



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: FITOTECNIA

PROPAGAÇÃO DE ALHO POR MEIO DE BULBILHOS
AÉREOS SUBMETIDOS À REGULADORES VEGETAIS

ELIZETH REGINA RAISSE

VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA-BRASIL
2024

ELIZETH REGINA RAISSE

**PROPAGAÇÃO DE ALHO POR MEIO DE BULBILHOS AÉREOS
SUBMETIDOS À REGULADORES VEGETAIS**

Tese apresentada à Universidade Estadual
do Sudoeste da Bahia, como parte das
exigências do Programa de Pós-Graduação
em Agronomia, área de concentração em
Fitotecnia, para obtenção do título de
Doutor.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Sylvana Naomi Matsumoto

Coorientador: Dr. Francisco Vilela Rezende

VITÓRIA DA CONQUISTA

BAHIA-BRASIL

2024

R129p

Raisse, Elizeth Regina.

Propagação de alho por meio de bulbilhos aéreos submetidos à
reguladores vegetais. / Elizeth Regina Raisse, 2024.

84f.

Orientador (a): Dr.^a Sylvana Naomi Matsumoto.

Tese (doutorado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa
de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Fitotecnia. Vitória da
Conquista, 2024.

Inclui referências F. 81 - 83

1. *Allium sativum* L. 2. Reguladores de crescimento. 3. Bulbos aéreos de alho. 4.
Produtividade. I. Matsumoto, Sylvana Naomi. II. Universidade Estadual do Sudoeste
da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. T.

Catálogo na fonte: Karolyne Alcântara Profeta – CRB 5/2134
UESB - Campus Vitória da Conquista – BA



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
Área de Concentração em Fitotecnia

Campus de Vitória da Conquista, BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "PRIMING COM GIBERELINAS PARA BULBILHOS AÉREOS DE ALHO FRIGORIFICADOS COMO ESTRATÉGIA DE PROPAGAÇÃO".

AUTOR (A): Elizeth Regina Raisse

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTORA EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, pela seguinte Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente
SYLVANA NAOMI MATSUMOTO
Data: 10/10/2024 10:52:12-0100
Verifique em: <https://validar.jf.gov.br>

Sylvana Naomi Matsumoto, D.Sc. (UESB)

Anselmo Eloy Silveira Viana, D.Sc. (UESB)



Documento assinado digitalmente
MARIA APARECIDA CASTELLANI
Data: 10/10/2024 10:54:58-0310
Verifique em: <https://validar.jf.gov.br>

Maria Aparecida Castellani, D.Sc. (UESB)

Lenita Lima Haber, D.Sc. (EMBRAPA)



Documento assinado digitalmente
LEILSON COSTA GRANGEIRO
Data: 21/10/2024 09:55:13-0300
Verifique em: <https://validar.jf.gov.br>

Leilson Costa Grangeiro, D.Sc. (UFERSA)

Data de realização: 29 de Julho de 2024.

Estrada do Bem Querer, Km 4, CEP 45031-900, Caixa Postal 95, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil
Telefone: (77) 3425-9383, e-mail: ppgagronomia@uesb.edu.br

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Manuel F. Raisse (*in memoriam*), Antônio Anésio e Maria J. Frederico, e aos meus filhos Adney e Michelle.

Dedico

AGRADECIMENTO

Primeiramente a “Deus”, pelas suas bênçãos. Em Suas palavras encontro a força que preciso para continuar caminhando, pois se o dia bom me alegrou, o mau me fortaleceu.

A minha mãe Maria Jesuína Frederico, pelo amor incondicional e apoio em todas as minhas escolhas, por ser o exemplo da minha perseverança.

Ao Carlos Malita, pela amizade e companheirismo em todos os momentos.

As minhas irmãs e aos meus sobrinhos que, mesmo distantes, me transmitiam muita energia positiva e alegria.

Ao Governo Moçambicano (IBE), pelo apoio durante a minha estadia no Brasil.

À CAPES (Ministério da Educação), pela concessão da bolsa.

À PROAP/CAPES e AUXPPG/UESB, pelo financiamento da pesquisa em equipamentos, infraestrutura e reagentes.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, pela infraestrutura e apoio oferecido para a realização deste estudo.

