, 2007). O nitrogênio controla intensamente o crescimento

vegetativo estando presente nas reações do processo de fotossíntese, sendo que um adequado suprimento deste macronutriente primário proporciona crescimento vigoroso e uma intensa coloração verde das folhas. Potássio ativa cerca de cinquenta enzimas, dentre as quais aquelas envolvidas nos processos de fotossíntese, respiração e síntese proteica. Além disso, está envolvido com a abertura e fechamento de estômatos, regulação do potencial osmótico das células vegetais e o transporte de fotoassimilados (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

1.4 CONCLUSÕES

A aplicação da dose de 270 kg ha^{-1} de N proporcionou a obtenção de plantas de abobrinha italiana com número máximo de folhas ($38,5 \text{ folhas planta}^{-1}$). Entretanto, esta variável não foi afetada pelas aplicações de potássio por fertirrigação. A aplicação das doses de 270 kg ha^{-1} de N e 270 kg ha^{-1} de K_2O proporcionou a obtenção de plantas com o máximo número de flores masculinas ($69,8 \text{ flores masculinas planta}^{-1}$ e $53,5 \text{ flores masculinas planta}^{-1}$, respectivamente).

A aplicação da dose de 270 kg ha^{-1} de N e de $173,75 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O por fertirrigação promoveu a obtenção de plantas de abobrinha italiana com o máximo número de flores femininas ($20,17 \text{ flores femininas planta}^{-1}$ e $16,6 \text{ flores femininas planta}^{-1}$, respectivamente).

A aplicação da dose de nitrogênio de $122,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de N e da dose de potássio de 270 kg ha^{-1} de K_2O proporcionou a obtenção de plantas de abobrinha italiana com a máxima altura ($44,6 \text{ cm}$ e 44 cm , respectivamente) enquanto que a aplicação da dose de 145 kg ha^{-1} de N e a dose de 270 kg ha^{-1} de K_2O proporcionou a obtenção de plantas com os máximos diâmetros de caule ($0,64 \text{ cm}$ e $0,54 \text{ cm}$, respectivamente).

1.5 REFERÊNCIAS

ABREU, I.M. de O. **Produtividade e qualidade microbiológica de alface sob diferentes formas de adubos orgânicos**. Brasília. 69p. 2008. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. Brasília

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, J. **Evapotranspiration del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 2006. 298 p. (Estudio Riego e Drenaje Paper, 56).

ANTUNES, C. L. **Fontes e modos de aplicação de potássio na alface americana (Lactuca sativa cv. Lucy Brown) em ambiente protegido**. Botucatu. 2005. 106p. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista. Botucatu.

ARAÚJO, H.S. **Doses de potássio em cobertura na produção e na qualidade de frutos de abobrinha de moita**. Botucatu. 2011. 92p. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista. Botucatu.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. Viçosa: UFV, 2008. 656 p.

BORGES, A.L; SILVA, D.J. Fertilizantes para fertirrigação. In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 255-264.

BRALTS, V.F.; EDWARD, D.M.; WU, I.P. Drip irrigation design and evaluation based on statistical uniformity concept. In: HILLEL, D. (Ed). **Advances in irrigation**. Orlando: Academic Press, v.4, p.67-117. 1987.

BRALTS, V.F. Field performance and evaluation. In: NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. (Ed.) **Trickle irrigation for crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1986. p.216-240. (Development in Agricultural Engineering, 9).

BRITO, D. R. **Crescimento e desenvolvimento do algodoeiro herbáceo, cultivar BRS 201, em função de nitrogênio, densidade de plantas e cloreto de mepiquat**. Areia. 2005. 116p. Tese de Doutorado. Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. Areia.

CABELLO, P. F. **Riegos Localizados de Alta Frecuencia (RLAF), goteo, microaspersión, exudación**. Madri: Mundi-Prensa, 1996. 511p.

CARRIJO, O. A.; SOUZA, R.B.; MAROUELLI, W.A.; ANDRADE, R.J. Fertirrigação de hortaliças. Brasília: Embrapa Hortaliças. **Circular técnica n° 32**. 2004. 12p.

CARPES, R.H.; LÚCIO, A.D.; STORCK, L.; LOPES, S.J.; ZANARDO, B.; PALUDO, A.L. Ausência de frutos colhidos e suas interferências na variabilidade da fitomassa de frutos de abobrinha italiana cultivada em diferentes sistemas de irrigação. **Revista Ceres**, v.55, p.590-595, 2008.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e Manuseio**. Lavras: UFLA, 2005. 406p.

COUTO, M. R. M.; LÚCIO, A.D.C.; LOPES, S. J.; CARPES, R.H. Transformações de dados em experimentos com abobrinha italiana em ambiente protegido. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1701-1707, 2009.

DEUS, A.C.F.; COSTA, C.D. DE. O.; FORATTO, L.C.; FERNANDES, D.M.; CARRIBEIRO, L.S. Alface americana fertirrigada com diferentes doses de ácido fosfórico e hidróxido de potássio. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 2, p. 125-133, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Rio de Janeiro, 2013. 306p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.

FAQUIN, V.; ANDRADE, A.T. 2004. **Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional de hortaliças**. Lavras: UFLA/FAEPE. 88p.

FARINELLI, R.; PENARIOL, F.G.; FILHO, D.F.; BORDIN, L. Effects of nitrogen and potassium fertilization on agronomic characteristics of upland rice cultivated under no-tillage. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 447-454, 2004.

FAVETA, G.M.; BOTREL, T.A. Uniformidade de sistemas de irrigação localizada: validação de equações. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.2, p.427-430, 2001.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de oleicultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2008, 412p.

FREITAS, C. A. S.; SILVA, A. R. A. da; BEZERRA, F. M. L.; ANDRADE, R. R. de; MOTA, F. S. B. ; AQUINO, B. F. de. Crescimento da cultura do girassol irrigado com diferentes tipos de água e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.10, p. 1031-1039, 2012.

GARCEZ NETO, A.F.; NASCIMENTO JR., D.; REGAZZI, A.J. Respostas morfogênicas e estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p.1890-1900, 2002.

GOMES, F.H.T.; POMPEU, R.C.B.F.; LOPES, M.N. et al. Acúmulo de forragem de capim-aruana com níveis crescentes de N. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007. Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2007 (CD-ROM).

GUERRA, A.G.; ZANINI, J.R.; NATALE, W.; PAVANI, L.C. Frequência de fertirrigação da bananeira prata-anã com nitrogênio e potássio aplicados por microaspersão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.80-88, 2004.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR). **Cartas Climáticas do Paraná – Classificação Climática**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>>. Acesso em 14 janeiro. 2014.

KANO, C.; CARDOSO, A.I.I; VILLAS BÔAS, R.L. Influencia de doses de potássio nos teores de macronutrientes em plantas e sementes de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 287-291, 2010.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design parameters**. Transactions of the ASAE, Saint Joseph, v. 17, n. 4, p. 678-684, 1974.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MANTOVANI, E. C. **AVALIA**: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada. Viçosa: UFV. 2001.

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. 159p. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo.

MARQUELLI, W.A. **Tensiômetros para o controle de irrigação em hortaliças**. Circular Técnica 57, Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008.

MARTINEZ, H. E. P. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 61p. (Cadernos Didáticos 1).

MAY, A.; CECÍLIO FILHO, A.B.; CAVARIANNI, R.L.; BARBOSA, J.C. Desenvolvimento e produtividade da cúrcuma (*Curcuma longa* L.) em função de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.7, n.3, p.72-78, 2005.

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**. 2007. 158p. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

NETO, F.M. ; HOLANDA, J.S.de.; DIAS, N. da S.; GHEYI, H.R.; FOLEGATTI, M.V. Crescimento e produção de coqueiro Anão verde fertigado com nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.7, p. 657-664, 2011.

NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, A.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R. L . F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade de solo**. Viçosa. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 756p.

OLIVEIRA, E. C.; CARVALHO, J. A.; REZENDE, F. C.; FREITAS, W. A. Viabilidade técnica e econômica da produção de ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivada sob diferentes lâminas de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v.31, p.324-333, 2011.

PRADO, R. M. **Nutrição de Plantas**. São Paulo: UNESP, 2008. 218p.

PURQUERIO L.F.V.; TIVELLI S.W. **Manejo do ambiente em cultivo protegido**. Informações Tecnológicas, Campinas, 2006. In: IAC, 2006: Disponível em: http://www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/MANEJO_Cultivo_Protegido/Manejo_Cultivo_protegido.htm. Acesso em: 21. Outubro. 2012.

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**, v. 25, p.550-556. 2007.

ROMANO, C. M.; STUMPF, E. R. T.; BARBIERI, R. L. **Polinização manual em abóboras**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 26 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 225).

SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Plant physiology**. California: Wadsworth Publishing Company, 2012. 682p.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T.; FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. Belo Horizonte: O Lutador, 2008. 474p.

SCIVITARRO, W. B.; OLIVEIRA, R. P.; MORALES, C. F. G.; RADMANN, E. B. Adubação nitrogenada na formação de porta-enxertos de limoeiro 'Cravo' em tubetes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 1, p. 131-135, 2004.

SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO (SEAB). 2013. **Olericultura – Análise da Conjuntura Agropecuária**. 2013. Disponível em: http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/olericultura_2012_13.pdf. Acesso em: 06 janeiro. 2013.

SHABALA, S. Regulation of potassium transport in leaves: from molecular to tissue level. **Annals of Botany**, v.92, p.627-634, 2003.

SILVA, G.F.de; FONTES, P.C.R.; LIMA, L.P.de; ARAÚJO, T.O.D.; SILVA, L.de F. Aspectos morfoanatômicos de plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.) sob omissão de nutrientes, **Revista Verde**, v.6, n.2, p. 13 - 20, 2011a.

SILVA, E.N.; SILVEIRA, J.A.G.; FERNANDES, C.R.R.; DUTRA, A.T.B.; ARAGÃO, R.M. Acúmulo de íons e crescimento de pinhão manso sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 2, p.240-246, 2009.

SILVA, W.L.C.; MAROUELLI, W.A. Fertirrigação de hortaliças. **ITEM: Irrigação & Tecnologia Moderna**, n. 52/53, p.45-47, 2002.

SOUZA, R. O. R. M.; PÉREZ, G. F. E.; BOTREL T. A. Irrigação localizada por gravidade com microtubos. **Irriga**, v.11, n.2, p.266-279, 2006.

TRANI, P.E.; TIVELLI, S.W.; CARRIJO, O.A. Fertirrigação em hortaliças. Campinas: Instituto Agrônômico, 2. Ed., 2011. 58 p. (**Boletim Técnico IAC, 196**).

TRANI, P.E. **Calagem e adubação para hortaliças sob cultivo protegido**. 2007. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_1/cp/index.htm>. Acesso em: 25. Julho. 2012.

VIANA, T. V. de A.; SANTOS, F.S.S. DOS.; COSTA,S.C.; AZEVEDO, B.M.DE.; SOUSA, A.E. Diferentes doses de potássio, na forma de nitrato de potássio, aplicadas via fertirrigação no mamão formosa. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 39, n. 01, p. 34-38, 2008.

WILCOX, J.C.; SWAILES, G.E. Uniformity of water distribution by some under tree orchard sprinklers. **Scientific Agriculture**, v.27, n.11, p.565-583,1947.

CAPÍTULO 2

Produção de abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) utilizando fertirrigação nitrogenada e potássica em cultivo protegido

Produção de abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) utilizando fertirrigação nitrogenada e potássica em cultivo protegido

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos da aplicação de doses de nitrogênio e potássio via fertirrigação nos componentes da produção de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus conduzidas em ambiente protegido. O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Centro Técnico de Irrigação do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá. As sementes de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus foram semeadas em bandejas de poliestireno de 72 células e o transplante a área experimental ocorreu 21 dias após a semeadura. As mudas foram plantadas em espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,7 m entre plantas. Utilizou-se o sistema de microirrigação por gotejamento que foi operado com pressão de 10 m.c.a. Foi instalado, um gotejador por planta, o qual trabalhou com vazão nominal de 4 L h⁻¹. Foi adotado delineamento inteiramente casualizado arranjado em fatorial (4 X 4) com três repetições. Os tratamentos compreenderam doses de N (0 kg ha⁻¹ de N, 90 kg ha⁻¹ de N, 180 kg ha⁻¹ de N e 270 kg ha⁻¹ de N) e doses de K (0 kg ha⁻¹ de K₂O, 90 kg ha⁻¹ de K₂O, 180 kg ha⁻¹ de K₂O e 270 kg ha⁻¹ de K₂O) fornecidas às plantas por fertirrigação. Foram avaliadas as seguintes variáveis de produção: Massa média de frutos (MMF), Comprimento de frutos (CF), Diâmetro de frutos (DF), Número de frutos por planta (NFP), Produtividade (PROD), Índice de pegamento de frutos (IPF) e Eficiência Agronômica da Fertirrigação Nitrogenada (EAFN). A aplicação da dose de 136,92 kg ha⁻¹ de N e da dose de 184,17 kg ha⁻¹ de K₂O por meio da fertirrigação promoveram a produção de frutos com a máxima massa média (240,17 gramas fruto⁻¹ e 227,71 gramas fruto⁻¹, respectivamente). A aplicação das doses de 270 kg ha⁻¹ de N e de 270 kg ha⁻¹ de K₂O por fertirrigação proporcionaram a obtenção de frutos de maior comprimento (19,8 cm e 17,8 cm, respectivamente). A aplicação das doses de 126,67 kg ha⁻¹ de N e 175 kg ha⁻¹ de K₂O proporcionaram produção de frutos com diâmetro máximo (5,7 cm e 5,16 cm, respectivamente). O máximo número de frutos por planta (12,1 frutos planta⁻¹ e 7,6 frutos planta⁻¹, respectivamente) foi alcançado com a aplicação de 179,17 kg ha⁻¹ de N e 171,25 kg ha⁻¹ de K₂O. A máxima produtividade (36,8 t ha⁻¹ e 23,8 t ha⁻¹) foi obtida com a aplicação das doses de 149,92 kg ha⁻¹ de N e 137,75 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente. O máximo índice de pegamento de frutos (62,7% e 47,45%, respectivamente) foi alcançado com a aplicação por fertirrigação de 138,05 kg ha⁻¹ de N e 233,5 kg ha⁻¹ de K₂O. A eficiência agronômica da

fertirrigação nitrogenada diminuiu com o aumento das doses de nitrogênio sendo que esta diminuição mostrou-se mais acentuada na dose de 270 kg ha⁻¹ de N.

Palavras-chave: água, fertilizantes, nutrientes, planta, potencial osmótico, solo.

