THIAGO PICINATTI RAPOSO

PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO ALHO EM FUNÇÃO DA POPULAÇÃO E DO ARRANJO DE PLANTAS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Rio Paranaíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae.*

RIO PARANAÍBA
MINAS GERAIS – BRASIL
2016

THIAGO PICINATTI RAPOSO

PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO ALHO EM FUNÇÃO DA POPULAÇÃO E DO ARRANJO DE PLANTAS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Rio Paranaíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae.*

APROVADA: 07 de março de 2016.

Flávio Lemes Fernandes

Éder Matsuo

Leonardo Angelo de Aquino
(Coorientador)

Maria Elisa de Sena Fernandes
(Orientadora)

A minha esposa Andreia
Ao meu filho Paulo Francisco
Ao meu irmão Raphael
Aos meus pais Sebastião e Natair

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus por me dar saúde e serenidade ao longo de toda a caminhada do mestrado e na condução dos trabalhos.

À Universidade Federal de Viçosa – Campus de Rio Paranaíba e ao programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, pela confiança depositada em nós ao permitir que fosse possível meu ingresso no referido curso e por disponibilizar toda a sua estrutura humana e física para o aprimoramento intelectual e desenvolvimento das atividades requeridas pelo trabalho desenvolvido.

A minha orientadora Professora Doutora Maria Elisa de Sena Fernandes, por não dispensar esforços para me auxiliar em todas as dificuldades enfrentadas ao longo de toda a jornada.

Aos meus co-orientadores Professor Doutor Leonardo Angelo de Aquino e o Professor Doutor William Rodrigues Macedo, por todo o apoio contribuindo para o meu crescimento profissional e pessoal.

A todo o corpo técnico da Universidade Federal de Viçosa – Campus de Rio Paranaíba.

Aos estudantes Luan Humberto Ribeiro, Maria Elisa Paraguassu Soares, Jean, Natália e Wilhian e ao bolsista Marcelo Senoski, pelo auxílio no levantamento de dados e pela amizade.

Ao Grupo HF Fênix por me apoiar e disponibilizar suas áreas, funcionários, insumos, máquinas e tudo o necessário para a condução dos trabalhos de campo acreditando no sucesso de nossos resultados.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Fundação de Aparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), por financiarem nossas pesquisas, com bolsas de estudo, materiais e reagentes.

A toda a minha família e amigos pelo apoio nos momentos difíceis e por torcerem pelo meu sucesso.

A todos os colegas do curso de Mestrado, em especial a Urbano, Clebson, Feliciano, Mário, Luciel, Luiza, Filipe, Luiz Otávio, Gabriela e Amanda que contribuíram com a minha formação ao longo de todo o curso.

Meus Sinceros Agradecimentos!

ÍNDICE

RESUMO.....v

ABSTRACT.....vi

1. INTRODUÇÃO.....01

2. MATERIAL E MÉTODOS.....01

3. RESULTADOS.....05

3.1. Número de folhas verdes por planta.....05

3.2. Diâmetro do pseudocaule.....06

3.3. Teores de nitrogênio (N) na folha índice.....07

3.4. Teores de fósforo (P) na folha índice.....07

3.5. Teores de potássio (K) na folha índice.....08

3.6. Teores de cálcio (S) na folha índice.....08

3.7. Classificação comercial dos bulbos.....10

3.8. Produtividade total.....13

4. DISCUSSÃO.....14

5. CONCLUSÕES.....16

5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....16

RESUMO

RAPOSO, Thiago Picinatti, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2016. **Produtividade da cultura do alho em função da população e do arranjo de plantas.** Orientadora: Maria Elisa de Sena Fernandes. Coorientadores: Willian Rodrigues Macedo e Leonardo Angelo de Aquino.

A população de plantas e o arranjo das linhas de plantio podem modificar o formato, a massa e número de bulbilhos por bulbo, o que consequentemente influencia a produtividade. Assim objetivou-se avaliar a produtividade e tamanho de bulbos em função de populações e arranjos de plantas de alho da cultivar Ito. Os experimentos foram conduzidos no município de Rio Paranaíba - MG, nos anos de 2014 e de 2015. Dois experimentos em 2014 e dois em 2015. Os tratamentos consistiram de cinco populações 280, 320, 360, 400 e 440 mil plantas ha^{-}1 e dois arranjos de plantas fileiras duplas ou simples, distribuídos em esquema fatorial (5 x 2), delineamento em blocos com quatro repetições. Avaliou-se o número de folhas verdes por planta, diâmetro do pseudocaule, teores de nutrientes na folha, classificação dos bulbos e a produtividade. Verificou-se diferença significativa para o diâmetro do pseudocaule, classificação comercial e produtividade em relação a população. Observaram-se valores menores e maiores no diâmetro do pseudocaule nos cultivos de alta e baixa população de plantas, respectivamente. A variação da população de plantas altera a produtividade e a classificação comercial dos bulbos de alho, onde quanto maior a população menor é o diâmetro médio dos bulbos e quanto menor a população maior é o diâmetro médio dos bulbos. As melhores populações de plantas, buscando-se o mercado de mesa são 280.000 e 320.000 plantas ha^{-1}, pois produziram maior parte dos bulbos nas classes 6 acima.

Palavras-chave: qualidade de bulbos, diâmetro do pseudocaule, *Allium sativum* L.

ABSTRACT

RAPOSO, Thiago Picinatti, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa (Federal University of Viçosa City, Minas Gerais State, Brazil), march of 2016. **Garlic crop productivity as a function of population and plant arrangement.** Adviser: Maria Elisa de Sena Fernandes. Co-advisers: Willian Rodrigues Macedo and Leonardo Angelo de Aquino.