À minha orientadora, professora Sylvana Naomi Matsumoto, pela atenção, apoio, confiança, competência e pelo grande exemplo de profissionalismo.

Aos meus coorientadores, Professor Dr. Francisco Vilela Rezende, Lenita Lima Haber e ao professor Anselmo Eloy Viana, pelas valiosas sugestões e por todo apoio disponibilizado durante o período de pesquisa.

A todo o pessoal do Setor de Campo, pela paciência e gentileza durante o planejamento e execução dos experimentos, em especial, ao Dui e ao Sr. Manuel, por toda a ajuda concedida.

Aos amigos e colegas do Laboratório de Fisiologia Vegetal, por toda ajuda na execução da pesquisa e durante o período do doutorado.

A todos os professores do curso, que colaboraram com o meu crescimento profissional, em especial, às Professoras Maria aparecida Castellani e Gisele Brito, pela amizade e suporte sempre que necessário e a todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para que este trabalho pudesse ser realizado.

Muito obrigada!

A educação e o ensino são as armas mais poderosas que você pode usar para mudar o mundo.

Nelson Mandela-Madiba
(1918-2013)

RESUMO GERAL

RAISSE, E. R. **Propagação de alho por meio de bulbilhos aéreos submetidos à reguladores vegetais**. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2024. 86 (Tese Doutorado em Agronomia, Área de Concentração: Fitotecnia) *.

Devido à especificidade ambiental para a fase de desenvolvimento vegetativo, o alho é classificado como uma planta estéril e, portanto, a propagação em cultivos comerciais é exclusivamente vegetativa porque a ocorrência de sementes é rara. Entretanto, o uso de bulbo subterrâneo como semente eleva o custo da produção de alho-semente, que representa 20% do investimento do capital pelo produtor pelos custos de armazenamento e transporte dos bulbilhos, além da necessidade de frigorificação para alhos nobres. Uma das alternativas de propagação é a utilização de bulbilhos aéreos provenientes de escapos florais, que apresentam dormência permanente. A base de conhecimento sobre a modulação de *priming* com giberelinas em diferentes cultivares, quando em processos de superação da dormência e diferenciação de bulbilhos aéreos de alho dos bulbos, necessita ser ampliada. Foram estudadas várias técnicas de produção de alho utilizando bulbos subterrâneos. No entanto, ainda são escassos estudos sobre técnicas melhoradas de cultivo de alho utilizando bulbos aéreos como material de plantio, fundamentando a necessidade do aprofundamento de estudos que venham a contribuir para a ampliação das perspectivas da utilização de tecnologias de propagação de alho semente em favor do desenvolvimento da cultura do alho. Nesse sentido, os experimentos desenvolvidos para a elaboração deste estudo tiveram como objetivo avaliar o efeito de tratamento em pré-plantio de bulbilhos aéreos de alho com giberelinas na morfologia da planta de alho e na diferenciação dos bulbos. Foi observada que a imersão de bulbilhos aéreos na concentração de 500 ml de giberelina GA3 e GA4, por 24 horas, foi mais efetiva no aumento significativo da taxa de incidência de plantas secundárias, no número de dentes por bulbo e na massa dos bulbos.

Palavras-chave: *Allium sativum* L; Reguladores de crescimento; Bulbos aéreos de alho; Produtividade.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Sylvana Naomi Matsumoto, UESB

GENERAL ABSTRACT

RAISSE, E. R. **Garlic propagation by aereial bulbil submitted to plant growth regulators**. Vitória da Conquista - BA, UESB, 2024. 83 p. (Doctoral Thesis in Agronomy, Area of Concentration: Phytotechnics) *.