Production of italian zucchini (*Cucurbita pepo* L.) fertirrigation using nitrogen and potassium in protected cultivation

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the production of plants zucchini cultivar Novita Plus through the influence of application of nitrogen and potassium through fertigation. The experiment was conducted in a greenhouse at the Department of Agronomy, State University of Maringa Technical Centre for Irrigation. The seeds of zucchini cultivar Novita Plus were sown in polystyrene trays with 72 cells and transplant the experimental area occurred 21 days after sowing. The seedlings were transplanted into 1.0 m spacing between rows and 0.7 m between plants. We used the micro-irrigation system drip with a dripper per plant operating at nominal flow rate of 4 L h⁻¹. Completely randomized design with a factorial (4 X 4) with three replicates was used. The treatments consisted of N rates (0 kg ha⁻¹ de N, 90 kg ha⁻¹ de N, 180 kg ha⁻¹ de N, 270 kg ha⁻¹ de N) and K rates (0 kg ha⁻¹ de K₂O, 90 kg ha⁻¹ de K₂O, 180 kg ha⁻¹ de K₂O, 270 kg ha⁻¹ de K₂O) that were provided to plants by fertigation. The following variables were evaluated production: the average mass of fruit (MMF), fruit length (FL), fruit diameter (FD), number of fruits per plant (NFP), productivity (PROD), index of fruit set (IPF) and Agronomic Efficiency of Nitrogen Fertigation (EAFN). The application of the dose of 136.92 kg ha⁻¹ of N and the dose of 184.17 kg ha⁻¹ of K₂O through drip irrigation promoted the production of fruits with the highest average weight (240,17 g fruit⁻¹ and 227,71 grams fruit⁻¹, respectively). The application of doses of 270 kg ha⁻¹ of N and 270 kg ha⁻¹ of K₂O fertigation promoted by obtaining higher fruit length (19,8 cm and 17,8 cm, respectively). The application of doses of 126,67 kg ha⁻¹ of N and 175 kg ha⁻¹ of K₂O provided fruit production with maximum diameter (5,7 cm and 5,16 cm, respectively). The maximum number of fruits per plant (12,1 fruits plant⁻¹ and 7,6 fruits plant⁻¹, respectively) was achieved with the application of 179,17 kg ha⁻¹ of N and 171.25 kg ha⁻¹ of K₂O. The highest yield (36,8 t ha⁻¹ and 23.8 t ha⁻¹) was obtained with the application of doses of 149,92 kg ha⁻¹ of N and 137,75 kg ha⁻¹ of K₂O, respectively. The maximum rate of fruit set (62,7 % and 47,45%, respectively) was achieved with the application by fertigation of 138,05 kg ha⁻¹ of N and 233,5 kg ha⁻¹ of K₂O. The agronomic efficiency of nitrogen fertigation decreased with increasing doses of nitrogen and this decrease was more pronounced at the dose of 270 kg ha⁻¹ of N.

Keywords: water, fertilizer, nutrients, plant, osmotic potential, soil.

2.1 INTRODUÇÃO

No Brasil, são cultivadas cinco espécies de abóboras: (*Cucurbita argyrosperma*, *Cucurbita ficifolia*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita moschata* e *Cucurbita pepo*) as quais apresentam grande diversidade de nomes populares, particulares ou comuns (HEIDEN et al., 2007). A abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) é conhecida como abóbora de rama, abóbora de moita ou de árvore e originou-se da região central do México. Caracteriza-se por suas plantas apresentarem hábito de crescimento ereto, com hastes curtas e formarem uma espécie de moita. O termo abobrinha diz respeito aos frutos de seus cultivares que são colhidos imaturos (FILGUEIRA, 2008).

Dentre as diversas olerícolas cultivadas, a cultura da abobrinha italiana representa uma grande opção de plantio para os produtores em virtude de sua destacada aceitação no mercado. No ano de 2011 foram produzidas cerca de 3.187.953 toneladas de hortaliças no Estado do Paraná em uma área de 171.354 hectares sendo que foram produzidas na safra 17, 8 t ha⁻¹ de abobrinha italiana, cultura que respondeu por 1% da produtividade estadual de hortaliças (SEAB, 2013).

A suplementação das necessidades hídricas das plantas utilizando a irrigação é fundamental para o sucesso de produção da maioria das hortaliças. O uso de microirrigação por gotejamento em hortaliças tem aumentado consideravelmente nas últimas décadas. Estes sistemas caracterizam-se pela aplicação da água próxima a planta em altas frequências e baixos volumes, não havendo a irrigação total da superfície do solo (MAROUELLI & SILVA, 2011).

A aplicação de água por meio da utilização de sistemas de microirrigação por gotejamento apresenta diversas vantagens, dentre as quais: maior eficiência de utilização da água, maior produtividade, maior eficiência no controle de doenças e pragas, economia de mão de obra, redução com gastos de energia e maior eficiência de adubação em virtude da possibilidade dos fertilizantes serem aplicados na água de irrigação (BÔAS et al., 2011).

A fertirrigação é a prática de fertilização das culturas por meio da água de irrigação. É o melhor e mais eficiente método de adubação das culturas, pois combina a água e os nutrientes, que juntamente com a luz solar constituem alguns dos fatores mais importantes para o desenvolvimento e a produção das culturas. Uma boa combinação desses fatores determina o rendimento e a qualidade das hortaliças. Os sistemas de irrigação por

microirrigação são os mais eficientes para a fertirrigação em que a uniformidade de distribuição dos nutrientes está diretamente relacionada com o coeficiente de uniformidade da água de irrigação (TRANI et al., 2011).

Nitrogênio é um macronutriente primário isto é exigido em grandes quantidades pelas plantas. Ele participa de diferentes moléculas indispensáveis ao ciclo vital dos vegetais como aminoácidos, proteínas, vitaminas, ATP (Adenosina trifosfato), coenzimas como NADH (Nicotinamida Adenina Dinucleótido Hidreto), NADPH (Nicotinamida Adenina Dinucleótido Fosfato Hidreto), clorofila e diversas enzimas. Além disso, promove modificações morfofisiológicas nos vegetais, pois está envolvido nos mais importantes processos bioquímicos e fisiológicos que ocorrem nas plantas, como fotossíntese, respiração, absorção iônica, crescimento e diferenciação celular (MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA, 2006; PRADO, 2008).

A maioria das plantas de interesse agrônômico absorve nitrogênio na forma de nitrato (NO_3^-) de modo que este ânion é oriundo das reações de nitrificação, as quais fazem parte do processo de mineralização (CANTARELLA, 2007), o qual sofre influência da umidade, da temperatura, do pH do solo, da quantidade e natureza desta matéria orgânica e da relação C/N (MALAVOLTA, 2006). A deficiência de nitrogênio manifesta-se por meio da inibição do crescimento das plantas, as quais acabam por permanecer com porte mais baixo (MARSCHNER, 1995; PRADO, 2008). Além disso, há a ocorrência de clorose nas folhas velhas visto que o nitrogênio é um elemento de alta mobilidade, deixando as folhas velhas e sendo translocado para as folhas novas do vegetal.

Potássio também é um macronutriente primário, sendo um dos nutrientes mais exigidos e extraídos pelas plantas ao lado do nitrogênio. É absorvido pelos vegetais na forma de íon monovalente K^+ e em doses adequadas promove o uso eficiente da água devido a exercer o controle da abertura e do fechamento dos estômatos. Ele também potencializa a translocação dos carboidratos produzidos nas folhas no processo fotossintético para os outros órgãos do vegetal e regulariza o potencial osmótico das células vegetais. Além disso, também atua como ativador de diversas enzimas, especialmente as envolvidas nos processos de fotossíntese e de respiração. (MALAVOLTA et al., 1997).

Em condições de deficiência de potássio, as plantas produzem menos proteínas e acumulam menores quantidades de compostos nitrogenados solúveis como aminoácidos, amidas e nitrato. Além disso, as plantas tem seu crescimento diminuído e ao mesmo tempo

ocorre o declínio da resistência ao ataque de pragas, manifestação de doenças e o surgimento de outras condições de estresse que afetam negativamente as espécies vegetais. Contudo, o excesso de potássio pode afetar a absorção de cálcio e magnésio, em virtude da competição entre os íons pelo sítio de ligação localizado nas células do sistema radicular das plantas.

A maioria dos fertilizantes nitrogenados e potássicos não apresenta restrições que impeçam sua aplicação na água de irrigação, podendo os mesmos serem até misturados no momento da aplicação devido a possuírem grande compatibilidade entre si. Estes fertilizantes caracterizam-se por possuírem alta solubilidade na água, atributo de extrema importância para a realização da fertirrigação em virtude da ocorrência do possível entupimento dos emissores por partículas de sais não dissolvidos na água de irrigação (TRANI et al., 2011). Dentre os fertilizantes nitrogenados e potássicos utilizados na fertirrigação destacam-se nitrato de cálcio, uréia, nitrato de amônio, cloreto de potássio, nitrato de potássio, respectivamente.

A opção de produzir abobrinha italiana em ambiente protegido vai ao encontro da grande expansão que este sistema de cultivo vem experimentando há alguns anos (LUCIO et al., 2008). Realizar condução de culturas em ambientes protegidos significa oferecer às mesmas um conjunto de condições de controle adequadas às suas necessidades, tais como as relacionadas com temperatura, umidade, radiação solar, lâminas de irrigação, fitossanidade, dentre outros fatores que favoreçam amplamente o crescimento, desenvolvimento dos vegetais, maximizando a produtividade obtida no ciclo das culturas. Este trabalho teve por objetivo avaliar a influência da aplicação de doses de nitrogênio e potássio por meio da água de irrigação nos componentes da produção de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus conduzidas em ambiente protegido.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado e conduzido no período de agosto a dezembro de 2012 em casa de vegetação localizada no Centro Técnico de Irrigação (CTI) da Universidade Estadual de Maringá, na cidade de Maringá, Estado do Paraná, cujas coordenadas geográficas são de 23°25' de latitude sul e 51°57' de longitude oeste.

A casa de vegetação foi construída no sentido Norte – Sul, apresentando cobertura em arco possuindo 30 m de comprimento, 5,7 m de largura e 2,5 m de pé direito. As fachadas foram envolvidas com tela antiafídica e possuem rodapé composto de alvenaria de 0.25 m de altura. O teto foi coberto com filme plástico de polietileno de baixa densidade de 150 micra de espessura, com tratamento anti – UV.

O clima do município de Maringá é do tipo subtropical (Cfa) que se caracteriza por ocorrência de temperaturas médias inferiores a 18 °C no mês mais frio e temperaturas superiores a 22 °C no mês mais quente, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida (IAPAR, 2014). Na Figura 1 são apresentados os dados referentes às temperaturas registradas durante o decorrer do experimento na área experimental, obtidas utilizando termômetro de máxima e mínima.

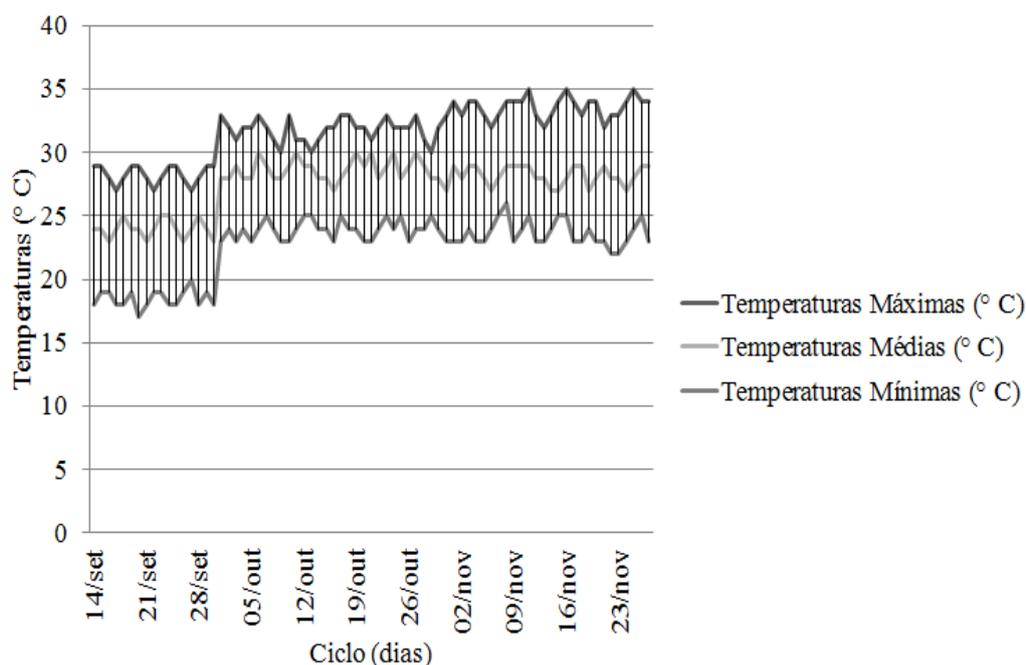


Figura 1. Valores de temperatura máxima, média e mínima no período de setembro de 2012 a novembro de 2012.

O solo da área pertence à classe Nitossolo Vermelho Distroférico típico com Horizonte A moderado, textura argilosa, fase florestal perenifólia (EMBRAPA, 2013). Este solo apresenta as seguintes características químicas: pH em CaCl_2 , 4,9; P: $3,19 \text{ mg dm}^{-3}$; K^+ : $0,16 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Ca^{2+} : $2,00 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Mg^{2+} : $0,60 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Al^{3+} : $0,62 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$: $3,74 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; matéria orgânica: $17,97 \text{ g dm}^{-3}$, CTC: $6,50 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e saturação de bases (V%): 42,46%.

Foi realizada aplicação de calcário ($0,29 \text{ t ha}^{-1}$) para elevação da saturação de bases (V%) a 80% de acordo com a recomendação para a cultura elaborada por Trani (2007). Posteriormente, o solo da área foi preparado visando à construção dos canteiros com a utilização da enxada rotativa. Em seguida, realizou-se a demarcação da área experimental de modo que foram delimitados sete canteiros que distaram 1 m entre si, sendo que os canteiros das extremidades distaram 0,45 m da mureta da casa de vegetação. Todos os canteiros foram confeccionados manualmente através da utilização de enxadas e enxadões.

Ao mesmo tempo, foram semeadas as sementes de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em três bandejas de isopor de 72 células. Primeiramente, estas bandejas foram higienizadas com solução de água sanitária (1%). Posteriormente, após a secagem das bandejas foi aplicado substrato comercial em cada uma de suas células e as sementes de

abobrinha italiana da cultivar Novita Plus foram semeadas. O transplântio para a área experimental foi realizado 21 dias após a semeadura com as mudas apresentando três folhas definitivas num espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,7 m entre plantas. Vale ressaltar que neste período entre a semeadura e o transplântio foram realizadas irrigações três vezes ao dia nas bandejas, as quais recebiam 10 L de água por aplicação.

Após o transplântio foram realizadas irrigações diariamente, visando favorecer o pegamento das mudas. Este procedimento foi adotado por dez dias. Posteriormente, as irrigações e fertirrigações foram realizadas de acordo com a leitura dos valores de tensão registrados nos seis tensiômetros instalados na área experimental sendo três na profundidade de 10 cm e três na profundidade de 20 cm. As aplicações de nitrogênio e potássio foram realizadas quando os tensiômetros registraram tensões de 20 KPa, sendo este valor considerado como crítico indicando a realização de novas irrigações segundo a metodologia de Marouelli (2008).