The population of plants and the planting arrangement of lines can change the shape, mass and number of cloves per bulb, which in turn influences productivity. Thus aimed to evaluate the productivity and bulbs size depending on population and garlic plant arrangements cultivar Ito. The experiments were conducted in the municipality of Rio Paranaiba - MG, in the years 2014 and 2015. Two experiments in 2014 and two in 2015. The treatments consisted of five populations 280, 320, 360, 400 and 440 000 plants ha-1 and two arrangements of plants or simple double rows in a factorial scheme (5 x 2), block design with four replications. We evaluated the number of green leaves per plant, pseudostem diameter, nutrient concentration in leaves, classification of bulbs and productivity. There was a significant difference to the neck diameter, commercial classification and productivity in relation to population. They observed lower and higher values in the neck diameter in high crops and low plant population, respectively. The variation of plant population changes the productivity and commercial classification of garlic bulbs, where the higher the smallest population is the average diameter of the bulbs and the smaller the larger population is the average diameter of the bulbs. The best populations of plants, seeking the table market are 280,000 and 320,000 plants ha-1 as produced most of the bulbs in grades 6 above.

Keywords: quality bulbs, pseudostem diameter, *Allium sativum* L.

1. Introdução

O consumo nacional de alho (*Allium sativum* L.) está em torno de 300 mil toneladas por ano, onde 95% é destinado ao consumo *in natura*. Deste total apenas 40% é fornecido pela produção interna os outros 60% são provindos, principalmente de importações da China e Argentina (Epagri, 2016).

Uma das estratégias para tornar o mercado nacional de alho mais competitivo, é utilizar técnicas agronômicas a fim de se aumentar a produtividade e a qualidade dos bulbos produzidos (Petrazzini, 2013). Dentre elas pode-se destacar a alteração da população e arranjo de plantas (Asgharipour & Arshadi, 2012; Vázquez et al., 2014; Vidya, 2015).

A população de plantas e o arranjo das linhas de plantio, podem modificar o formato, a massa e o número de bulbilhos por bulbo. A população e o arranjo de plantas alteram a eficiência de interceptação luminosa pelas folhas, absorção de água e nutrientes pelas raízes (Moravčević et al., 2011; Vidya, 2015), o que leva à modificações na produtividade e no tamanho dos bulbos produzidos. Em função disto, diversos estudos foram conduzidos a fim de determinar a população e o arranjo adequados para essa cultura (Reghim et al., 2004; Moravčević et al. 2011; Resende et al., 2013; Vázquez et al., 2014; Vidya, 2015).

Entretanto, poucos são os estudos com a cultivar Ito pertencente ao grupo de alhos nobres, que produz maior percentagem de bulbos da classe 7 dentre os cultivares nobres (Resende et al., 2013). Outro aspecto pouco abordado é a variação do arranjo de plantas, pois na maioria dos países produtores o cultivo do alho é feito utilizando fileiras simples ao contrário do utilizado no Brasil, onde destaca-se o arranjo de fileiras duplas (Reghim et al., 2004).

O arranjo em fileiras simples com menor população pode propiciar melhor captação de radiação solar, aproveitamento de água e nutrientes, maiores bulbos de maior massa e consequentemente maior produtividade. Assim, objetivou-se avaliar a produtividade e tamanho de bulbos em função de populações e arranjos de plantas de alho da cultivar Ito.

2. Material e métodos

Os experimentos foram conduzidos na região de Rio Paranaíba - MG, entre os anos de 2014 e 2015. Onde dois experimentos foram instalados em 2014: experimento 1 plantado em 05/04/2014, colhido em 01/08/2014 e localizado em $19^0$29’20” S - $46^0$15’08” O e experimento 2 plantado em 09/05/2014, colhido em 13/09/2014 e

localizado em $19^0$17’06” S – $46^0$17’56” O; e dois experimentos instalados em 2015: experimento 3 plantado em 01/04/2015, colhido em 17/07/2015 e localizado em $19^0$15’28” S – $46^0$04’44” O e experimento 4 plantado em 30/04/2015, colhido em 22/08/2015 e localizado em $19^0$15’52” S – $46^0$18’24” O. Os tipos de solo dos locais foram classificados como Latossolo Amarelo, para o experimento 1 e 2 e Latossolo Vermelho-Amarelo para os experimentos 3 e 4 (Embrapa 2013). Foi utilizada a cultivar Ito, com suas sementes submetidas à vernalização em câmara fria por 50 dias, em temperatura de 3 a 4 ^{0}C, a fim de homogeneizar seu brotamento e garantir a indução da diferenciação das gemas de formação dos bulbilhos (Macedo et al., 2006; Hurtado et al., 2013). Em seguida os bulbos de alho foram debulhados e seus bulbilhos classificados de acordo com sua massa. Os bulbilhos com massa entre 5 e 7 g foram selecionados, a fim de se padronizar as plantas no local de estudo (Macedo et al., 2006).

O preparo de solo consistiu de uma gradagem, duas subsolagens e incorporação da adubação com rotoencanteiradora. As adubações foram a lanço e seguiram os padrões do produtor. As adubações e os atributos químicos para cada local de implantação dos experimentos estão detalhados na tabela 1. O plantio foi realizado manualmente com o ápice dos bulbilhos voltados para cima. O cultivo foi irrigado por pivô central e quando as plantas estavam com 45 dias após o plantio (DAP), fase de diferenciação (início da formação das gemas dos bulbilhos), foram submetidas a leve estresse hídrico com lâmina de irrigação baixa, 5 milímetros a cada três dias durante 20 dias, isto é, dos 45 aos 65 DAP, a fim de reduzir o “superbrotamento”, brotamento das gemas dos bulbilhos dando origem a folhas (Macedo et al., 2006).