Due to the environmental specificity of the vegetative development phase, garlic is classified as a sterile plant and therefore propagation in commercial crops is exclusively vegetative because the occurrence of seeds is rare. However, the use of underground bulbs as seeds increases the cost of producing seed garlic, which represents 20% of the producer's capital investment due to the cost of storing and transporting the bulbs, as well as the need for refrigeration for noble garlic. One of the propagation alternatives is the use of aerial bulbs from floral scapes, which are permanently dormant. The knowledge base on the modulation of priming with gibberellins in different cultivars when overcoming dormancy and differentiating aerial garlic bulbs from bulbs needs to be expanded. Various techniques for producing garlic using underground bulbs have been studied. However, there are still few studies on improved techniques for growing garlic using aerial bulbs as planting material. This underlines the need for more in-depth studies to help broaden the prospects for using seed garlic propagation technologies to promote the development of the garlic crop. In this sense, the experiments developed for this study aimed to evaluate the effect of pre-planting treatment of aerial garlic bulbs with gibberellins on garlic plant morphology and bulb differentiation. It was observed that immersing aerial bulbs in 500 ml of gibberellin GA3 and GA4 for 24 hours was more effective in significantly increasing the incidence rate of secondary plants, the number of cloves per bulb and the mass of the bulbs.

Keywords: *Allium sativum* L; Growth regulators; Aerial garlic bulbils; Productivity.

*Advisor: Prof^ª. Dr^ª. Sylvana Naomi Matsumoto, UESB.

LISTA DE TABELAS

ARTIGO I

Tabela 1. Análise de variância referente às concentrações e tempo de imersão em solução de GA3 em tratamento pré-plantio de bulbilhos aéreos de alho da cv. BRS Hozan e comparação de médias entre os tratamentos fatoriais em relação à testemunha. Vitória da Conquista

BA, 2022.....26

Tabela 2. Análise de variância referente às concentrações e tempo de imersão em solução de GA3 em tratamento pré-plantio de bulbilhos aéreos de alho da cv. Ito e comparação de médias entre os tratamentos fatoriais em relação à testemunha. Vitória da Conquista-BA, 2022..... 27

Tabela 3. Efeito positivo (+), negativo (-) e semelhante ($\cong$), em relação à testemunha, dos tratamentos de aplicação de concentrações de GA3 e tempos de embebição na solução, na emergência, crescimento e morfologia de bulbo provenientes de bulbilhos aéreos de alho.....34

Tabela 4. Efeito positivo (+), negativo (-) e semelhante ($\cong$), em relação à testemunha, dos tratamentos de aplicação de concentrações de GA3 e tempos de embebição na solução, na emergência, crescimento e morfologia de bulbo provenientes de bulbilhos aéreos de alho.....34

ARTIGO II

Tabela 1. Resumo da análise de variância das cultivares de alho nobre Chonan e Quitéria que tiveram seus bulbilhos aéreos submetidos a diferentes concentrações do GA3, para Diâmetro do bulbo (DIA), Altura do bulbo (ALT), Massa do bulbo, nº de bulbo por planta, percentual de superbrotamento (SB). Vitória da Conquista/BA, UESB (2022)....48

Tabela 2. Características de bulbos de cultivares de alho nobre Chonan e Quitéria, propagadas por meio de bulbilhos aéreos submetidos à frigorificação e *priming* com solução aquosa e diferentes concentrações de ácido giberélico (GA3). Vitória da Conquista/BA, UESB (2022).....49

Tabela 3. Desdobramento das características relativas ao diâmetro (DIA), altura (DIA), massa total, número total de bulbos, número de bulbos por planta e porcentagem de bulbos superbrotados (SB) de cultivares de alho nobre Chonan e Quitéria, propagadas por meio de bulbilhos aéreos submetidos à frigorificação e *priming* com solução aquosa, e diferentes concentrações de ácido giberélico (GA3). Vitória da Conquista/BA, UESB (2022).....50

Tabela 4. Resumo da análise de variância das cultivares de alho nobre Chonan e Quitéria

que tiveram seus bulbilhos aéreos submetidos a diferentes concentrações do GA3, para Diâmetro do bulbo (DIA), Altura do bulbo (ALT), peso do bulbo, nº de bulbo por planta, percentual de superbrotamento (SB). Vitória da Conquista/BA, UESB (2022).....52

Tabela 5. Desdobramento da interação dos fatores cultivar e embebição em GA3 de plantas de alho produzidas por meio de bulbilhos aéreos frigorificados durante 80 dias pré-plantio.....54

Tabela 6. Desdobramentos das interações dos tratamentos adicionais e fatoriais relacionados à morfologia e emergência de plantas de alho.....56