O manejo da irrigação foi realizado com base na estimativa da evapotranspiração da cultura (ET_c), a qual correspondeu ao produto da evapotranspiração de referência (ET_0) obtida com o evaporímetro de Piche com os valores de coeficiente da cultura (K_c) ao longo de seu ciclo (Equação 1). Para a abobrinha italiana foram utilizados os valores de 0,15; 0,95 e 0,70, nas fases inicial e intermediária e no final do ciclo da cultura, respectivamente, segundo Allen et al., (2006).

$$ET_c = ET_0 \cdot K_c \quad (1)$$

Na Figura 2 é apresentado o comportamento da evapotranspiração da cultura obtido durante o decorrer do experimento na área experimental.

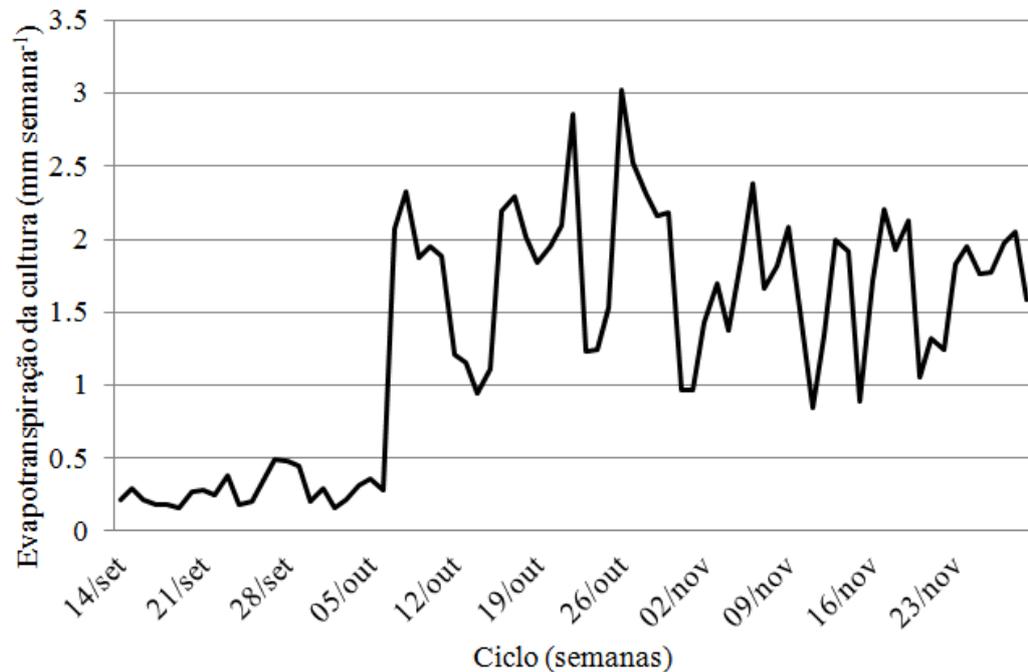


Figura 2. Valores de evapotranspiração da cultura da abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.) no período de setembro de 2012 a novembro de 2012.

Neste trabalho foi utilizado o sistema de irrigação localizada por gotejamento de modo que cada planta foi irrigada por um gotejador, o qual operou com vazão nominal de 4 L h⁻¹ que foi controlada por meio de um manômetro de glicerina instalado no cabeçal de controle do sistema. O sistema foi composto de 144 gotejadores, 48 tubos de polietileno de diâmetro de 16 mm e comprimento de 2,1 m, dois registros de gaveta, 48 registros borboleta, motobomba de 0,5 cv de potência, reservatório de 500 L de capacidade máxima. Trabalhou-se com sete linhas de derivação formadas cada uma por tubos de PVC de diâmetro de 32 mm. Cada linha de derivação possuiu sete linhas laterais de tubos de polietileno de diâmetro de 16 mm.

Após a montagem do sistema de irrigação determinou-se sua uniformidade. Para tal, utilizaram-se coletores em formato de copo. O teste de uniformidade foi realizado envolvendo todos os gotejadores segundo a disposição dos tratamentos isto é foram selecionadas 12 linhas laterais e em cada uma delas foram colocados três coletores. O sistema foi acionado e após cinco minutos mediu-se o volume de água presente em cada coletor através de uma proveta graduada em mililitros. Este processo foi repetido por quatro vezes. A razão entre o volume e o tempo permitiu a obtenção da vazão de cada gotejador e a uniformidade foi determinada

pelo Coeficiente de Christiansen (CUC), utilizando-se a metodologia descrita por Keller e Karmeli (1974). Para tal se utilizou a equação 2 que relaciona a vazão de cada gotejador com a média das vazões de todos os gotejadores.

$$CUC = 100. \left(1 - \left(\frac{\sum(|q_i - q_{mg}|)}{n \cdot q_{mg}} \right) \right) \quad (2)$$

Em que:

CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen (%);

q_i = vazão de cada gotejador, (L h⁻¹);

q_{mg} = vazão média dos gotejadores, (L h⁻¹);

n = número de gotejadores.

Dispondo-se das vazões dos gotejadores, também foi calculado o coeficiente de uniformidade de distribuição que compreende a relação entre a média dos 25% menores valores de vazão observados com a média geral da vazão dos gotejadores, segundo a metodologia de Keller e Karmeli (1974), de modo que, ele é expresso pela equação 3.

$$CUD = 100. \left(\frac{q_{m25\%}}{q_{mg}} \right) \quad (3)$$

Em que:

CUD = Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (%);

$q_{m25\%}$ = média dos 25% das menores vazões obtidas (L h⁻¹);

q_{mg} = vazão média geral dos gotejadores (L h⁻¹).

Além dos Coeficientes de Christiansen (CUC) e do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), também foi calculado o Coeficiente de Uniformidade Absoluta (CUA). Keller e Karmeli (1974) modificaram a equação do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) visando à obtenção da uniformidade de emissão absoluta que compreende a relação das maiores e menores vazões dos gotejadores com a média, sendo expresso pela equação 4.

$$CUA = 50 \cdot \left(\left(\frac{qm_{25\%}}{qmg} \right) + \left(\frac{qmg}{qm_{12,5\%}} \right) \right) \quad (4)$$

Em que:

CUA = Coeficiente de Uniformidade Absoluto (%);

$qm_{12,5\%}$ = média de 12,5% das maiores vazões obtidas ($L h^{-1}$);

$qm_{25\%}$ = média dos 25% das menores vazões obtidas ($L h^{-1}$);

qmg = vazão média dos gotejadores ($L h^{-1}$).

A uniformidade estatística foi proposta por Wilcox & Swailes (1947) com a finalidade de se avaliar a uniformidade de sistemas de irrigação por aspersão, considerando-se o coeficiente de variação das lâminas de água aplicada. Contudo, Bralts et al. (1987) propuseram a determinação deste coeficiente em sistemas de microirrigação. Neste caso apenas necessita-se substituir os valores de lamina de água pelas mensurações correspondentes as vazões dos emissores, tal como pode ser observado na equação 5.

$$CUE = 100 \cdot \left(1 - \left(\frac{Sq}{qmg} \right) \right) \quad (5)$$

Em que:

CUE = Coeficiente de Uniformidade Estatística (%);

Sq = Desvio-padrão das vazões obtidas ($L h^{-1}$);

qmg = vazão média dos gotejadores ($L h^{-1}$).

Os valores obtidos para o Coeficiente de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), Coeficiente de Uniformidade Absoluta (CUA) e Coeficiente de Uniformidade Estatística (CUE) estão expressos na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1. Coeficientes de uniformidade de aplicação de água no sistema de irrigação avaliado na área experimental.

Coeficientes	Média	Classificação
CUC (%)	96,85	Excelente
CUD (%)	95,39	Excelente
CUA (%)	94,56	Excelente
CUE (%)	95,77	Excelente

Os valores do Coeficiente de Christiansen (CUC) obtidos foram superiores a 90% sendo considerados excelentes segundo Bernardo (2008) e também por Mantovani (2001) em classificação elaborada para sistemas de microirrigação por gotejamento. Os valores dos Coeficientes de Uniformidade de Distribuição (CUD) e do Coeficiente de Uniformidade Absoluta (CUA) também foram superiores a 90% sendo definidos como excelentes segundo Bralts (1986). Os valores do Coeficiente de Uniformidade Estatística (CUE) também foram superiores a 90% e desta forma também puderam ser avaliados como excelentes segundo Bralts et al. (1987) e Faveta & Botrel (2001).

As doses de nitrogênio e potássio foram definidas com base na necessidade total dos nutrientes ao longo do ciclo da cultura segundo Trani (2007). As doses de nitrogênio foram aplicadas com a utilização do fertilizante nitrato de cálcio enquanto que o potássio foi fornecido as plantas de abobrinha da cultivar Novita Plus pela aplicação do cloreto de potássio. Utilizou-se uma lâmina média de 7 mm ao longo do experimento.

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado. O experimento foi esquematizado em um fatorial (4 X 4) com três repetições. Os tratamentos aplicados às plantas da cultivar de abobrinha-italiana Novita Plus foram formados por meio da combinação de quatro doses de nitrogênio (0 kg ha⁻¹ de N, 90 kg ha⁻¹ de N, 180 kg ha⁻¹ de N e 270 kg ha⁻¹ de N) com quatro doses de potássio (0 kg ha⁻¹ de K₂O, 90 kg ha⁻¹ de K₂O, 180 kg ha⁻¹ de K₂O e 270 kg ha⁻¹ de K₂O), obtendo-se 16 tratamentos sendo cada combinação aplicada em três unidades experimentais, totalizando 48 unidades experimentais na área experimental, os quais foram assim denominados, conforme pode ser observado na Figura 3 e na Tabela 2

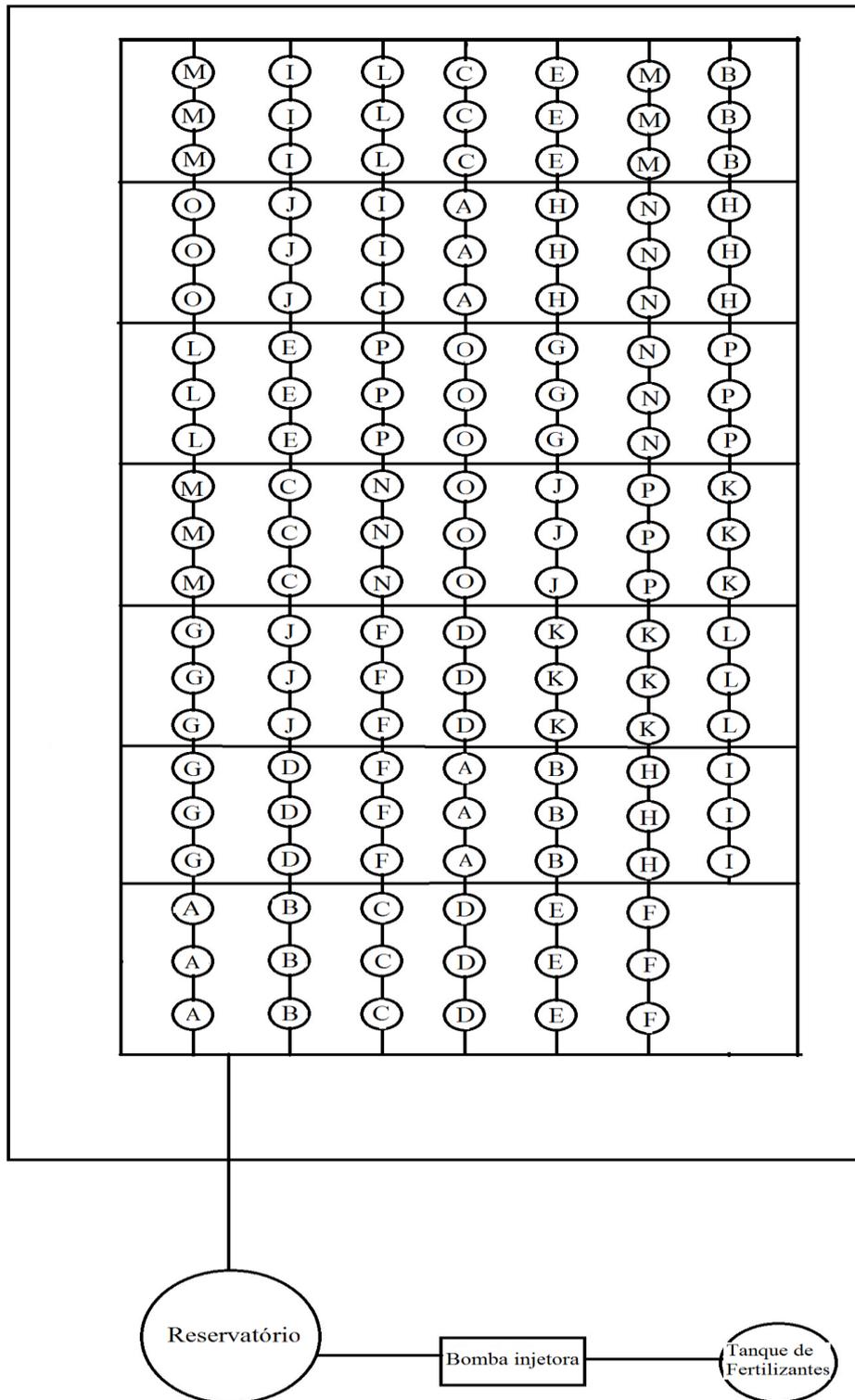


Figura 3. Croqui da área experimental com a disposição dos tratamentos e do sistema de irrigação utilizado.

Tabela 2. Doses de N e de K aplicadas por meio da água de irrigação nos diferentes setores da área experimental.

Tratamentos	Descrição
A (N ₀ K ₁)	(0 kg ha ⁻¹ de N, 90 kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
B (N ₃ K ₃)	(270 kg ha ⁻¹ de N, 270 kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
C (N ₀ K ₃)	(0 kg ha ⁻¹ de N, 270 kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
D (N ₃ K ₀)	(270 kg ha ⁻¹ de N, 0 kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
E (N ₁ K ₀)	(90 kg ha ⁻¹ de N, 0 kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
F (N ₃ K ₁)	(270 kg ha ⁻¹ de N, 90 kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
G (N ₀ K ₂)	(0 kg ha ⁻¹ de N, 180 kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
H (N ₂ K ₃)	(180 kg ha ⁻¹ de N, 270 kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
I (N ₀ K ₀)	(0 kg ha ⁻¹ de N, 0 kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
J (N ₃ K ₂)	(270 kg ha ⁻¹ de N, 180 kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
K (N ₂ K ₂)	(180 kg ha ⁻¹ de N, 180 kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
L (N ₂ K ₁)	(180 kg ha ⁻¹ de N, 90 kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
M (N ₁ K ₁)	(90 kg ha ⁻¹ de N, 90 kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
N (N ₂ K ₀)	(180 kg ha ⁻¹ de N, 0 kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
O (N ₁ K ₂)	(90 kg ha ⁻¹ de N, 180 kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
P (N ₁ K ₃)	(90 kg ha ⁻¹ de N, 270 kg ha ⁻¹ de K ₂ O)

As doses de N e de K foram injetadas na linha principal do sistema de irrigação antes do sistema de filtragem. Utilizou-se como equipamento injetor uma bomba centrífuga de 1/2 cv, instalada com sucção que recalava a solução água + fertilizante (nitrato de cálcio ou cloreto de potássio) de um tanque de capacidade de 500 L onde a mistura era confeccionada. O tempo total de fertirrigação considerando a aplicação de todos os tratamentos foi de 54 minutos e em seu manejo o sistema era inicializado e finalizado com a aplicação de água, com o objetivo de estabilizar a vazão dos gotejadores e evitar a ocorrência de seus entupimentos.