Tabela 1. Atributos químicos e fertilização nos locais de implantação dos experimentos 1 e 2 (2014), 3 e 4 (2015).

Variáveis	2014		2015	
	Experimento			
	1	2	3	4
pH (água)	5,90	5.90	5,90	6,20
P-disp. (mg dm^{-3})	38,60	27,10	51,10	10,00
P-rem (mg L^{-1})	4,70	4,30	5,40	4,20
K ($cmol_c$ dm^{-3})	0,16	0,28	0.17	0,06
Ca ($cmol_c$ dm^{-3})	3,40	3,90	3,70	4,40
Mg ($cmol_c$ dm^{-3})	0,60	1,00	0,90	1,50
S (mg dm^{-3})	10,00	48,00	23,00	15,00
B (mg dm^{-3})	0,65	1,25	0,71	0,62
Cu (mg dm^{-3})	3,30	1,60	3,60	1,30
Fe (mg dm^{-3})	38,00	35,00	43,00	43,00
Mn (mg dm^{-3})	2,10	2,00	2,90	3,70
Zn (mg dm^{-3})	3,50	12,90	7,10	1,10
Al^{+3} ($cmol_c$ dm^{-3})	0,00	0,00	0,00	0,00
H + Al^{+3} ($cmol_c$ dm^{-3})	3,17	3,53	3,28	2,63
M.O. (g dm^{-3})	31,00	27,00	24,00	42,00
S.B. ($cmol_c$ dm^{-3})	4,16	5,18	4,77	5,96
T ($cmol_c$ dm^{-3})	7,33	8,71	8,05	8,59
V (%)	56,80	59,50	59,30	69,40
Fertilizações				
N (kg ha^{-1})	360,00	360,00	270,00	310,00
P_2O_5 (kg ha^{-1})	1.250,00	1.320,00	1.140,00	1.538,00
K_2O (kg ha^{-1})	527,00	527,00	515,00	515,00
B (kg ha^{-1})	4,00	4,00	5,00	5,00
Cu (kg ha^{-1})	0,00	0,00	2,50	2,50
Zn (kg ha^{-1})	2,00	6,00	6,00	7,50

P e K – Melich-1; Ca, Mg e Al – KCl 1 mol L^{-1}; S-SO_4 – Fosfato monobásico de Ca 0,01 mol L^{-1}; B – água quente; Cu, Fe, Mn e Zn – DTPA pH 7.3; H+Al – Solução tampão SMP a pH 7,5; Mat. Orgânica – Walkley-Black.

Os tratamentos consistiram de cinco populações de plantas combinadas com dois arranjos distribuídos em esquema fatorial (5 x 2), o delineamento foi o em blocos ao acaso com quatro repetições. As populações testadas foram 280, 320, 360, 400 e 440 mil plantas ha^{-1} e os arranjos de plantas foram os de fileiras duplas ou simples, dispostas em canteiros de 2 m de largura. Para o arranjo de fileiras duplas a primeira distava 0,25 m da borda do canteiro, 0,27 m da primeira para a segunda, 0,48 m da segunda para a terceira, 0,27 m da terceira para a quarta e 0,25 m da quarta para a borda do canteiro, a distância entre as fileiras duplas foi de 0,12 m. Para o arranjo de fileiras simples a primeira distava 0,25 m da borda do canteiro, em seguida quatro fileiras com 0,17 m entre elas, 0,48 m entre a quarta e a quinta, depois quatro fileiras com 0,17 m de distância entre elas e por fim 0,25 m da oitava até a borda do canteiro. E para a obtenção das populações alterou-se a distância entre os bulbilhos na fileira de plantio, sendo 0,14 m para a população 280 mil plantas ha^{-1}, 0,125 m para a população 320 mil plantas ha^{-1}, 0,11 m para a população 360 mil plantas ha^{-1}, 0,10 m para a população 400 mil plantas ha^{-1} e 0,09 m para a população 440 mil plantas ha^{-1}. As parcelas foram compostas por um canteiro de 2 m de largura por 5 m divididas em blocos com quatro parcelas em cada bloco.

Para verificar o efeito da população e arranjos de plantas, avaliou-se o número de folhas verdes por planta, diâmetro do pseudocaule, teores de nutrientes na folha índice, produtividade e classificação por tamanho dos bulbos de alho.

O número de folhas verdes foi obtido com a contagem direta de todas as folhas totalmente expandidas e totalmente verdes, isto é, sem nenhuma lesão ocasionada por insetos ou doenças, ou com início de senescência de dez plantas por parcela.

O diâmetro do pseudocaule foi obtido com o auxílio de um paquímetro digital, medindo-se o pseudocaule de dez plantas por parcela a uma altura de 0,03 m do solo. E os teores de nutrientes contidos na folha índice foram obtidos a partir da coleta da folha índice, folha mais jovem totalmente expandida, de dez plantas por parcela no início do período de diferenciação, o qual ocorreu aos 45 dias após plantio (DAP), para determinar os nutrientes na folha índice as mesmas foram lavadas em água corrente e limpas com algodão embebido em solução de detergente neutro (0,1 %). Após isto as amostras foram secas em estufa com circulação de ar forçada a 70°C por 72 h, em seguida foram pesadas e mantidas na estufa até que o peso se mantivesse constante. Por fim, as folhas secas, foram trituradas em moinho do tipo Wiley equipado com peneira de 1,27 mm. E os teores dos nutrientes N, P, K e S ($g\ kg^{-1}$) foram determinados segundo Malavolta et al. (1997).