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO I

Figura 1A. Efeito da aplicação pré-plantio de (GA3) em bulbilhos aéreos de alho BRS Hozan nas características de emergência e Stand final. 28

Figura 1B. Efeito da aplicação pré-plantio de (GA3) em bulbilhos aéreos de alho Ito nas características de emergência e Stand final.....29

Figura 2A. Efeito da aplicação pré-plantio de (GA3) em bulbilhos aéreos de alho BRS Hozan nas características de crescimento da planta, avaliadas aos 40, 55 e 70 dias após plantio (DAP).....30

Figura 2B. Efeito da aplicação pré-plantio de (GA3) em bulbilhos aéreos de alho cv Ito nas características de crescimento da planta, avaliadas aos 40, 55 e 70 dias após plantio (DAP).....31

Figura 3A. Morfologia e peso de bulbo de alho BRS Hozan produzido a partir de bulbilhos aéreos submetidos a pré-tratamentos com GA3, avaliada após cura.....32

Figura 3B. Efeito da aplicação pré-plantio de (GA3) em bulbilhos aéreos de alho cv Ito nas características de crescimento da planta, avaliadas aos 40, 55 e 70 dias após plantio (DAP).....33

ARTIGO II

Figura 1. Efeito da aplicação pré-plantio de (GA3) em bulbilhos aéreos de alho das cvs Chonam e Quitéria nas características de produção. Vitória da Conquista/BA, UESB (2022).....51

Figura 2. Efeito da aplicação pré-plantio de (GA3) em bulbilhos aéreos de alho das cvs Chonam e Quitéria nas características de emergência e crescimento: IVE= Índice de velocidade de emergência e TME=Tempo médio de emergência. Vitória da Conquista/BA, UESB (2022).....55

ARTIGO III

Figura 1. Características morfológicas de bulbos com diferenciação de quatro cultivares de alho, propagados por meio de bulbilhos aéreos submetidos ao *priming* com solução aquosa de giberelinas (GA3 e GA4) e água.....71

Figura 1G'. Diferenciação de bulbos em cultivares de alho, propagados por meio de bulbilhos aéreos submetidos ao *priming* com solução aquosa de giberelinas (GA3 e GA4) e água.....72

Figura 2. Produção total, estratos de classes e peso individual de bulbos de quatro cultivares de alho, propagadas por meio de bulbilhos aéreos submetidos ao *priming* com solução aquosa de giberelinas (GA3 e GA4) e água.....74

Figura 3. Índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TME) e stand final de plantas de quatro cultivares de alho, propagadas por meio de bulbilhos aéreos submetidos ao *priming* com solução aquosa de giberelinas (GA3 e GA4) e água.....76

Figura 4. Peso de 100 bulbilho aéreos e índice visual de dormência no início da frigorificação e no plantio de quatro cultivares de alho.....77

Figura 5. Altura e diâmetro das plantas aos 50 e 70 dias após o plantio de quatro cultivares de alho, propagadas por meio de bulbilhos aéreos submetidos ao *priming* com solução aquosa de giberelinas (GA3 e GA4) e água.....78

Figura 6. Características de crescimento: número de folhas por planta aos 50 e 70 dias após o plantio de quatro cultivares de alho, propagadas por meio de bulbilhos aéreos submetidos ao *priming* com solução aquosa de giberelinas (GA3 e GA4) e água.....79

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

IVE	Índice de Velocidade de Emergência
TME	Tempo Médio de Emergência
UESB	Univerdidade Estadual do Sudoeste da Bahia
=	Igual
<	Menor que
>	Maior que
+	Mais
±	Mais ou menos
%	Porcento
°C	Graus Celsius
µm	Micrometro
i.a.	Ingrediente ativo
cm	Centímetro
df	Grau de liberdade
d	Dia
Fig.	Figura
g	Grama
h	Hora
ha	Hectare
L	Litro
m	Metro
mg	Miligrama
mL	Mililitro
mm	Milímetro
P	Probabilidade
sqrt	Raiz quadrada