Os tratamentos culturais e o controle fitossanitário, quando necessários, foram executados segundo Filgueira (2008). Após 22 dias do transplante, apareceram as primeiras flores masculinas e femininas. Desta forma, iniciou-se o processo de polinização manual segundo Romano et al. (2008). A porção superior das pétalas de flores masculinas e femininas que se encontravam em pré-antese foram amarradas com fios de lã. Posteriormente, a flor masculina

era retirada do ramo da planta e os fios de lã eram desamarrados. Em seguida, as pétalas das flores eram retiradas e suas anteras eram passadas suavemente pelo estigma das flores femininas que previamente tiveram seus fios de lã desamarrados. Após a transferência do pólen, as flores femininas eram envolvidas com sacos de papel manteiga presos a seus pedúnculos através da amarração de fios de lã. Cerca de dois dias após a polinização, os sacos de papel manteiga eram recolhidos das flores femininas.

As colheitas tiveram início 30 dias após o transplântio e foram realizadas diariamente no período da manhã até o esgotamento da capacidade produtiva das plantas. Para estudo de comparação entre produção das plantas de abobrinha italiana nos diferentes tratamentos, foram avaliadas as seguintes variáveis respostas na cultura, segundo metodologia adotada por Araújo (2011). Fez-se exceção a Eficiência Agronômica que foi determinada de acordo com Fageria (1998):

- Massa média de frutos (gramas fruto⁻¹): Em cada planta foram obtidos os frutos, os quais foram pesados em balança eletrônica digital de precisão de 0,1 gramas. A massa total de frutos obtida em cada tratamento foi dividida pelo número de frutos colhidos em cada planta de cada parcela dos tratamentos avaliados;
- Comprimento de frutos (cm): Os frutos colhidos foram medidos com a utilização de trena graduada em centímetros;
- Diâmetro de frutos (cm): Os frutos obtidos em cada planta tiveram seu diâmetro determinado através da utilização de paquímetro digital;
- Índice de pegamento de frutos (%): Consistiu na relação entre número de frutos produzidos em cada tratamento com o número de flores femininas obtidos no respectivo tratamento;
- Número de frutos por planta (frutos planta⁻¹): tratou-se da relação entre o número de frutos colhidos em cada tratamento pelo número de plantas de cada parcela do tratamento;
- Produtividade (t ha⁻¹): Resultante do produto da massa média frutos pelo número de frutos por planta e pelo número de plantas por hectare;
- Eficiência Agronômica: Consistiu na razão entre a variação de produção expressa em quilos com adubação e sem adubação com a quantidade de nutriente aplicado também em quilos, segundo Fageria (1998). Segundo este autor, se

este parâmetro é determinado em condições controladas, como em casas de vegetação, a relação pode ser expressa em gramas por gramas. Vale ressaltar que como a adubação foi realizada por fertirrigação foi determinada a eficiência da fertirrigação.

Com a obtenção dos dados foi realizada a análise de variância e na ocorrência de diferenças significativas nas variáveis doses de nitrogênio e doses de potássio foram aplicadas análises de regressão. Neste experimento foi utilizado o software estatístico SISVAR. Todos os testes aplicados possuíram nível de significância de 5%.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Massa média de frutos (MMF)

Observando-se os dados da Tabela 3, pode-se afirmar que as distintas doses de nitrogênio e de potássio aplicadas pela fertirrigação afetaram significativamente a massa média de frutos das plantas de abobrinha de moita da cultivar Novita Plus.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para a variável resposta massa média de frutos de plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus.

Causa de Variação	Cultivar
	Novita Plus
	MMF
Doses de N	0,0000*
Doses de K	0,0008*
Doses de N X Doses de K	0,0720 ^{NS}
Média Geral (gramas fruto ⁻¹)	225,16
Coefficiente de Variação (%)	10,84

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

^{NS} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Com relação às doses de nitrogênio, os dados se ajustaram mais adequadamente ao modelo de regressão polinomial quadrática. Na Tabela 4 pode se observar a estimativa de seus coeficientes e se interpretar suas significâncias. Na Figura 4 a relação existente entre doses de nitrogênio e massa média de frutos é expressa graficamente.

Tabela 4. Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão quadrática para a massa média de frutos das plantas de abobrinha italiana da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus em função da aplicação de doses de nitrogênio.

FONTE DE VARIACÃO	COEFICIENTES	ESTIMATIVAS	Prob> t
NITROGENIO	β_0	213,91	0,0000*
	β_1	0,3835	0,0000*
	β_2	-0,0014	0,0000*

*significativo em um nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

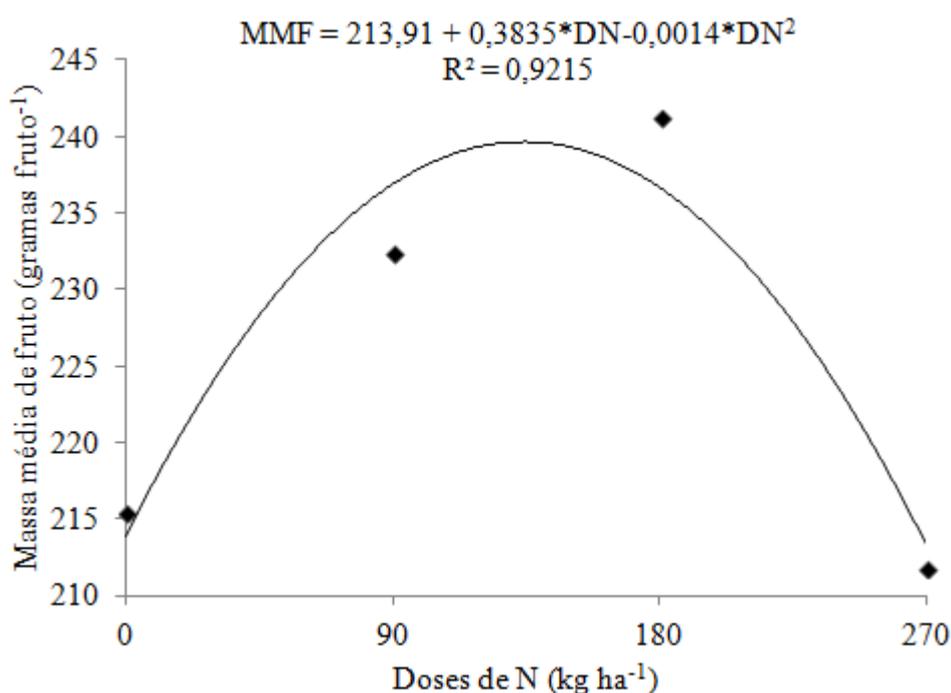


Figura 4. Massa média de frutos de plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de nitrogênio.

Observando a Figura 4 pode-se afirmar que a aplicação da dose de 270 kg ha⁻¹ de N provocou queda na massa média dos frutos. O rendimento obtido com esta é inferior ao alcançado com a testemunha (0 kg ha⁻¹ de N). A máxima massa média de frutos (240,17 gramas fruto⁻¹) foi obtida com a aplicação da dose de 136,92 kg ha⁻¹ de N via fertirrigação. Este resultado representa acréscimo de aproximadamente 11,5% em comparação com a testemunha.

Os resultados obtidos são divergentes aos obtidos por Silva et al. (2011b). Estes autores realizaram experimento com o objetivo de verificar os efeitos da aplicação de diferentes doses de nitrogênio (0 kg ha^{-1} de N, 30 kg ha^{-1} de N, 60 kg ha^{-1} de N e 90 kg ha^{-1} de N) provocados na massa média de frutos das cultivares de abobrinha Piramoita e Menina Brasileira. Eles encontraram diferenças significativas somente na avaliação da massa média dos frutos das cultivares Menina Brasileira e Piramoita, mas as doses de nitrogênio não afetaram significativamente esta massa média de frutos.

Pôrto et al. (2012) estudando a influência da aplicação de diferentes doses de nitrogênio ($0, 50, 100, 200, 400 \text{ kg ha}^{-1}$ de N) encontraram diferenças significativas na massa média dos frutos da cultivar de abobrinha Caserta. Eles obtiveram respostas quadráticas com a aplicação da dose máxima estimada de 265 kg ha^{-1} de N, que proporcionou a produção de frutos com máxima massa média de frutos de 240 gramas por fruto. Tal resultado representou incremento de 54% em comparação com a testemunha, sendo estatisticamente superior ao obtido no presente trabalho.

É possível que tenha ocorrido alteração na relação fonte-dreno das plantas de abobrinha e desta forma uma maior distribuição de fotoassimilados, ou seja, produtos gerados no processo de fotossíntese como carboidratos para órgãos reprodutivos como flores em detrimento de órgãos vegetativos como folhas e caule. No estágio vegetativo das culturas, as folhas dos vegetais constituem os drenos, enquanto as raízes constituem as fontes dos nutrientes. Contudo, no estágio reprodutivo a absorção radicular ainda acontece, mas com menor intensidade. Nesta fase do desenvolvimento da cultura, as folhas tornam-se as fontes que contém os fotoassimilados gerados na fotossíntese, enquanto que os frutos serão os drenos que receberão estes fotoassimilados transportados até eles. Segundo Taiz e Zeiger (2012), o nitrogênio influencia processos envolvidos no crescimento e desenvolvimento das plantas, podendo realizar estas alterações anteriormente descritas.

Queiroga et al. (2007) afirmam que o aumento da dose de nitrogênio até um determinado patamar gera acréscimos na área foliar da planta. Quanto maior for a área foliar, mais intenso será o processo de fotossíntese, trazendo efeitos positivos para a produção de fotoassimilados e conseqüentemente para a produção de frutos.

No que diz respeito a potássio, os dados de massa média de frutos também se ajustaram ao modelo de regressão polinomial quadrática. Na Tabela 5 pode se observar a

estimativa de seus coeficientes e se interpretar suas significâncias. Na Figura 5 a relação existente entre doses de nitrogênio e massa média de frutos é expressa graficamente.

Tabela 5. Estimativa e significância dos coeficientes da regressão quadrática para a massa média de frutos das plantas de abobrinha italiana da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus em função da aplicação de doses de potássio.

FONTES DE VARIACÃO	COEFICIENTES	ESTIMATIVAS	Prob> t
POTÁSSIO	β_0	217,54	0,0000*
	β_1	0,1105	0,0000*
	β_2	-0,0003	0,0000*

*significativo em um nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

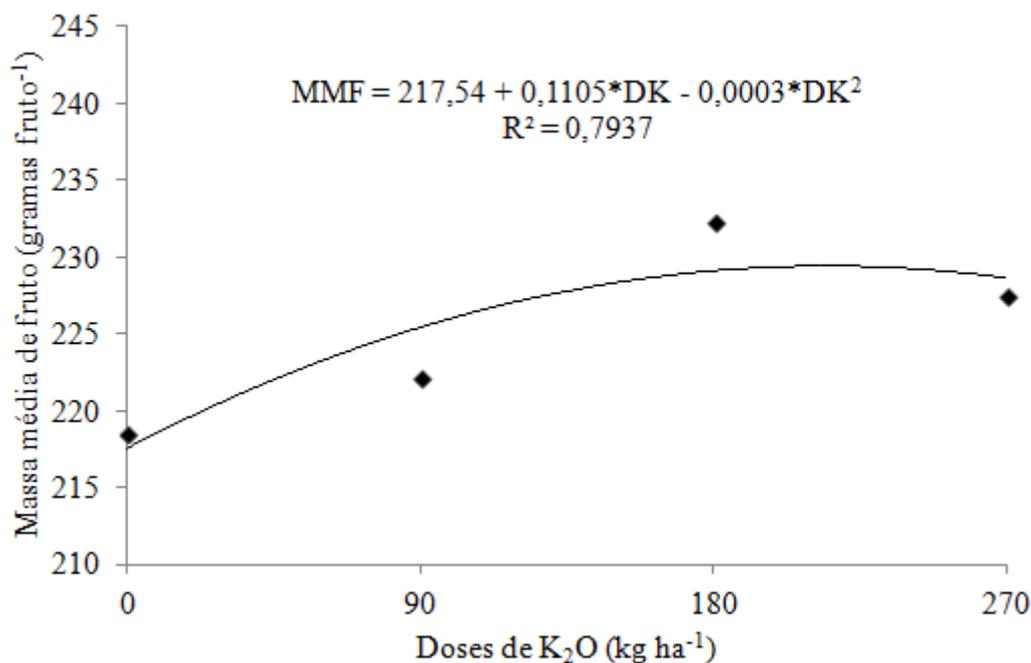


Figura 5. Massa média de frutos de plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de potássio.

A aplicação da dose de 184,17 kg ha⁻¹ de K₂O por meio da fertirrigação proporcionou a produção de frutos com massa média máxima de 227,71 gramas fruto⁻¹. Os resultados obtidos neste trabalho são divergentes aos encontrados por Sousa et al. (2010) que avaliando o efeito da aplicação de doses de potássio (135 kg ha⁻¹ de K₂O, 202,5 kg ha⁻¹ de K₂O, 270 kg ha⁻¹ de K₂O, 405 kg ha⁻¹ de K₂O) por meio da fertirrigação em plantas de meloeiro pertencentes a cultivar híbrida Gold Mine AF 10 concluíram que a adubação

potássica por fertirrigação não influenciou significativamente a massa média dos frutos colhidos.

O processo de enchimento dos frutos depende da movimentação dos carboidratos dentro da planta. É provável que a adubação potássica por meio da fertirrigação tenha favorecido intensamente a produção de frutos de abobrinha italiana como mostrado na Figura 2. Potássio além de estar envolvido nas funções de osmorregulação das células vegetais, abertura dos estômatos e ativação enzimática também atua na movimentação de íons e carboidratos gerados através do processo de fotossíntese que podem contribuir para a formação dos frutos (RÖMHELD & KIKBY, 2010).

2.3.2 Comprimento de frutos (CF)

As diferentes fontes de variação (doses de nitrogênio e doses de potássio) influenciaram significativamente o comprimento dos frutos de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus. Tal afirmação pode ser evidenciada com a observação e interpretação dos dados contidos na Tabela 6.