A produtividade foi determinada ao final do ciclo da cultura, quando as plantas estavam com cinco a seis folhas verdes restantes. Nesta fase efetuaou-se a colheita de forma manual dispondo todas as plantas da parcela em fileiras com as folhas protegendo os bulbos para o processo de pré-secagem, em seguida amontoadas e protegidas por lona plástica em um invólucro denominado camaleão. Este processo, denominado cura, foi realizado durante 30 dias. Em seguida separou-se as folhas, raízes e bulbos com auxílio de uma tesoura. Por fim os bulbos foram levados ao laboratório para pesagem e determinação da produtividade (t ha^{-1}) e a classificação comercial.

A classificação comercial foi obtida a partir da medida do diâmetro do bulbo em sua parte mais externa, e em função desta medida classificado por classes sendo elas: classes 1 a 3 (≤ 37 mm), classe 4 (> 37 e ≤ 42 mm), classe 5 (>42 e ≤47 mm), classe 6 (>47 e ≤56 mm), classe 7 (>56 e ≤66 mm) e classe 8 (> 66mm) (Luengo et al., 1999).

Após verificadas as pressuposições da ANOVA, os dados foram submetidos a ANOVA, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a p≤0,05. As análises estatísticas foram realizadas no programa Assistat versão 7.7 beta.

3. Resultados

3.1. Número de folhas verdes por planta

Foi observada diferença significativa nos valores de número de folhas verdes por planta em função da população de plantas de alho, apenas no experimento 3 ($F_{(4;27)}$=4,27; p<0,01), com valores variando de 5,81 na população 320.000 plantas ha^{-1} a 7,44 na população 400.000 plantas ha^{-1} (Tabela 2).

Não houve diferenças significativas nos valores do diâmetro do pseudocaule em função do arranjo das linhas de plantio e para a interação população de plantas e arranjo de plantio em nenhum dos experimentos avaliados (Tabela 2).

Tabela 2. Número de folhas verdes por planta em função da variação da população de plantas (mil ha^{-1}) e do arranjo de plantas, fileiras (simples e dupla) aos 100 dias após plantio (DAP) nos experimentos 1, 2 (2014), 3 e 4 (2015).

Número de folhas verdes por planta aos 100 DAP [1]				
População (mil ha^{-1})	Experimento			
	1	2	3	4
280	7,13 a	6,90 a	5,88 ab	6,85 a
320	7,39 a	6,94 a	5,81 b	6,74 a
360	7,59 a	6,74 a	6,28 a	6,71 a
400	7,44 a	6,38 a	5,89 ab	6,64 a
440	7,5 a	6,44 a	6,21 ab	6,89 a
Arranjo				
Simples	7,46 a	6,75 a	5,94 a	6,74 a
Duplo	7,36 a	6,61 a	6,09 a	6,79 a
C.V. (%)	6,80	9,09	4,87	4,72

[1]Médias seguidas pela mesma letra na coluna, comparando-se cada característica (população e arranjo) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

3.2. Diâmetro do pseudocaule

Verificou-se diferença significativa para o diâmetro do pseudocaule em relação a população de plantas nos experimentos 1 ($F_{(4;27)}=7,44$; $p<0,01$), 2 ($F_{(4;27)}=13,61$; $p<0,01$) e 4 ($F_{(4;27)}=7,44$; $p<0,01$). Em todos os experimentos foram observados maiores valores do diâmetro do pseudocaule variando de 18,05 mm na população de 280.000 plantas ha^{-1} a 11,51 mm na população de 440.000 plantas ha^{-1} (Tabela 3).

Em relação ao arranjo das fileiras de plantio, não houve diferença significativa no diâmetro do pseudocaule para nenhum dos experimentos avaliados. Não houve diferença significativa para a interação entre população de plantas e arranjo de plantio.

Tabela 3. Diâmetro do pseudocaule (mm), em função da variação da população de plantas (mil ha^{-1}) e do arranjo de plantas, fileiras (simples e dupla) aos 100 dias após plantio (DAP) nos experimentos 1 e 2 (2014), 3 e 4 (2015).

Diâmetro do pseudocaule aos 100 DAP (mm) [1]				
População	Experimento			
(mil ha^{-1})	1	2	3	4
280	18,05 a	13,58 a	14,35 a	17,97 a
320	17,63 a	13,26 a	14,32 a	16,22 ab
360	16,57 b	12,27 b	13,29 a	15,81 b
400	15,92 bc	11,93 b	13,21 a	14,62 b
440	15,57 c	11,51 b	13,04 a	15,29 b
Arranjo				
Simples	16,95 a	12,39 a	13,70 a	16,32 a
Duplo	16,54 a	12,63 a	13,59 a	15,64 a
C.V. (%)	4,00	9,09	7,11	8,18

[1]Médias seguidas pela mesma letra na coluna, e em cada característica (população e arranjo) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

3.3. Teores de nitrogênio (N) na folha índice

Os teores foliares de nitrogênio (g kg^{-1}) contidos na folha índice, não apresentaram diferenças significativas em relação população de plantas para todos os experimentos.

Em relação ao arranjo das fileiras de plantio não obteve-se diferença significativa nos experimentos 1, 2, 4 e 5. O experimento 2 ($F_{(1;27)}=4,73$; $p<0,05$), obteve valores com diferença significativa, onde os valores dos teores de N foi de 33,97 g kg^{-1} no arranjo duplo e de 30,67 g kg^{-1} no arranjo simples (Tabela 4).