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16
Artigo I	20
RESUMO	22
1.INTRODUÇÃO	23
2.MATERIAIS E MÉTODOS	25
2.1 Material vegetal e condições de crescimento	25
2.2 Preparação da solução de GA3 e condução da cultura.....	26
2.3 Delineamento experimental e condução da cultura.....	26
2.4 Emergência e stand final	26
2.5 Crescimento das plantas	26
2.6 Morfologia de bulbos	27
2,7 Análise estatística.....	27
3.RESULTADOS	28
3.1.Índice de velocidade de emergência, emergência e stand final	29
3.2 Caraterísticas de crescimento da planta e de produção	31
4.DISSCUSSÃO.....	37
5.CONCLUSÃO	38
6.AGRADECIMENTOS.....	38
7.DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSES	39
8.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
Artigo II.....	43
RESUMO	45
1. INTRODUÇÃO	46
2.MATERIAIS E MÉTODOS	48
2.1.LOCAL DA EXPERIÊNCIA E MATERIAIS VEGETAIS	48
3. RESULTADOS.....	51
3.1. Características dos bulbos produzidos	51
3.2. Emergência e crescimento de plantas de alho	55
4. DISCUSSÃO.....	59
5. CONCLUSÕES.....	62
6. AGRADECIMENTOS.....	62
7.DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSES	62

8.REFÊRENCIAS	63
Artigo III	65
RESUMO	67
1. INTRODUÇÃO	67
2.MATERIAIS E MÉTODOS.....	70
2.1 LOCAL DO EXPERIMENTO E MATERIAIS VEGETAIS	70
3. RESULTADOS.....	72
3.1. Características qualitativas e quantitativas dos bulbos.....	72
3.2. Emergência e stand final de plantas	77
3.3 Morfologia da planta	79
4. DISCUSSÃO.....	81
5.CONCLUSÃO	84
6.AGRADECIMENTOS.....	84
7.DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSES	84
8.REFERÊNCIAS.....	85
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	88

INTRODUÇÃO GERAL

O alho é uma espécie do gênero *Allium* mais importantes do mundo, com cerca de 26 milhões de toneladas produzidos anualmente em todo o mundo. Devido a sua importância alimentar e medicinal, o alho ganhou uma grande aceitação como produto agrícola (Choi et al., 2021). Diferente da cultura da cebola, que é cultivada por sementes, o alho tem propagação vegetativa, devido as cultivares comerciais de alho serem inférteis, produzindo bulbilhos no caule ou no escapo/topo (Sulastiningsih et al., 2020).

Normalmente, o alho é propagado vegetativamente através da utilização de bulbilhos subterrâneos, fato que eleva a possibilidade de ocorrência de agentes patogênicos nocivos, vírus e micoplasmas (Prajapati et al., 2022). Consequentemente, pode resultar na redução do vigor da planta, na diminuição do rendimento e afetar a qualidade do produto. Ademais, o elevado volume de material fresco de propagação resulta em uma elevada despesa com o armazenamento, conservação e transporte representa cerca de 60% das despesas totais com a produção de fatores de produção.

Para reduzir o problema causado pela utilização contínua de bulbilhos de alho subterrâneo como materiais de plantação na propagação vegetativa do alho, é feita a limpeza dos materiais de plantação isentos de vírus através das culturas de tecidos. No entanto, este procedimento é dispendioso e requer vários anos para obter materiais de plantação livre de vírus. Pretendendo obter materiais de plantação isentos de vírus, uma alternativa de propagação vegetativa do alho é a utilização de bulbos aéreos (Mhazo et al., 2014; Triharyanto et al., 2022; Dinda e Triharyanto, 2020; Zona e Howard, 2022).

Os bulbilhos aéreos são pequenas estruturas que se assemelham muito aos dentes de alho. Têm uma película fina e estão localizados no escapo da planta do alho (Chaudhari et al., 2022). Entretanto, os bulbos produzidos a partir de bulbilhos necessitam de pelo menos mais um ano para atingir o seu tamanho máximo, em comparação com os dentes de alho-semente. Se esses bulbos forem plantados em solo livre de agentes patogênicos, podem oferecer uma abordagem rentável para diminuir a infecção do material de propagação por *Fusarium proliferatum* (Dugan et al., 2019), contudo, não significa que estes estejam isentos de vírus (Bhusal et al., 2021). O uso da vernalização em bulbos de alho maximizar a diferenciação dos bulbos (Yadwinder e Dhall, 2017), aliado ao fato de que a vernalização pode aumentar a produção de reguladores de crescimento vegetal e provocar o aparecimento do alho (Santos et al., 2022).