Tabela 6. Resumo da análise de variância para a variável resposta comprimento de frutos de plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus.

Fontes de Variação	Cultivar
	Novita Plus
	CF
Doses de N	0,0000*
Doses de K	0,0000*
Doses de N X Doses de K	0,0886 ^{NS}
Média Geral (cm)	17,49
Coefficiente de Variação (%)	0,78

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

^{NS} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Com relação às doses de nitrogênio, os dados referentes ao comprimento dos frutos se ajustaram mais adequadamente ao modelo de regressão linear. Na Tabela 7 pode se observar a estimativa de seus coeficientes e se interpretar suas significâncias. Na Figura 6 a relação existente entre doses de nitrogênio e comprimento de frutos é expressa graficamente.

Tabela 7. Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão linear para o comprimento de frutos de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de doses de nitrogênio.

FONTES DE VARIAÇÃO	COEFICIENTES	ESTIMATIVAS	Prob> t
DOSES DE NITROGÊNIO	β_0	15,107	0,0000*
	β_1	0,0176	0,0000*

*significativo em um nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

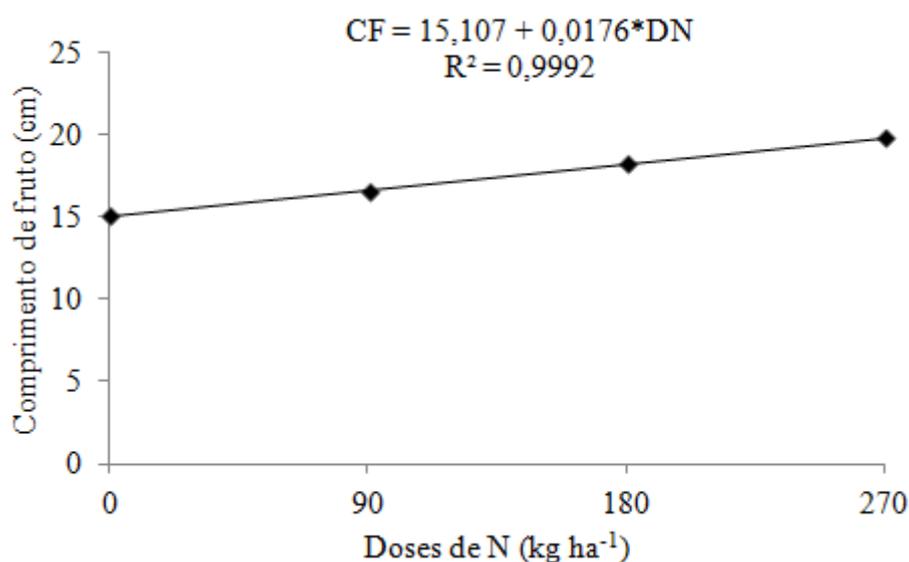


Figura 6. Comprimento de frutos de plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de nitrogênio.

A observação e interpretação do fenômeno expresso na Figura 6 permite afirmar que o aumento do comprimento dos frutos de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus é diretamente proporcional ao aumento das doses de nitrogênio aplicadas. Cada 1 kg ha⁻¹ de nitrogênio aplicado conferiu incrementos de 0,0176 centímetros ao comprimento dos frutos avaliados. Desta forma, com a aplicação da dose de 270 kg ha⁻¹ de N foram obtidos frutos de maior comprimento (19,8 centímetros).

Os resultados alcançados neste trabalho são divergentes dos alcançados por Araujo et al. (2009) que realizaram experimento com o objetivo de verificar a influência da aplicação de doses de nitrogênio (0, 100, 200, 300, 400 kg ha⁻¹ de N) aplicadas por meio da fertirrigação em cultivo protegido no comprimento, diâmetro, peso médio de frutos e número de frutos por

planta de frutos de pimentão da variedade All Big. Eles concluíram que as doses de nitrogênio não influenciaram significativamente o comprimento dos frutos.

O desempenho obtido no comprimento dos frutos de abobrinha italiana pode ser explicado pela prática da fertirrigação. Por meio desta, os nutrientes são fornecidos em formas iônicas prontamente solúveis contribuindo desta forma para a redução do tempo de reação com o solo. Além disso, o nitrogênio é altamente solúvel na solução do solo e móvel no interior da planta. Ele pode ter sido rapidamente conduzido ao floema, conseqüentemente, participando de fotoassimilados que posteriormente foram translocados para a produção dos frutos (MARENCO E LOPES, 2009).

No que diz respeito às doses de potássio, os dados também se ajustaram mais adequadamente ao modelo de regressão linear. Na Tabela 8 pode se observar a estimativa de seus coeficientes e se interpretar suas significâncias. Na Figura 4 a relação existente entre doses de potássio e comprimento de frutos é expressa graficamente.

Tabela 8. Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão linear para o comprimento de frutos de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de doses de potássio.

FONTES DE VARIAÇÃO	COEFICIENTES	ESTIMATIVAS	Prob> t
DOSES DE POTÁSSIO	β_0	17,124	0,0000*
	β_1	0,0024	0,0000*

*significativo em um nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

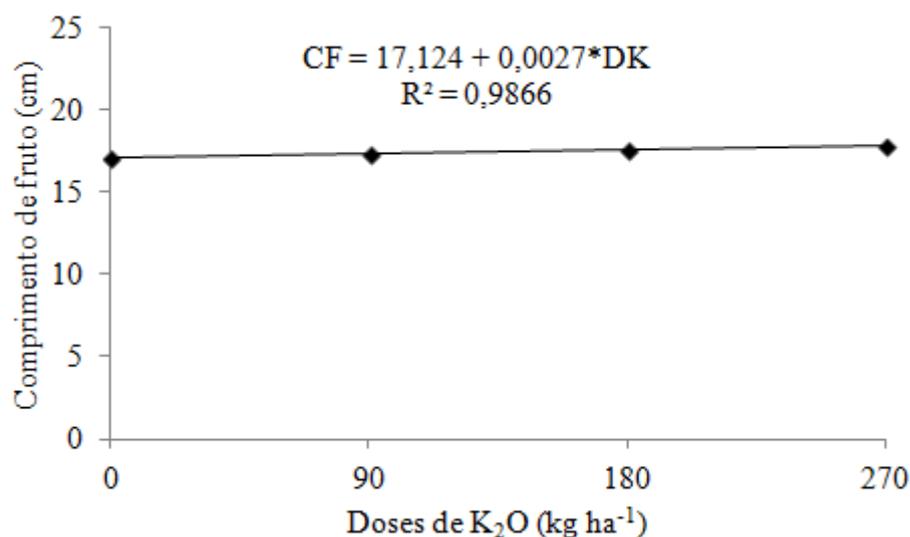


Figura 7. Comprimento de frutos de plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de potássio.

A observação e interpretação do comportamento manifestado na Figura 7 permite dizer que na medida em que se aumentaram as doses de potássio o comprimento dos frutos de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus sofreu incrementos positivos e crescentes. A aplicação da dose de 270 kg ha⁻¹ de K₂O promoveu a produção de frutos com comprimento máximo de 17,8 centímetros e para cada 1 kg ha⁻¹ aplicado de K₂O por hectare, os frutos sofreram incrementos de 0,0027 centímetros em seus comprimentos.

Potássio é um dos nutrientes mais requeridos pela cultura da abobrinha italiana. É possível que as aplicações realizadas do macronutriente tenham contribuído intensamente para a melhoria da qualidade dos frutos de abobrinha italiana em virtude da otimização do processo de transpiração e formação de carboidratos (TAIZ & ZEIGER, 2012) com consequente melhoria na translocação e alocação de carboidratos das plantas para os frutos (EPSTEIN & BLOOM, 2006).

Os resultados deste estudo são concordantes aos obtidos por Melo et al. (2009) que realizaram experimento no intuito de observar os efeitos das aplicações de doses de potássio (0, 2,5, 5,0, 7,5, 10,0 g K₂O planta⁻¹) por meio da água de irrigação em cultivo protegido no comprimento dos frutos de pimentão amarelo da cultivar híbrida Zarco. Eles encontraram diferenças significativas e concluíram que a dose máxima de 7,0 g K₂O planta⁻¹ proporcionou a produção dos frutos com maior comprimento.

2.3.3 Diâmetro de frutos (DF)

Os diferentes tratamentos, isto é, as doses de nitrogênio e de potássio aplicadas por fertirrigação afetaram significativamente o diâmetro dos frutos de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus. Tal afirmação pode ser comprovada através da observação e interpretação dos dados dispostos na Tabela 9.

Tabela 9. Resumo da análise de variância para a variável resposta diâmetro de frutos de plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus.

Causa de Variação	Cultivar
	Novita Plus
	DF
Doses de N	0,0000*
Doses de K	0,0046*
Doses de N X Doses de K	0,0813 ^{NS}
Média Geral (cm)	5,12
Coefficiente de Variação (%)	1,67

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

^{NS} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Com relação às doses de nitrogênio, os dados relativos ao diâmetro dos frutos se ajustaram mais adequadamente ao modelo de regressão polinomial quadrática. Na Tabela 10 pode-se observar a estimativa de seus coeficientes e se interpretar suas significâncias. Na Figura 8, a relação existente entre as doses de nitrogênio aplicadas por fertirrigação e o diâmetro de frutos é expressa graficamente.

Tabela 10. Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão polinomial quadrática para o diâmetro de frutos de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de doses de nitrogênio.

FONTES DE VARIAÇÃO	COEFICIENTES	ESTIMATIVAS	Prob> t
DOSES DE NITROGÊNIO	β_0	4,7158	0,0000*
	β_1	0,0152	0,0000*
	β_2	-0,00006	0,0000*

*significativo em um nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

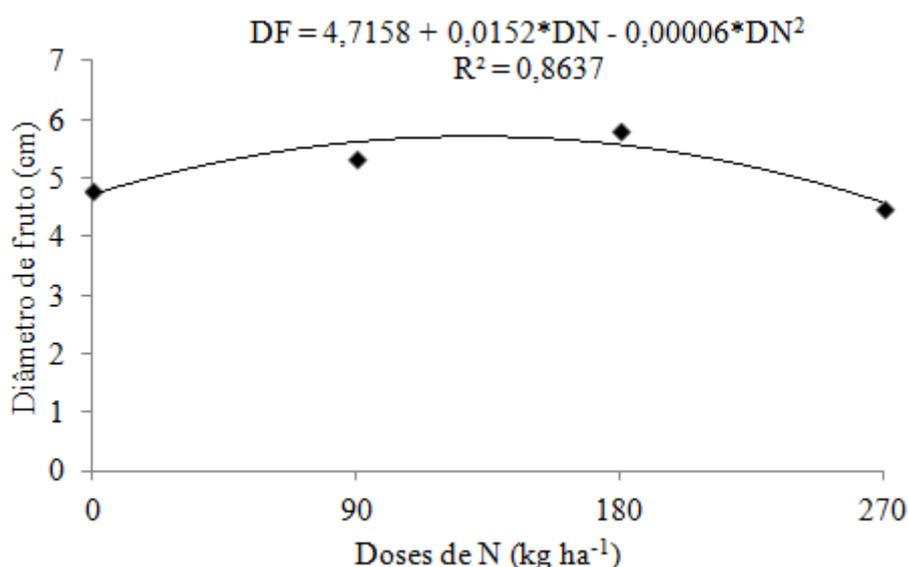


Figura 8. Diâmetro de frutos de plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de nitrogênio.

A observação e interpretação da Figura 8 permite dizer que o diâmetro dos frutos de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus sofreu incrementos com a aplicação da dose de 126,67 kg ha⁻¹ de N que proporcionou produção de frutos com diâmetro máximo de 5,68 cm. Na dose de 270 kg ha⁻¹ de N notou-se ocorrência de declínio, ou seja, esta dose de nitrogênio proporcionou a produção de frutos com menores diâmetros.

Os resultados apresentados neste estudo corroboram os obtidos por Medeiros et al. (2008) que realizaram experimento com a finalidade de estudar os efeitos da aplicação de diferentes doses de nitrogênio (45 kg ha⁻¹ de N, 91 kg ha⁻¹ de N e 136 kg ha⁻¹ de N) e de potássio (78 kg ha⁻¹ de K₂O, 156 kg ha⁻¹ de K₂O, 234 kg ha⁻¹ de K₂O) por fertirrigação no

diâmetro de frutos de melancia da cultivar MickyLee. Eles concluíram que a dose máxima estimada de 96,66 kg ha⁻¹ de N contribuiu para a produção de frutos com diâmetro máximo estimado de 8,6 cm. Neste caso, também houve efeito quadrático das doses de nitrogênio sobre o diâmetro dos frutos de melancia.

É possível que o nitrato de cálcio tenha disponibilizado melhor o nitrogênio no solo, em virtude de sua alta solubilidade e forma iônica. As fontes de fertilizantes empregadas devem apresentar alta solubilidade para que a planta receba realmente a dose do nutriente como também para que não ocorra o entupimento dos emissores, sobretudo dos gotejadores. Quando a planta absorve o nitrogênio na forma nítrica, ela libera em sua rizosfera hidroxilas e ácidos carbônicos, que provocam o aumento do pH, disponibilizando o macronutriente mais adequadamente (BORGES & SILVA, 2011).

Com relação às doses de nitrogênio, os dados relativos ao diâmetro dos frutos também se ajustaram mais adequadamente ao modelo de regressão polinomial quadrática. Na Tabela 11 pode-se observar a estimativa de seus coeficientes e se interpretar suas significâncias. Na Figura 9, a relação existente entre as doses de potássio aplicadas por fertirrigação e o diâmetro de frutos é expressa graficamente.

Tabela 11. Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão polinomial quadrática para o diâmetro de frutos de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de doses de potássio.

FONTES DE VARIAÇÃO	COEFICIENTES	ESTIMATIVAS	Prob> t
DOSES DE POTÁSSIO	β_0	5,035	0,0000*
	β_1	0,0014	0,0033*
	β_2	-0,000004	0,0242*

*significativo em um nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

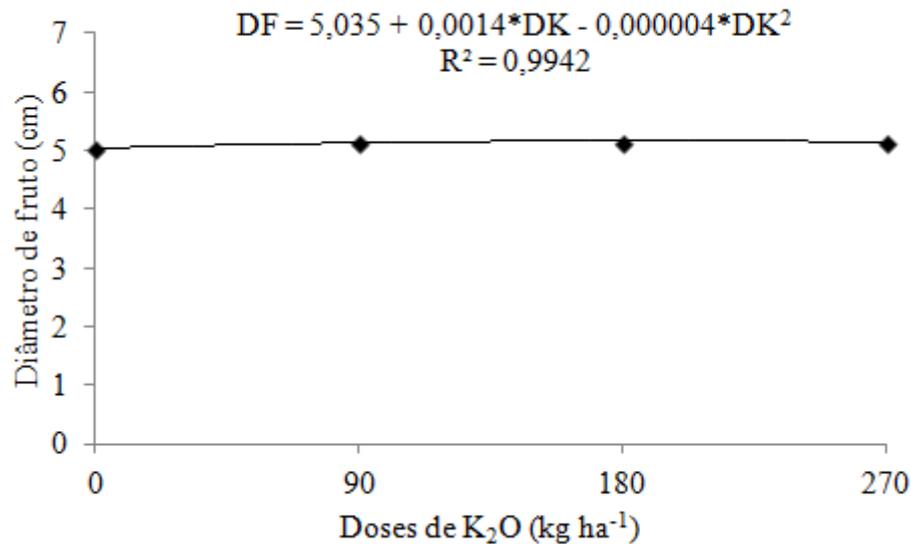


Figura 9. Diâmetro de frutos de plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de potássio.