3.4. Teores de fósforo (P) na folha índice

Os teores foliares de fósforo (g kg^{-1}) contidos na folha índice, não apresentaram diferenças significativas em relação a população e do arranjo de plantas em nenhum dos experimentos1, 2, 3 e 4.

Os valores de P na interação entre população de plantas e o arranjo das fileiras de plantio aos 45 DAP apresentaram valores significativos estatisticamente nos

experimentos 1 ($F_{(4;27)}$=3,05; p<0,05), onde o menor acúmulo de P foi de 11,89 g kg^{-1} na população de 400 mil ha^{-1} e no arranjo duplo e no experimento 4 ($F_{(4;27)}$=4,02; p<0,05), o menor acúmulo de P foi de 2,45 g kg^{-1} na população de 440 mil ha^{-1} no arranjo simples (Tabela 5).

3.5. Teores de potássio (K) na folha índice

Os teores foliares de potássio (g kg^{-1}), contidos na folha índice, não apresentaram diferenças significativas em relação a população de plantas em nenhum dos experimentos. Em relação ao parâmetro arranjo das linhas de plantio os dados foram significativos apenas no experimento 1 ($F_{(1;27)}$=4,42; p<0,05), onde o maior acúmulo de K na folha índice foi obtido no arranjo das linhas de plantio duplo de 48,91 g kg^{-1} e o menor de 45,56 g kg^{-1} no arranjo das linhas de plantio simples (Tabela 4). Em relação a interação população de plantas e arranjo das fileiras de plantio nenhum dos experimentos obtiveram valores significativos.

3.6. Teores de enxofre (S) na folha índice

Os teores foliares de enxofre (g kg^{-1}), contidos na folha índice, não apresentaram diferenças significativas em relação as populações de plantas em nenhum dos experimentos, o mesmo para o arranjo das fileiras de plantio e para a interação entre a população de plantas e o arranjo das fileiras de plantio.

Tabela 4. Teores de N e K (g kg^{-1}) em função da variação da população de plantas (mil ha^{-1}) e do arranjo de plantas, fileiras (simples e dupla) contidos na folha índice, nos experimentos 1 e 2 (2014), 3 e 4 (2015).

Teores de N (g kg^{-1}) (1)				
Arranjo	45 DAP			
	Experimento			
	1	2	3	4
Simples	39,63 a	30,67 b	38,31 a	40,52 a
Duplo	41,13 a	33,97 a	36,81 a	39,18 a
C.V. (%)	6,24	14,87	10,71	6,44
Teores de K (g kg^{-1}) (1)				
Arranjo	45 DAP			
	Experimento			
	1	2	3	4
Simples	45,56 b	66,23 a	70,38 a	51,24 a
Duplo	48,91 a	65,80 a	72,92 a	52,26 a
C.V. (%)	10,66	17,50	16,85	16,67

[1]Médias seguidas pela mesma letra na coluna, e em cada característica (população e arranjo) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Tabela 5. Desdobramento da interação entre a variação da população de plantas e o arranjo de plantas, fileiras (simples e dupla) para os teores de P (g kg^{-1}).

Teores de P (g kg^{-1}) aos 45 DAP (Experimento 1) (1)		
População de plantas (mil ha^{-1})	Arranjo das fileiras de plantio	
	Simples	Duplo
280	15,30 aA	14,23 aA
320	12,91 aA	14,99 aA
360	13,37 aA	13,79 aA
400	15,87 aA	11,89 aB
440	14,99 aA	12,85 aA
C.V. (%)	13,43	13,43
Teores de P (g kg^{-1}) aos 45 DAP (Experimento 4) (1)		
População de plantas (mil ha^{-1})	Arranjo das fileiras de plantio	
	Simples	Duplo
280	4,14 abA	5,34 aA
320	4,44 abA	4,94 aA
360	4,71 abA	3,77 aA
400	5,63 aA	4,10 aA
440	2,45 bB	6,17 aA
C.V. (%)	31,84	31,84

[1]Médias seguidas pela mesma letra em cada característica (população e arranjo) maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

3.7. Classificação comercial dos bulbos

Houve diferença significativa nos valores de classificação comercial em função da população de plantas para o experimento 1 em bulbos pertencentes as classes ≤ 3 ($F_{(4;27)}$=22,83; p<0,01), 4 ($F_{(4;27)}$=37,10; p<0,01), 5 ($F_{(4;27)}$=24,74; p<0,01), 6 ($F_{(4;27)}$=18,84; p<0,01) e 7 + 8 ($F_{(4;27)}$=24,78; p<0,01). A maior percentagem de bulbos das classes ≤ 3 e 4 com 14 e 27%, respectivamente, concentrou-se na população de 440 mil ha^{-1}, enquanto que para a classe 5 as maiores percentagens foram nas populações de 440, 400 e 360 mil ha^{-1} com valores de 35, 35 e 34%, respectivamente (Tabela 6). Em contrapartida em bulbos de classes 6 e 7+8 as populações de 320 e 280 mil ha^{-1} apresentaram 35 e 34% e 19 e 25% para a classe 7+8, respectivamente (Tabela 6). Não foi encontrada diferença significativa para o arranjo de plantas.

Houve diferença significativa para os valores de classificação comercial dos bulbos em função da população de plantas para o experimento 2 em bulbos pertencentes as classes 4 ($F_{(4;27)}$=14,55; p<0,01), 5 ($F_{(4;27)}$=8,87; p<0,01) e 7 + 8 ($F_{(4;27)}$=37,30; p<0,01). As maiores percentagens de bulbos das classes 4 e 5 foram de 20,22% e 36% na população de 440 mil ha^{-1}, respectivamente e a maior percentagem de bulbos da classe 7+8 foram de 32,25% na população de 280 mil ha^{-1} (Tabela 6).