As giberelinas estão associadas à quebra de dormência e crescimento das gemas laterais para algumas cultivares de alho (Liu et al., 2020), ocorrendo aumento do número de dentes por bulbo quando as plantas de alho são submetidas à solução de giberelina. Elas também aumentam a germinação dos bulbilhos de alho aéreos, quebrando a sua dormência (Dong et al., 2019, 2020; Khokhar, 2022). Foram estudadas várias técnicas de produção de alho utilizando bulbos subterrâneos. No entanto, ainda são escassos estudos sobre técnicas melhoradas de cultivo de alho utilizando bulbilhos aéreos como material de plantio. Desse modo, salienta-se a necessidade do aprofundamento de estudos para a ampliação das perspectivas da utilização de tecnologias de propagação de alho semente em favor do desenvolvimento da cultura do alho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bhusal, H., Shemesh-Mayer, E., Forer, I., Kryukov, L., Peters, R., Kamenetsky-Goldstein, R. 2021. Bulbils in garlic inflorescence: development and virus translocation. *Scientia Horticulturae* 285:110146. doi:10.1016/j.scienta.2021.110146.

Celli, M.G., Perotto, M.C., Buraschi, D., Conci, V.C. 2015. Biological and molecular characterization of garlic virus D and its effects on yields of garlic. *Acta Horticulturae* 1143:193-200. doi:10.17660/ActaHortic.2016.1143.28.

Chaudhari, G.V., Hedau, N.K., Ram, H., Khade, Y.P., Kant, L., Khar, A. 2022. Garlic: retrospect, status quo, and dimensions. *Genetic Resources and Crop Evolution* 69(8):2645-2660. doi:10.1016/j.flora.2021.151989.

Choi, S.H., Shin, W.J., Bong, Y.S., Lee, K.S. 2021. Determination of the geographic origin of garlic using the bio element content and isotope signatures. *Food Control* 130:108339. doi:10.1016/j.foodcont.2021.108339.

Dinda, W.P., Triharyanto, E. 2020. Effects of mulch on growth and yield of garlic bulbils at various fertilizing doses. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 423(1):012033. doi:10.1088/1755-1315/423/1/012033.

Dong, Y., Guan, M., Wang, L., Yuan, L., Sun, X., Liu, S. 2019. Transcriptome analysis of the low-temperature-induced breaking of garlic aerial bulb dormancy. *International Journal of Genomics* 2019:9140572. doi:10.1155/2019/9140572.

Dong, Y., Wang, L., Gu, Q., Guan, M., Dong, F., Sun, X., et al. 2020. Effects of low temperature and exogenous GA3 on releasing aerial bulb dormancy in garlic and its physiological and biochemical mechanisms. *Plant Physiology Journal* 2020(02):256-264. doi:10.13592/j.cnki.ppj.2019.0121.

Dugan, F.M., Lupien, S.L., Hellier, B.C. 2019. Infection by *Fusarium proliferatum* in aerial garlic bulbils is strongly reduced compared to rates in seed cloves when both originate from infected bulbs. *Crop Protection* 116:43-48. doi:10.1016/j.cropro.2018.10.006.

Khokhar, K.M. 2022. Bulb development in garlic - a review. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology 98(4):432-442. doi:10.1080/14620316.2022.2150326.

Liu H, Zhang Y, Yang F, Qi X, Ahmad H, Wu C, Cheng Z. 2019. Effect of the mode and time of gibberellic acid treatment on plant architecture and bulb structure in garlic (*Allium sativum* L.). Scientia Horticulturae, 257, 108723.

Liu, H. J., Huang, C. P., Tong, P. J., Xue, Y. A. N. G., Cui, M. M., Cheng, Z. H. (2020). Response of axillary bud development in garlic (*Allium sativum* L.) to seed cloves soaked in gibberellic acid (GA3) solution. Journal of Integrative Agriculture, 19(4):1044-1054.