O diâmetro dos frutos de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus sofreu acréscimos na medida em que as doses de potássio foram fornecidas até atingir o máximo valor (5,16 cm) com a dose de 175 kg ha⁻¹ de K₂O. Contudo, na dose de 270 kg ha⁻¹ de K₂O já possível observar-se a ocorrência de queda, ou seja, a produção de frutos com diâmetros menores.

Os resultados alcançados são diferentes dos obtidos por Albuquerque et al. (2011) que conduziram um experimento com a finalidade de estudar o efeito da aplicação de doses de potássio (80 kg ha⁻¹ de K₂O e 120 kg ha⁻¹ de K₂O) por fertirrigação e de lâminas de irrigação (80% da ETc, 90% da ETc, 100% da ETc, 110% da ETc e 120% da ETc) no índice de área foliar, na espessura da casca, no diâmetro e comprimento de frutos, número de frutos por planta, massa média dos frutos e produtividade de frutos de pimentão da cultivar híbrida Maximos F1. Com relação ao diâmetro de frutos não foram encontradas diferenças significativas relacionadas com as doses de potássio, lâminas de irrigação e nem mesmo com a interação entre estas fontes de variação avaliadas.

É provável que com a aplicação da dose de 270 kg ha⁻¹ de K₂O as plantas de abobrinha tenham realizado consumo de luxo com relação a potássio. Neste caso, as plantas absorvem o elemento químico além de suas necessidades e este excesso não melhora o

desenvolvimento da planta (BRADY & WEIL, 2012) afetando a absorção dos íons bivalentes de cálcio e magnésio em virtude da competição que ocorre juntamente com potássio pelo sítio de absorção catiônica localizado nas células da região do sistema radicular das plantas.

O potássio também está envolvido na ativação das H^+ -ATPases. Desta forma, os íons monovalentes de potássio deixam a solução externa e adentram a membrana plasmática das células radiculares. Além disso, com a ativação das H^+ -ATPases ocorre liberação de energia e de íons H^+ gerando-se um gradiente elétrico e de pH. Os íons de nitrato (NO_3^-) são carregados para dentro das células em transporte simporte junto com íons H^+ que são expulsos das células podendo novamente transportar outros íons de nitrato. Estes íons podem ser armazenados no vacúolo celular ou são transportados para outros órgãos como as folhas (TAIZ & ZEIGER, 2012).

O transporte dos produtos gerados na fotossíntese (fotoassimilados) para o floema depende de energia, sendo caracterizado como transporte ativo. Esta energia é oriunda da ativação das H^+ -ATPases, processo dependente da presença de cátions de potássio (K^+). Os íons de nitrato são transportados na seiva xilemática em direção à parte aérea das plantas juntamente com íons de potássio (K^+), os quais atuam como íons acompanhantes (MARENCO & LOPES, 2009).

Um correto funcionamento dos processos explicados anteriormente pode contribuir para o sucesso da adubação nitrogenada, principalmente em razão da relação de sinergismo existente entre nitrogênio e potássio.

2.3.4 Número de frutos por planta (NFP)

As doses de nitrogênio e de potássio influenciaram significativamente o número de frutos por planta em abobrinhas italianas da cultivar Novita Plus conduzidas por fertirrigação nitrogenada e potássica, respectivamente. A veracidade destas afirmações pode ser comprovada através da observação e interpretação dos dados contidos na Tabela 12.

Tabela 12. Resumo da análise de variância para a variável resposta número de frutos por planta de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus.

Causa de Variação	Cultivar
	Novita Plus
	NFP
Doses de N	0,0000*
Doses de K	0,0249*
Doses de N X Doses de K	0,1367 ^{NS}
Média Geral (frutos planta ⁻¹)	7,15
Coefficiente de Variação (%)	8,08

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

^{NS} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Com relação às doses de nitrogênio, os dados relativos ao número de frutos por planta se ajustaram mais adequadamente ao modelo de regressão polinomial quadrática. Na Tabela 13 pode se observar a estimativa de seus coeficientes e se interpretar suas significâncias. Na Figura 10, a relação existente entre as doses de nitrogênio aplicadas por fertirrigação e o número de frutos por planta é expressa graficamente.

Tabela 13. Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão polinomial quadrática para o número de frutos por planta de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de doses de nitrogênio.

FONTES DE VARIAÇÃO	COEFICIENTES	ESTIMATIVAS	Prob> t
DOSES DE NITROGÊNIO	β_0	2,4708	0,0000*
	β_1	0,1075	0,0000*
	β_2	-0,0003	0,0000*

*significativo em um nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

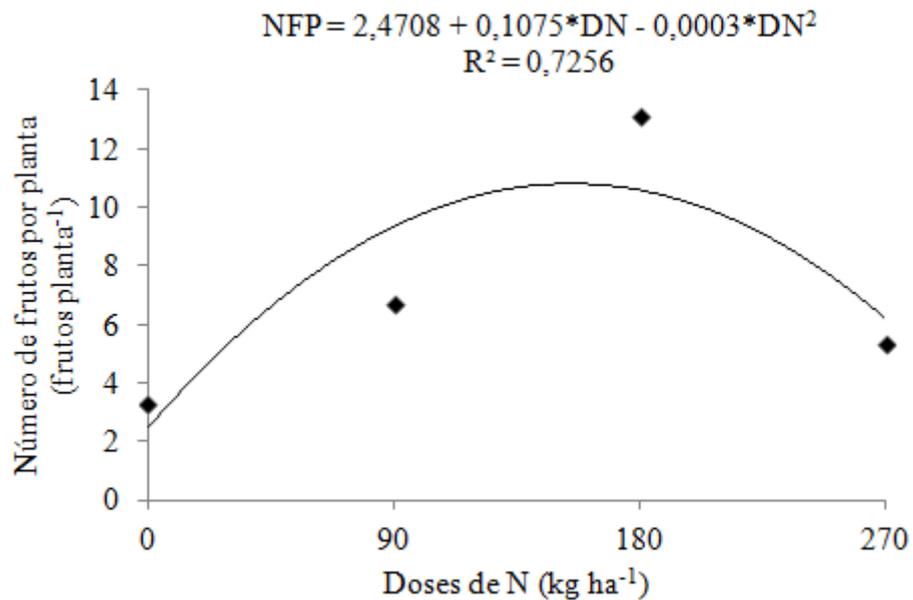


Figura 10. Número de frutos por planta de abobrinhas italianas da cultivar Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de nitrogênio.

A observação e interpretação da Figura 10 permite inferir que as plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus produziram o máximo número de frutos por planta (12,1 frutos planta⁻¹) ao se proceder a aplicação da dose de 179,17 kg ha⁻¹ de N. Tal resultado corresponde a um acréscimo de 363% em relação à testemunha. Além disso, nota-se queda na quantidade de frutos produzidos pelas plantas na aplicação de doses maiores.

Resultados equivalentes aos obtidos, em que a elevação das doses de nitrogênio contribuiu para o aumento do número de frutos colhidos até determinado limite, foram encontrados por outros autores em trabalhos realizados na cultura da abobrinha italiana. Pôrto et al., (2012) realizaram experimento com plantas pertencentes a cultivar Caserta para verificarem os impactos provocados pela aplicação de diferentes doses de nitrogênio (0 kg ha⁻¹ de N, 50 kg ha⁻¹ de N, 100 kg ha⁻¹ de N, 200 kg ha⁻¹ de N, 400 kg ha⁻¹ de N) no número de frutos por planta. Eles concluíram que a dose máxima estimada de 323 kg ha⁻¹ de N proporcionou o máximo número de frutos por planta na cultura avaliada (7,7 frutos planta⁻¹).

Os desempenhos obtidos ilustram a importância da aplicação do nitrogênio através da fertirrigação. A alta solubilidade do fertilizante aplicado pode ter contribuído para a melhoria da absorção dos íons de nitrato, os quais podem ter sido transportados em maior quantidade em corrente xilemática para a parte aérea das plantas, sendo posteriormente

reduzidos para finalmente poderem estar contidos nos fotoassimilados produzidos no processo de fotossíntese sendo direcionados para os órgãos reprodutivos. O desempenho do número de frutos por planta pode fornecer indicativos preliminares no que diz respeito à produtividade da cultura.

Com relação às doses de potássio, os dados relativos ao número de frutos por planta também se ajustaram mais adequadamente ao modelo de regressão polinomial quadrática. Na Tabela 14 pode se observar a estimativa de seus coeficientes e se interpretar suas significâncias. Na Figura 11, a relação existente entre as doses de potássio aplicadas por fertirrigação e o número de frutos por planta é expressa graficamente.

Tabela 14. Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão quadrática para o número de frutos por planta de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de doses de potássio.

FONTES DE VARIAÇÃO	COEFICIENTES	ESTIMATIVAS	Prob> t
DOSES DE POTÁSSIO	β_0	6,4542	0,0000*
	β_1	0,0137	0,0000*
	β_2	-0,00004	0,0000*

*significativo em um nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

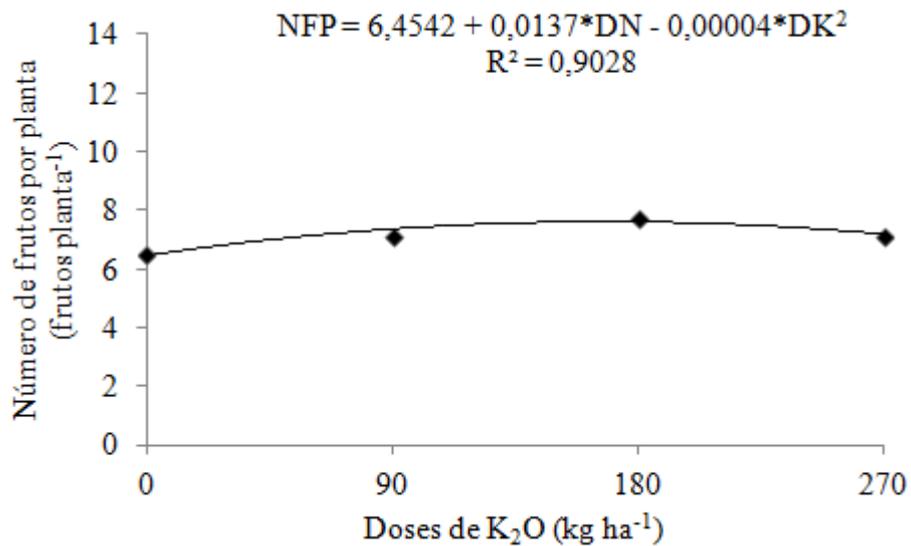


Figura 11. Número de frutos por planta de abobrinhas italianas da cultivar Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de potássio.

Neste caso, as plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus produziram o máximo número de frutos por planta (7,6 frutos planta⁻¹) com a aplicação da dose de 171,25 kg ha⁻¹ de K₂O.

Os resultados obtidos neste ensaio são distintos aos encontrados por Araujo et al. (2012) que avaliando a influência da aplicação de doses de potássio (0 kg ha⁻¹ de K₂O, 100 kg ha⁻¹ de K₂O, 200 kg ha⁻¹ de K₂O, 300 kg ha⁻¹ de K₂O e 400 kg ha⁻¹ de K₂O) na cultura da abobora não encontraram diferenças significativas relacionadas com a variável número de frutos por planta.

O resultado alcançado pode estar relacionado com o encontro de uma dose ideal, a qual considerando o macronutriente potássio, pode contribuir para a melhoria das características químicas e físicas dos frutos em virtude da otimização no processo de transpiração e formação de carboidratos (TAIZ & ZEIGER, 2012). Entretanto, se ocorrerem desequilíbrios nutricionais gerados pelas aplicações excessivas de doses de potássio podem ocorrer distúrbios fisiológicos como queda na produção e na qualidade dos frutos e aumento na pressão osmótica (MARSCHNER, 1995).

2.3.5 Produtividade

As doses de nitrogênio e de potássio aplicadas via fertirrigação afetaram a produtividade dos frutos de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus. Esta conclusão é comprovada pela observação e interpretação contida nos dados presentes na Tabela 15.

Tabela 15. Resumo da análise de variância para a variável resposta produtividade de plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus.

Causa de Variação	Cultivar
	Novita Plus
	PROD
Doses de N	0,0000*
Doses de K	0,0096*
Doses de N X Doses de K	0,1300 ^{NS}
Média Geral (toneladas hectare ⁻¹)	23,28
Coefficiente de Variação (%)	8,03

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

^{NS} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Em relação as doses de nitrogênio, os dados referentes a produtividade se ajustaram mais adequadamente ao modelo de regressão polinomial quadrática. Na Tabela 16, as estimativas de seus coeficientes podem ser observadas assim como suas significâncias podem ser interpretadas. Na Figura 12, esta relação existente entre doses de nitrogênio e produtividade de frutos é expressa graficamente.

Tabela 16. Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão polinomial quadrática para a produtividade de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de doses de nitrogênio.

FONTE DE VARIACÃO	COEFICIENTES	ESTIMATIVAS	Prob> t
DOSES DE NITROGÊNIO	β_0	7,1125	0,0000*
	β_1	0,3898	0,0000*
	β_2	-0,0013	0,0000*

*significativo em um nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

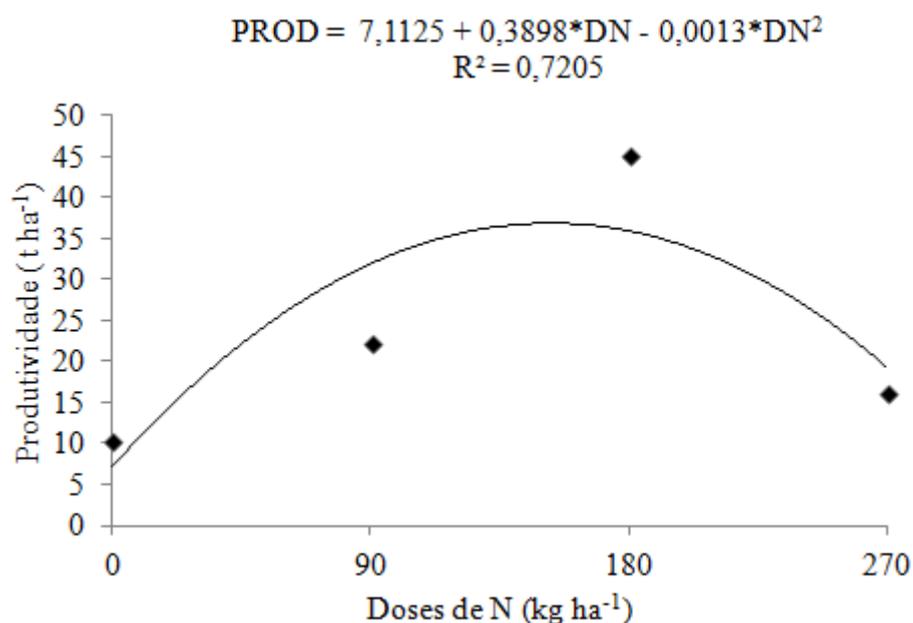


Figura 12. Produtividade de frutos de abobrinhas italianas da cultivar Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de nitrogênio.