Observou-se diferença significativa para a classificação comercial dos bulbos em função da população de plantas para o experimento 3 em bulbos pertencentes as classes 4 ($F_{(4;27)}$=6,39; p<0,01), 5 ($F_{(4;27)}$=16,85; p<0,01), 6 ($F_{(4;27)}$=6,06; p<0,01) e 7 + 8 ($F_{(4;27)}$=15,38; p<0,01). A maior percentagem de bulbos da classe 4 foram 12,24 e 11,48% nas populações 440 e 400 mil ha^{-1} respectivamente, em relação aos bulbos pertencentes a classe 5 as maiores percentagens foram de 22,17, 20,83 e 19,90% nas populações de 440, 400 e 360 mil ha^{-1}, a maior percentagem de bulbos da classe 6 foram encontrados na população de 440 mil ha^{-1} e por fim para a classe 7+8 as maiores percentagens foram de 47,92 e 45,31% nas populações de 280 e 320 mil ha^{-1}, respectivamente (Tabela 6).

No experimento 4 verificou-se diferença significativa nos valores de classificação comercial dos bulbos em função da população de plantas em bulbos pertencentes as classes 4 ($F_{(4;27)}$=5,58; p<0,01) e 7 + 8 ($F_{(4;27)}$=5,61; p<0,01). A maior parte dos bulbos da classe 4 representaram 19,74% obtidos na população de 440 mil ha^{-1} e a maior parte dos bulbos da classe 7+8 representam 28,08% na população de 280 mil ha^{-1}. (Tabela 6).

A interação entre a população de plantas e arranjo das fileiras de plantio apresentou diferença significativa apenas para a classe ≤ 3 no experimento 4 ($F_{(4;27)}$=3,01; p<0,05). Na interação, a menor percentagem foi de 15,39% dos bulbos na população de 280 mil ha^{-1} no arranjo de plantio em fileiras duplas e a maior na população de 400 mil ha^{-1} no arranjo de plantio em fileiras simples com 23,21 % (Tabela 7).

Tabela 6. Classificação comercial dos bulbos de alho (%), em função da variação da população de plantas (mil ha^{-1}) e do arranjo de plantas, fileiras (simples e dupla) nos experimentos 1 e 2 (2014), 3 e 4 (2015).

População de plantas (mil ha^{-1})	Classificação comercial (%)				
	Experimento 1				
	Classe ≤ 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6	Classe 7+8
280	7,00 c	13,00 d	21,00 b	34,00 ab	25,00 a
320	7,00 c	15,00 cd	24,00 b	35,00 a	19,00 a
360	10,00 b	17,00 c	34,00 a	28,00 bc	11,00 b
400	13,00 ab	22,00 b	35,00 a	23,00 cd	7,00 b
440	14,00 a	27,00 a	35,00 a	20,00 d	5,00 b
C.V. (%)	18,64	13,82	12,53	15,24	36,16
	Experimento 2				
280	7,18 a	7,26 c	19,57 d	33,76 a	32,25 a
320	9,95 a	10,19 bc	24,11 cd	35,62 a	20,13 b
360	7,37 a	13,12 b	29,03 bc	33,95 a	16,53 bc
400	9,34 a	13,97 b	31,63 ab	35,19 a	9,86 cd
440	10,23 a	20,22 a	36,00 a	28,67 a	4,89 d
C.V. (%)	30,66	27,76	15,04	15,69	29,02
	Experimento 3				
280	6,95 a	6,90 b	13,37 b	24,86 c	47,92 a
320	6,14 a	7,41 b	14,19 b	26,95 bc	45,31 a
360	8,56 a	10,07 ab	19,90 a	36,07 ab	25,39 b
400	7,87 a	11,48 a	20,83 a	33,58 abc	26,24 b
440	9,92 a	12,24 a	22,17 a	39,13 a	16,55 b
C.V. (%)	50,71	27,8	15,34	21,64	30,51
	Experimento 4				
280	18,14 a	14,48 b	18,96 a	20,34 a	28,08 a
320	22,69 a	13,89 b	18,65 a	19,48 a	25,29 ab
360	19,84 a	14,16 b	21,12 a	22,46 a	22,42 abc
400	23,08 a	17,05 ab	22,14 a	22,38 a	15,35 c
440	20,02 a	19,74 a	21,75 a	21,54 a	16,95 bc
C.V. (%)	18,82	18,91	16,78	18,30	29,86

[1]Médias seguidas pela mesma letra na coluna, e em cada característica (população e arranjo) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Tabela 7. Desdobramento da interação entre a variação da população de plantas e arranjo das fileiras de plantio para os bulbos da classe ≤ 3 no experimento 4.

Bulbos da classe ≤ 3 (%) [1]		
População de plantas (mil ha^{-1})	Arranjo das fileiras de plantio	
	Simples	Duplo
280	20,89 aA	15,39 bA
320	18,83 aB	26,56 aA
360	20,17 aA	19,52 abA
400	23,21 aA	22,95 abA
440	19,11 aA	20,95 abA
C.V. (%)	18,82	18,82

[1]Médias seguidas pela mesma letra em cada característica (população e arranjo) maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

3.8. Produtividade total

Verificou-se diferença significativa da produtividade total de bulbos em função da população de plantas para todos os experimentos, sendo 1 ($F_{(4;27)}=15,67$; $p<0,01$), 2 ($F_{(4;27)}=25,00$; $p<0,01$), 3 ($F_{(4;27)}=8,69$; $p<0,01$) e 4 ($F_{(4;27)}=7,41$; $p<0,01$). Os maiores valores de produtividade total foram observados na população de 440 mil plantas ha^{-1}, sendo 23,67 t ha^{-1} no experimento 3 e os menores valores de produtividade total na população 280 mil plantas ha^{-1} no experimento 1 de 14,89 t ha^{-1} (Tabela 8).

Não houve interação entre a produtividade total de bulbos e o arranjo das linhas de plantio para nenhum dos experimentos.

Tabela 8. Produtividade total de bulbos (t ha^{-1}) em função da variação da população de plantas (mil ha^{-1}).

Produtividade total de bulbos (t ha^{-1}) (1)				
População (mil ha^{-1})	Experimento			
	1	2	3	4
280	14,89 d	15,54 b	19,22 c	19,07 b
320	15,66 cd	16,35 b	19,64 bc	18,46 b
360	16,50 bc	19,16 a	19,56 bc	20,47 ab
400	17,34 ab	20,09 a	22,27 ab	22,98 a
440	18,20 a	19,80 a	23,67 a	23,55 a
C.V. (%)	5,69	6,52	9,12	11,34

[1]Médias seguidas pela mesma letra na coluna, e em cada característica (população), não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

4. Discussão

O número de folhas verdes por planta é uma variável eficiente para se estimar a atividade fotossintética de plantas, pois é com uma área foliar adequada que a interceptação dos raios solares será mais eficiente e consequentemente sua atividade fotossintética será maior (Yao et al., 2015). Em plantas de alho, por produzirem poucas folhas ao longo do ciclo, em torno de oito folhas em sua máxima atividade por volta dos 90 DAP, esta característica se torna ainda mais importante para o ponto de vista de alta produção de fotoassimilados (Moravčević et al., 2011).

No presente estudo esta variável, número de folhas verdes por planta, não foi sensível aos tratamentos aplicados, ao contrário do encontrado por Vydia, (2015) e Moravčević et al., (2011). O mesmo acontecendo com o arranjo das fileiras de plantio contradizendo Karaye & Yakubu. (2006). Isto se deve ao fato de que todos os experimentos foram conduzidos em áreas comerciais de cultivo, com uso frequente de fungicidas e inseticidas, minimizando as perdas de folhas causadas por aumento da incidência de patógenos e pragas causado pela alteração da população de planas.

Observaram-se valores menores e maiores no diâmetro do pseudocaule nos cultivos de alta e baixa população de plantas, respectivamente. Com o aumento do número de plantas a competição por nutrientes, luz e concentração de CO_2, no microambiente avaliado, pode ser mais acirrada ocasionando menor acúmulo de fotoassimilados e consequentemente um menor acúmulo de biomassa. Por se tratar de

uma planta C_3, esta competição torna-se ainda mais sensível ao seu acúmulo de biomassa, pois necessitam de maior concentração de carbono atmosférico para ativar a Rubisco (Shimono, 2011; Yao et al., 2015).

A mensuração do diâmetro do pseudocaule é bastante utilizada para caracterização de cultivares, pois o mesmo expressa valores similares ao do diâmetro do bulbo, embora não seja um órgão de interesse ele permite estimar o comportamento do bulbo antes de se efetuar a colheita (Wang et al., 2014). Sendo assim, este fator é um importante indicador da dinâmica fotossintética e do acúmulo de biomassa em sistemas de cultivo de alho.

O acúmulo de nutrientes na folha índice, apesar de em alguns experimentos apresentar valores significativamente distintos, não se pode concluir que este parâmetro foi alterado em função da imposição dos tratamentos, pois na maioria dos experimentos esta característica manteve-se imutável.

O órgão de interesse comercial do alho é o bulbo e para tal quanto maior o seu tamanho maior será o valor pago por ele (Resende et al., 2013). Sendo assim, para se alcançar uma produtividade satisfatória necessita-se de um alto acúmulo individual de biomassa, pois cada planta produz apenas um bulbo. Com um comportamento semelhante ao do pseudocaule, o tamanho do bulbo apresentou-se maior em cultivos com baixas populações e menor onde as populações foram maiores, condizendo com os resultados obtidos por Reghin et al., (2004); Karaye & Yakubu, (2006); Vydia, (2015).

Além do aumento da porcentagem de bulbos graúdos, a utilização de baixas populações, também contribuiu para melhorar o formato e a aparência. Bulbos mais uniformes e bem empalhados são mais fáceis de classificar e menos susceptíveis a debulha. A população de 280 mil plantas por hectare destacou-se das demais, pois apresentou menores porcentagens de bulbos da classe ≤ 3 e maiores nas classes 6 e 7+8. Sendo assim, acredita-se que quando a interceptação luminosa for maior e a competição por nutrientes for menor, maior é a chance de se aumentar o acúmulo individual de biomassa e consequentemente maior bulbo por planta (Asgharipour & Arshadi, 2012; Yao et al., 2015; Liu et al., 2015).

Semelhante ao ocorrido ao diâmetro do pseudocaule, a competitividade entre as plantas de alho, imposta pela alteração da população de plantas no ambiente de cultivo, alterou significativamente a produtividade total de bulbos de alho em todos os locais e nos dois anos de avaliação. Sendo a maior produtividade em torno de 23,50 t ha^{-1} na população de 440 mil plantas ha^{-1} e a menor próximo de 15,00 t ha^{-1} na população de 280 mil plantas ha^{-1}. Esta alteração na produtividade se deve ao fato de que quanto

maior a população menor é o acúmulo individual de fotoassimilados (Vázquez et al., 2014; Yao et al., 2015; Liu et al., 2015; Vidya, 2015; Testa et al., 2016).