A aplicação da dose de 149,92 kg ha⁻¹ de N proporcionou a produtividade máxima de 36,3 toneladas de frutos por hectare. Os resultados constantes neste trabalho são concordantes aos encontrados por Porto et al. (2012) que avaliando os efeitos da aplicação de diferentes doses de nitrogênio (0, 50, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹ de N) na produtividade de abobrinha italiana da cultivar Caserta, concluíram que a maior produtividade estimada (29,88 t ha⁻¹) de frutos foi obtida com a aplicação da dose máxima estimada de 331 kg ha⁻¹ de N. Eles concluíram que as doses de N afetaram significativamente a produtividade dos frutos de abobrinha italiana da cultivar Caserta.

Com relação a potássio, os dados referentes a produtividade de frutos também se ajustaram mais adequadamente a um modelo de regressão polinomial quadrática. Na Tabela 17 as estimativas de seus coeficientes podem ser observadas, assim como suas significâncias podem ser interpretadas e na Figura 13 esta relação existente entre a variável preditora (doses de potássio) e a variável resposta (produtividade) é expressa graficamente.

Tabela 17. Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão polinomial quadrática para a produtividade de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de doses de potássio.

FONTES DE VARIAÇÃO	COEFICIENTES	ESTIMATIVAS	Prob> t
DOSES DE POTÁSSIO	β_0	20,028	0,0000*
	β_1	0,0551	0,0000*
	β_2	-0,0002	0,0000*

*significativo em um nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

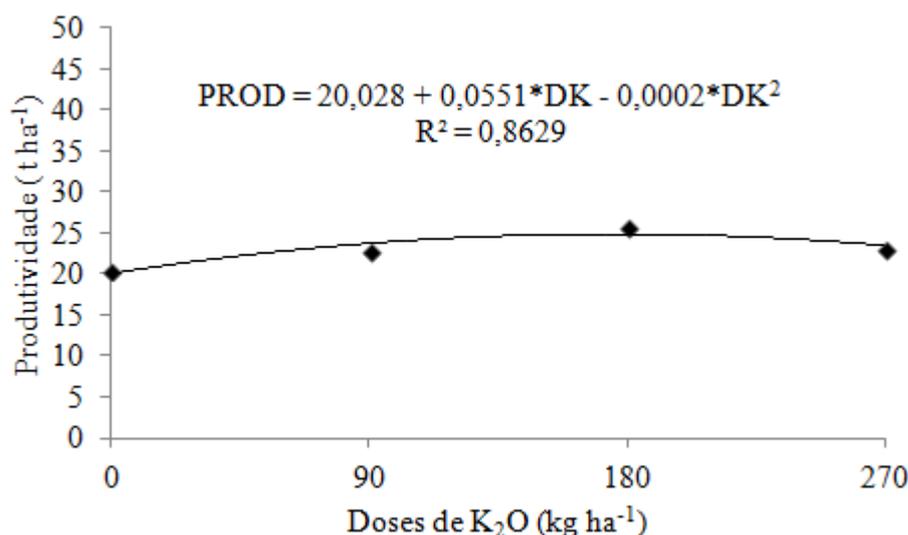


Figura 13. Produtividade de frutos de abobrinhas italianas da cultivar Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de potássio.

A aplicação da dose de 137,75 kg ha⁻¹ de K₂O por meio da fertirrigação possibilitou a obtenção da produtividade máxima de frutos de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus de 23,8 t ha⁻¹.

O potássio está envolvido na adequação da osmorregulação das células vegetais. Vale ressaltar que altos potenciais osmóticos da solução do solo implicam na redução da

absorção de água pela planta e no decréscimo do potencial de água da folha reduzindo a condutância estomática, a assimilação de carbono, o tamanho, a produtividade e qualidade dos frutos (FONTES et al., 2005).

Estes resultados são distintos aos obtidos por Araújo (2011) que realizou experimento no intuito de verificar a influência da aplicação de diferentes doses de potássio (0, 50, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹ de K₂O) em características da produção de frutos de abobrinha de moita da cultivar Aline. Ele concluiu que as diferentes doses aplicadas não afetaram significativamente as variáveis produção por planta, número de frutos por planta e produtividade.

A produtividade alcançada pode ter sido originada da combinação entre os processos de polinização manual (frutificação assexuada) com um adequado atendimento das necessidades nutricionais da cultura. Para garantir a fecundação dos frutos foi necessária a realização de práticas de polinização artificial segundo metodologia de Romano et al. (2008), pois o experimento foi desenvolvido em ambiente protegido, onde não houve incidência de polinizadores naturais, como os insetos. Além disso, as plantas de abobrinha foram conduzidas em condições fertirrigadas em sistema de irrigação localizada, podendo este fato ter auxiliado a promover o fornecimento de água e nutrientes em alta uniformidade, sendo que, os coeficientes de uniformidade de aplicação de água também foram determinados no decorrer do experimento e sempre se mantiveram acima de 90%. Pereira et al. (1995) afirmam que a produtividade obtida na cultura da abóbora pode ser superior a 20 t ha⁻¹ quando processos de frutificação assexuada são utilizados em conjunto com um apropriado suprimento nutricional e hídrico da cultura.

2.3.6 Índice de Pegamento (IPF)

As diferentes doses de nitrogênio e de potássio afetaram significativamente o índice de pegamento de frutos de plantas de abobrinha da cultivar Novita Plus. Isto pode ser observado com maior detalhe através da interpretação dos dados contidos na Tabela 18.

Tabela 18. Resumo da análise de variância para a variável resposta índice de pegamento de frutos de plantas da cultivar de abobrinha italiana Novita Plus.

Causa de Variação	Cultivar
	Novita Plus
	IPF
Doses de N	0,0000*
Doses de K	0,0449*
Doses de N X Doses de K	0,1359 ^{NS}
Média Geral (%)	44,12
Coefficiente de Variação (%)	9,14

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

^{NS} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Com relação às doses de nitrogênio, os dados relativos ao índice de pegamento se ajustaram mais adequadamente ao modelo de regressão polinomial quadrática. Na Tabela 19 pode se observar a estimativa de seus coeficientes e se interpretar suas significâncias. Na Figura 14, a relação existente entre as doses de nitrogênio aplicadas por fertirrigação e o número de frutos por planta é expressa graficamente.

Tabela 19. Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão polinomial quadrática para o índice de pegamento de frutos de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de doses de nitrogênio.

FONTES DE VARIAÇÃO	COEFICIENTES	ESTIMATIVAS	Prob> t
DOSES DE NITROGÊNIO	β_0	26,458	0,0000*
	β_1	0,5246	0,0000*
	β_2	-0,0019	0,0000*

*significativo em um nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

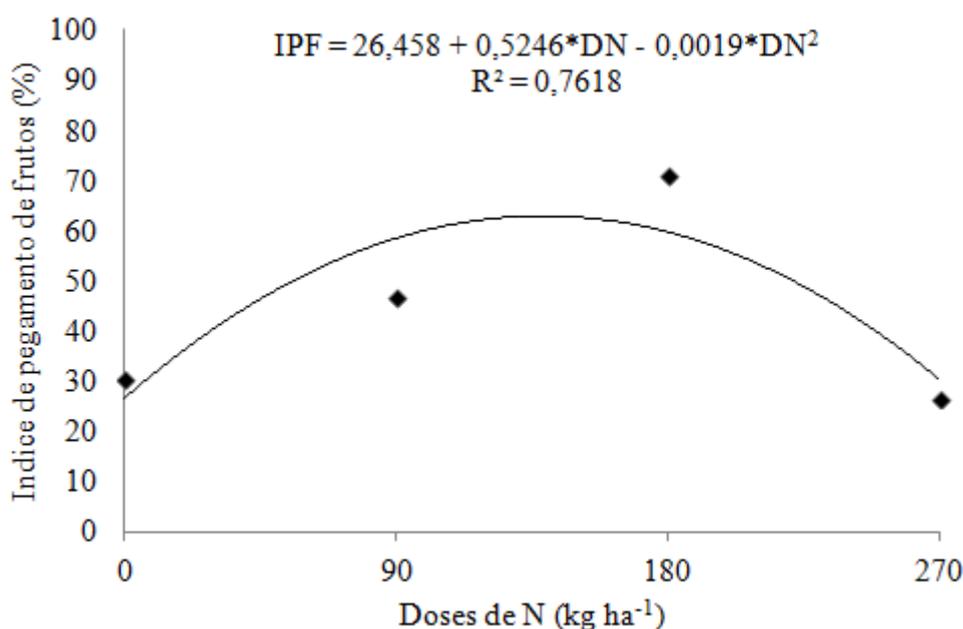


Figura 14. Índice de pegamento de frutos de abobrinhas italianas da cultivar Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de nitrogênio.

Através da aplicação da dose de 138,05 kg ha⁻¹ de N foi possível obter índice máximo de pegamento de frutos de 62,7%, considerando-se a regressão obtida. Tal resultado representou acréscimo de 106,8% em comparação com a testemunha.

O processo de antese na cultura da abobrinha italiana, isto é, a abertura das flores das plantas caracteriza-se por ser restrito ocorrendo em apenas uma vez por dia no período da manhã. Os grãos de pólen apresentam aderência e viscosidade sendo imprescindível e indispensável polinização artificial ou por insetos (FEIJÓ, 2005). Segundo Godoy & Cardoso (2004) é de fundamental importância a eficiência de polinização das flores, pois se as mesmas

não são polinizadas ocorre o processo de abortamento que compreende a abscisão do ovário com a consequente queda da flor.

A aplicação da dose de 270 kg ha⁻¹ de N promoveu queda de aproximadamente 5% no índice de pegamento de frutos em comparação com a dose de 180 kg ha⁻¹ de N. Este fenômeno também foi observado por Leonardo et al. (2007) que avaliando a influência das aplicações de soluções nutritivas na cultura do pimentão concluíram que a condutividade elétrica do solo interferiu na capacidade das plantas em regular o pegamento dos frutos. Maiores valores de condutividade elétrica do solo ocasionaram queda de 55% no índice de pegamento de frutos de pimentão da cultivar Elisa.

Os resultados obtidos são concordantes e estatisticamente superiores aos encontrados por Tokunaga e Cardoso (2001) que realizaram experimento com a finalidade de estudar o desempenho de cultivares de abobrinha de moita (Agroceres, Agroflora / Sakata, Hortec, SVS/Asgrow, AF – 2462, Atlanta e Clarinda). Em média, o índice de pegamento das diferentes cultivares foi de 47,7%.

Uma adubação nitrogenada equilibrada proporciona maior florescimento e, conseqüentemente, maior pegamento de frutos. 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 (MALAVOLTA, 2006).

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 et al., 2007).

Com relação às doses de potássio, os dados relativos ao número de frutos por planta também se ajustaram mais adequadamente ao modelo de regressão polinomial quadrática. Na Tabela 20 pode-se observar a estimativa de seus coeficientes e se interpretar suas significâncias. Na Figura 15, a relação existente entre as doses de potássio aplicadas por fertirrigação e o índice de pegamento de frutos é representada graficamente.

Tabela 20. Estimativa e significância dos coeficientes do modelo de regressão polinomial quadrática para o índice de pegamento de frutos de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus em função da aplicação de doses de potássio.

FONTES DE VARIAÇÃO	COEFICIENTES	ESTIMATIVAS	Prob> t
DOSES DE POTÁSSIO	β_0	42,002	0,0000*
	β_1	0,0467	0,0000*
	β_2	-0,0001	0,0000*

*significativo em um nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

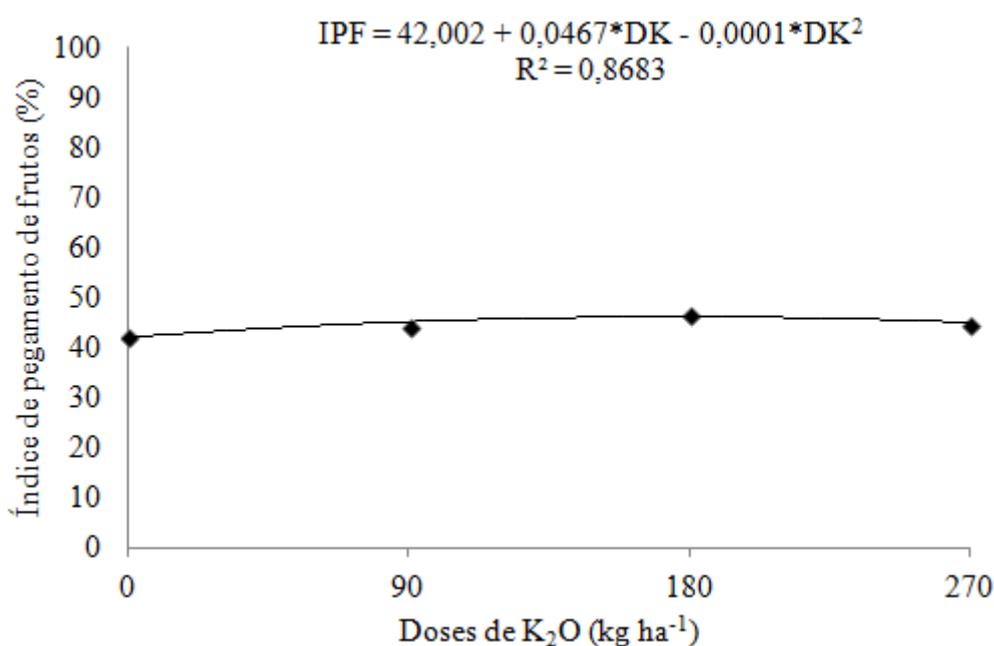


Figura 15. Índice de pegamento de frutos de abobrinhas italianas da cultivar Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de potássio.

As máximas taxas de pegamento foram obtidas com a aplicação da dose de 233,5 kg ha⁻¹ de K₂O. Neste caso, o índice de pegamento de frutos de plantas de abobrinha italiana da cultivar Novita Plus alcançado foi de 47,45%. Os resultados obtidos no presente trabalho são estatisticamente superiores aos encontrados por Olinik et al (2011) que avaliando duas cultivares de abobrinha de moita, sendo uma delas a cultivar Novita Plus, concluíram que esta apresentou índice médio de pegamento de frutos de 27,17% sendo superior a taxa de pegamento obtida com a cultivar híbrida Samira (23,09%).