5. Conclusões

A variação da população de plantas altera a produtividade e a classificação comercial dos bulbos de alho, onde quanto maior a população menor é o diâmetro médio dos bulbos e quanto menor a população maior é o diâmetro médio dos bulbos.

As melhores populações de plantas, buscando-se o mercado de mesa são 280.000 e 320.000 plantas ha^{-1}, pois produziram maior parte dos bulbos nas classes 6 acima.

6. Referências bibliográficas

ASGHARIPOUR, M. R. & ARSHADI, M. J. Effect of planting date and plant density on yield and yield components of garlic in Fariman. **Advances in Environmental Biology**, v. 6, n. 3, p. 583-586, 2012.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília: Embrapa, 2013. P. 353.

EPAGRI (Curitibanos, SC), **Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina.** Disponível em: http://www.epagri.sc.gov.br. Acessado em 15 de feveriro de 2016.

HURTADO, M. D. D.; GUTIÉRREZ, K. G. Z.; CAO, C. M.; ZEVALLOS, L.C.; GONZÁLEZ, R. G. G.; PACHECO, I. T.; BARRIOS, M. E. V.; PASTRANA, D. M. R.; SILVA, E. M. M.; Low-temperature conditioning of "seed" clooves enhances the expression of phenolic metabolism related genes and anthocyanin contente in 'coreano' garlic (*Allium sativum*) during plant development. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, p. 10439-10446, 2013.

KARAYE, A. K. & YAKUBU, A. I. Influence of intra-row spacing and mulching on weed growth and bulb yield of garlic (*Allium sativum* I.) in Sokoto, Nigeria. **African Journal of Biotechnology**, v. 5, n. 3, p. 260-264, 2006.

LIU, T.; GU, L.; DONG, S.; ZHANG, J.; LIU, P.; ZHAO, B. Optimum leaf removal increases canopy apparent photosynthesis, ^{13}C-photosynthate distribution and grain yield of maize crops grown at high density. **Field Crops Research**, v. 170, p. 32-39. 2015.

LUENGO, R. F. A.; CALBO, A. G.; LANA, M. M.; MORETTI, C. L.; HENZ, G. P. **Classificação de hortaliças**. Brasília: Embrapa hortaliças. Documentos 22, 61p. (1999).

MACEDO, F. S., SOUZA, R. J. D., & PEREIRA, G. M. Controle de superbrotamento e produtividade de alho vernalizado sob estresse hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 629-635, 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional. In: MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. Ed., Piracicaba, Potafos, 1997. P. 115-230.

MORAVČEVIĆ, D.; BJELIĆ, V.; SAVIĆ, D.; VARGA, J. G.; BEATOVIĆ, D.; JELAČIĆ, S.; ZARIĆ, V. Effect of plant density on the characteristics of photosynthetic apparatus of garlic (*Allium sativum* var. vulgare L.). **African Journal of Biotechnology**, v.10, n. 71, p. 15861-15868, 2011.

PETRAZZINI, L. L. **Inovações tecnológicas para a produção de alho de qualidade para o mercado brasileiro**. 2013. 83 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia – Produção Vegetal) – Universidade Federal de Lavras. Lavras.

RESENDE, J. T. V.; MORALES, R. G. F.; ZANIN, D. S.; RESENDE, F. V.; DE PAULA, J. T.; DIAS, D. M.; GALVÃO, A. G. Caracterização morfológica, produtividade e rendimento comercial de cultivares de alho. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 31, n. 1, p. 157-162 Mar, 2013.

SHIMONO, H. Rice genotypes that respond strongly to elevated CO_2 also respond strongly to low planting density. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 141, p. 240-243, 2011.

TESTA, G.; REYNERI, A.; BLANDINO, M. Maize grain yield enhancement through high plant density cultivation with different inter-row and intra-row spacings. **European Journal of Agronomy**, v. 72, p. 28-37, 2016.

VÁZQUEZ, P. J.; LUCIO, J. A. R.; ELOS M. M.; ORTÍZ, F. C.; REYES, J. G. R. Efecto de tamaño del bulbo/bulbillo y densidad de plantación en la emergencia, rendimiento y calidad de ajo (*Allium sativum* L.). **Revista Internacional de Botánica Experimental**. v. 83, p. 83-91, 2014.

VIDYA, G. Effect of planting time and plant densities on yield and yield contributing characters in garlic (*Allium sativum* L.) Cv. Jamnagar. **Plant Archives**, v. 15, n. 2, p. 947-952, 2015.

XUE, H.; HAN, Y.; LI, Y.; WANG, G.; FENG, L.; FAN, Z.; DU, W.; YANG, B.; CAO, C.; MAO S. Spatial distribution of light interception by different plant population densities and its relationship with yield. **Field Crops Research**, v. 184, p. 17-27, 2015.

YAO, H.; ZHANG, Y.; YI, X.; HU, Y.; LUO, H.; GOU, L.; ZHANG, W. Plant density alters nitrogen partitioning among photosynthetic components, leaf photosynthetic nitrogen use efficiency in field-grown cotton. **Field Crops Research,** v. 184, p. 39-49, 2015.

WANG, H.; LI, X.; SHEN, D.; OIU, Y.; SONG, J. Diversity evaluation of morphological traits and allicin content in garlic (*Allium sativum* L.) from China. **Euphytica,** v. 198, p. 243-254, 2014.