É possível que as temperaturas registradas no decorrer do experimento tenham contribuído para a obtenção de uma maior taxa de pegamento. As condições climáticas do local de plantio influenciam intensamente a taxa de pegamento de frutos e a produtividade (OLINIK, et al. 2011). Filgueira (2008) afirma que as temperaturas médias mais adequadas para a fase de frutificação situam se entre 18 e 25°C, com uma tolerância de temperaturas entre o mínimo de 15 °C e o máximo de 32 °C (PUIATTI & SILVA, 2005; MOLINAR et al., 2013).

Segundo Albuquerque et al. (2010), a deficiência de potássio em plantas provoca clorose seguida de necrose na margem das folhas, inicialmente nas mais velhas. Outros sintomas compreendem diminuição no crescimento dos ramos, perda de folhas e baixo pegamento de frutos. A aplicação de potássio em doses adequadas além de contribuir para o aumento da taxa de pegamento de frutos também melhora sua qualidade (ROCHA, 2006).

2.3.7 Eficiência agronômica da fertirrigação nitrogenada (EAFN)

A eficiência agronômica da fertirrigação nitrogenada diminuiu com o aumento das doses de nitrogênio. Esta queda foi mais acentuada na dose de 270 kg ha⁻¹ de N. Este comportamento pode ser mais bem visualizado com a observação e interpretação da Tabela 21.

Tabela 21. Eficiência agronômica nitrogenada da produção de frutos de abobrinhas italianas da cultivar Novita Plus em função da aplicação de diferentes doses de nitrogênio via fertirrigação.

DOSES DE N (kg ha ⁻¹)	Eficiência agronômica nitrogenada (gramas gramas ⁻¹)
180	292,4 a
90	202,3 a
270	32,6 b

Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Este comportamento é concordante ao encontrado por Fagundes et al. (2005) que avaliando a aplicação de doses crescentes de nitrogênio em *Brachiaria decumbens* verificaram que com o aumento das doses houve redução linear na eficiência de utilização de nitrogênio. Provavelmente à medida que a quantidade de nitrogênio aplicada ultrapassa a

capacidade da planta em absorver o nutriente para a produção, o mesmo pode ser perdido por lixiviação, processo que desta forma contribui para a diminuição da eficiência de aproveitamento deste macronutriente primário.

Os resultados presentes neste trabalho também são concordantes aos conseguidos por Farinelli e Lemos (2010) que estudando os efeitos da aplicação de doses de N (40 kg ha⁻¹, 80 kg ha⁻¹, 120 kg ha⁻¹, 160 kg ha⁻¹) em plantio direto e convencional na cultura do milho verificaram que a eficiência agrônômica declinou acentuadamente na dose de 160 kg ha⁻¹ de N.

Possivelmente em doses maiores a eficiência agrônômica diminui pela possibilidade do suprimento de nitrogênio fornecido não estar mais atendendo as necessidades nutricionais da cultura. Fernandes et al. (2005) afirmam que esta diminuição se origina de prováveis perdas de amônio e nitrato por lixiviação após o processo de nitrificação, que aumentam com a dose aplicada, podendo este aumento ser linear ou exponencial.

É possível que a aplicação de doses mais elevadas de fertilizantes acarrete a ocorrência de alta salinidade nos solos. Em condições de estresse salino as plantas reduzem as taxas de transpiração diária e acumulada expressa em milímetros por dia em razão do fechamento dos estômatos, ocorrendo simultaneamente a diminuição do potencial osmótico com o incremento da salinidade do solo (NICHIDA et al., 2009).

Com o incremento de sais na solução do solo, seu potencial osmótico diminui e seu potencial hídrico também, em virtude da água sofrer diminuição em sua pureza com a dissolução crescente dos sais fertilizantes. Desta forma, as plantas podem sofrer efeitos tóxicos que causam distúrbios funcionais e injúrias em seu metabolismo (SILVA et al., 2009).

2.4 CONCLUSÕES

A aplicação da dose de 136,92 kg ha⁻¹ de N e da dose de 184,17 kg ha⁻¹ de K₂O por meio da fertirrigação promoveu a produção de frutos com a máxima massa média (240,17 gramas fruto⁻¹ e 227,71 gramas fruto⁻¹, respectivamente). A aplicação das doses de 270 kg ha⁻¹ de N e de 270 kg ha⁻¹ de K₂O por fertirrigação proporcionou a obtenção de frutos de maior comprimento (19,8 cm e 17,8 cm, respectivamente). A aplicação das doses de 126,67 kg ha⁻¹ de N e 175 kg ha⁻¹ de K₂O proporcionou produção de frutos com diâmetro máximo (5,7 cm e 5,16 cm, respectivamente).

O máximo número de frutos por planta (12,1 frutos planta⁻¹ e 7,6 frutos planta⁻¹, respectivamente) foi alcançado com a aplicação de 179,17 kg ha⁻¹ de N e 171,25 kg ha⁻¹ de K₂O. A máxima produtividade (36,8 t ha⁻¹ e 23,8 t ha⁻¹) foi obtida com a aplicação das doses de 149,92 kg ha⁻¹ de N e 137,75 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente. O máximo índice de pegamento de frutos (62,7% e 47,45%, respectivamente) foi alcançado com a aplicação por fertirrigação de 138,05 kg ha⁻¹ de N e 233,5 kg ha⁻¹ de K₂O. A eficiência agronômica da fertirrigação nitrogenada diminuiu com o aumento das doses de nitrogênio sendo que esta diminuição mostrou-se mais acentuada na dose de 270 kg ha⁻¹ de N.

2.5 REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, R.P. de F.; PEREIRA, W.E.; MARQUES, L.F.; ARAÚJO, R. da C.; LOPES, E.B. Crescimento e composição mineral de mudas de maracujazeiro amarelo fertilizados com boro e potássio. **Engenharia Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 84-96, 2010.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, J. **Evapotranspiration del cultivo: guias para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 2006. 298 p. (Estudio Riego e Drenaje Paper, 56).

ARAÚJO, H.S.; QUADROS, B.R. de.; CARDOSO, A.I.I.; CORRÊA, C.V. Doses de potássio em cobertura na cultura da abóbora. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 4, p. 469-475, 2012.

ARAÚJO, H.S. **Doses de potássio em cobertura na produção e na qualidade de frutos de abobrinha de moita**. Botucatu. 2011. 92p. Dissertação de Mestrado. em Agronomia). Universidade Estadual Paulista. Botucatu.

ARAÚJO, J. S.; ANDRADE A. P. DE.; RAMALHO, C .I.; AZEVEDO, C. A. V. de. Características de frutos de pimentão cultivado em ambiente protegido sob doses de nitrogênio via fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.152-157, 2009.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. Viçosa: UFV, 2008. 656 p.

BOAS, R. L.V.; PEREIRA, G. M.; REIS, R. P.; JUNIOR, J. A. L.; CONSONI, R. Viabilidade Econômica do Uso do Sistema de Irrigação por Gotejamento na Cultura da Cebola. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.4, p. 781-788, 2011.

BORGES, A.L; SILVA. D.J. Fertilizantes para fertirrigação. In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 255-264. 2011.

BRADY, N.C; WEIL, R.R. **Elementos da natureza e propriedade dos solos**. São Paulo: Bookman. 2012. 416p.

BRALTS, V.F.; EDWARD, D.M.; WU, I.P. Drip irrigation design and evaluation based on statistical uniformity concept. In: HILLEL, D. (Ed). **Advances in irrigation**. Orlando: Academic Press, 1987. v.4, p.67-117.

BRALTS, V.F. Field performance and evaluation. In: NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. (Ed.) **Trickle irrigation for crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1986. p.216-240. (Development in Agricultural Engineering, 9).

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Rio de Janeiro, 2013. 306p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.

FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, p.6-16, 1998.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Produtividade e eficiência agrônômica do milho em função da adubação nitrogenada e manejos do solo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.9, p.135-146, 2010.

FAVETA, G.M.; BOTREL, T.A. Uniformidade de sistemas de irrigação localizada: validação de equações. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.58, n.2, p.427-430, 2001.

FEIJO, S. **Técnicas para execução de experimentos sob ambiente protegido para a cultura da abobrinha italiana**. Santa Maria. 2005. 120p. 2005. Tese de Doutorado Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria.

FERNANDES, F. C. S.; BUZZETTI, S.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. C. Doses, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 2, p. 195-204, 2005.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de oleicultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2008, 412p.

FONTES, P.C.R.; DIAS, E.N.; GRAÇA, R.N. Acúmulo de nutrientes e método para estimar doses de nitrogênio e de potássio na fertirrigação do pimentão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.2, p.275-280, 2005.

GODOY, A.R.; CARDOSO, A.I.I. Pegamento de frutos em pepino caipira não partenocárpico sob cultivo protegido com aplicação de ácido naftaleno acético. **Bragantia**, v. 63, p. 25-29. 2004.

HEIDEN, G.; BARBIERI, R.L.; NEITZKE, R.S. **Chave para identificação das espécies de abóboras (*Cucurbita*, *Cucurbitaceae*) cultivadas no Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 2007. 31p.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR). **Cartas Climáticas do Paraná – Classificação Climática**. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>. Acesso em 14 janeiro. 2014.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design parameters**. Transactions of the ASAE, Saint Joseph, v. 17, n. 4, p. 678-684, 1974.

LEONARDO, M.; BROETTO, F.; VILLAS BÔAS, R.L.; ALMEIDA, R.S.; MARCHESE, J.A. Produção de frutos de pimentão em diferentes condições salinas. **Irriga**, v.12, n.1, p. 73 – 82, 2007.

LUCIO A.D; CARPES R.H; STORCK L.; LOPES S.J; LORENTZ L.H; PALUDO A.L. Variância e média da massa de frutos de abobrinha-italiana em múltiplas colheitas. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n.3, p. 335-341. 2008.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MANTOVANI, E. C. **AVALIA**: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada. Viçosa: UFV. 2001.

MARENCO, R.M; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal**: fotossíntese, respiração, relações hídricas, nutrição mineral. Viçosa: UFV, 2009. 486 p.

MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. **Seleção de sistemas de irrigação para hortaliças**. Circular Técnica 98, Brasília, Embrapa Hortaliças, 2011.

MARQUELLI, W.A. **Tensiômetros para o controle de irrigação em hortaliças**. Circular Técnica 57, Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 889p.

MEDEIROS, J.F., DUARTE, S.R., FERNANDES, P.D., DIAS, N.S. & GHEYI, H.R. Crescimento e acúmulo de N, P e K pelo meloeiro irrigado com água salina. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 452-457. 2008.

MELO, A. S. de; BRITO, M. E. B.; DANTAS, J. D. de M.; JÚNIOR, C. D. S. da; FERNANDES, P. D.; BONFIM, L. V. Produção e qualidade do pimentão amarelo sob níveis de potássio em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 1, p. 17-21, 2009.

MOLINAR, R; AGUIAR, J; GASKELL, M; MAYBERRY, K. **Summer Squash Production in California**. University of California – Division of Agriculture and Natural Resources. Disponível em: <http://anrcatalog.ucdavis.edu/pdf/7245.pdf> >. Acesso em: 15 Abril. 2013.

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**. Porto Alegre. 2007. 158p. Tese de Doutorado em Fitotecnia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul

NICHIDA, K.; KHAN, N.M.; SHIOZAWA, S. Effects of salt accumulation on the leaf water potential and transpiration rate of pot-grown wheat with a controlled saline ground water table. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 55, n. 3, p. 375–384, 2009.

OLINIK, J.R.; JÚNIOR, A.O; KEPP, M.A.; REGHIN, M.Y. Produtividade de híbridos de *abobrinha* italiana cultivados sob diferentes coberturas de solo. **Horticultura Brasileira**, v.29, n.1, p.130-134, 2011.

PEREIRA, W.; HORINO, Y.; FONTES, R.R.; SOUZA, A.F.; MOITA, A.W. Avaliação das adubações químicas no plantio e em cobertura na cultura da moranga híbrida Jabras. **Horticultura Brasileira**, v.13, n.1, p.105, 1995.

PORTO, M. L. A.; PUIATTI, M.; CECON, P.R.; ALVES, J. do C.; ARRUDA, J.A. de. Produtividade e acúmulo de nitrato nos frutos de abobrinha em função da adubação nitrogenada. **Bragantia**, vol.71, n.2, p. 190-195. 2012.

PRADO, R. M. **Nutrição de Plantas**. São Paulo: UNESP, 2008. 238p.

PUIATTI, M.; SILVA, D.J.H. Abóboras e morangas. In: FONTE P.C.R (ed). **Olericultura - teoria e prática**. Viçosa: UFV, p.279-298. 2005.

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**, v. 25, p.550-556. 2007.

ROCHA, D. V.. **Implantação de uma lavoura de abóbora com rotação de cultura, sob pivô central, no Noroeste mineiro**. 2006. 84 p. Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia). Faculdades Integradas. Distrito Federal. Planaltina.

ROMANO, C. M.; STUMPF, E. R. T.; BARBIERI, R. L. **Polinização manual em abóboras**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 26 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 225).

RÖMHELD, V.; KIKBY, E.A. Research on potassium in agriculture: needs and prospects. **Plant and Soil**, v.335, p.155-158, 2010.

SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO (SEAB). 2013. **Olericultura – Análise da Conjuntura Agropecuária**. 2013. Disponível em: http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/olericultura_2012_13.pdf. Acesso em: 06 janeiro. 2013.

SILVA, L.V. da; OLIVEIRA, G.Q.; SILVA, M.G. da; NAGEL, P.L.; MACHADO, M.M.V. Doses de nitrogênio em cobertura em duas cultivares de abobrinha no município de Aquidauana – MS, **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.3, p. 447 – 451, 2011b.

SILVA, E.N.; SILVEIRA, J.A.G.; FERNANDES, C.R.R.; DUTRA, A.T.B.; ARAGÃO, R.M. Acúmulo de íons e crescimento de pinhão manso sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 2, p.240-246, 2009.

SOUSA, A. E. C.; BEZERRA F. M. L.; SOUSA, C. H. de; SANTOS, F. S. S. dos. Produtividade do meloeiro sob lâmina de irrigação e adubação potássica. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 271-278, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Curitiba: Artmed. 2012. 719p.

TOKUNAGA, J. H.; CARDOSO, A. I. I. Avaliação de cultivares de abobrinha de moita. **Revista Biotemas**, v.14, n.2, 2001.

TRANI, P.E.; TIVELLI, S.W.; CARRIJO, O.A. Fertirrigação em hortaliças. Campinas: Instituto Agronômico, 2. Ed., 2011. 58 p. (**Boletim Técnico IAC, 196**).

TRANI, P.E. **Calagem e adubação para hortaliças sob cultivo protegido**. 2007. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_1/cp/index.htm>. Acesso em: 25 julho. 2012.