Mhazo, M.L., Ngwerume, F.C., Masarirambi, M.T. 2014. Garlic (*Allium sativum*) propagation alternatives using bulblets and cloves of different sizes in a semi-arid sub-tropical environment. Annual Research and Review in Biology 4(1):238-245. doi:10.9734/ARRB/2014/4186.

Prajapati, M.R., Manav, A., Singh, J., Kumar, P., Kumar, A., Kumar, R., et al. 2022. Identification and characterization of a garlic virus E genome in garlic (*Allium sativum* L.) using high-throughput sequencing from India. Plants 11(2):224. doi:10.3390/plants11020224.

Santos, M.A.V., Andrade Júnior, V.C. de, Guimarães, A.G., Brito, O.G., Taula, A.J.V., Costa, R.A., et al. 2022. Correlations between agronomic characters in garlic. Pesquisa Agropecuária Brasileira 57:02603. doi:10.1590/S1678-3921.pab2022.v57.02603.

Sulastiningsih, N.W.H., Aswani, N., Hermanto, C. 2020. Agronomic characters evaluation of garlic (*Allium sativum* L.) bulbils. p. 197-203. In Proceeding International Conference on Green Agro-Industry. UPNV Yogyakarta, Indonesia.

Triharyanto, E., Wijayanti, D.P., Setyaningrum, D. 2022. Morphology, structure, and potential of bulbils yield as a planting material of onion in Tropical Regions. Universal Journal of Agricultural Research 10(3):204-212. doi:10.13189/ujar.2022.100303.

Yadwinder, K., Dhall, R.K. 2017. Effect of vernalization on flowering and true seed production behaviour of garlic (*Allium sativum*) under North Indian Plains. Indian Journal of Agricultural Sciences 87(11):1554-1558. doi:10.56093/ijas.v87i11.75791

Zona, S., Howard, C.C. 2022. Aerial vegetative diaspores of angiosperms: terminology, organography, and dispersal. Flora 287:151989. doi:10.1016/j.flora.2021.151989.

Periódico científico: *Scientae Horticulturae*

ARTIGO I

CULTIVO DE ALHO A PARTIR DE BULBILHOS AÉREOS SUBMETIDO A IMERSÃO PRÉ-PLANTIO COM GIBERELINA GA3 COMO ESTRATÉGIA DE PROPAGAÇÃO

Scientae Horticulturae

Original Research Paper

Elizeth Regina Raisse¹, Sylvana Naomi Matsumoto¹, Anselmo Eloy Viana¹, Veruza Prates¹
Francisco Resende Vilela² e Lenita Amber²,

¹ Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Estrada do Bem Querer, Km 04, 45031-900, Vitória da Conquista, BA, Brasil.

² Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Rodovia 060 BR Km 9, Samambaia Norte 70351-970, Brasília, DF, Brasil.

Correspondente: Elizeth Regina Raisse. Email: elizethreginar@yahoo.com.br

REGULADORES VEGETAIS E A PROPAGAÇÃO DE ALHO POR MEIO DE BULBILHOS AÉREOS

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da embebição em pré-plantio de bulbilhos aéreos de alho em de soluções aquosas de GA3 no crescimento e rendimento. O experimento foi conduzido sob cultivo protegido, sob bancada em estrutura coberta com plástico transparente e laterais com sombrite. As cultivares Ito e BRS Hozan foram estudadas em dois ensaios distintos, sendo somente os bulbilhos aéreos da cv. Ito submetidos à Frigorificação em temperatura de 3 a 5° C e umidade de 75%, durante 50 dias antes da embebição. Neste estudo, foi determinado fatorial duplo e mais uma adicional (4x5+1): concentrações de GA3 (500, 1000, 1500 e 2000 ml L⁻¹) e tempos de embebição (12, 24, 36, 48 e 60h), sendo mantida uma testemunha (sem tratamento pré-plantio de embebição com GA3). Após a imersão em solução aquosa de GA3, 20 bulbilhos aéreos foram semeados em cada uma das bandejas com capacidade de 16 litros, contendo substrato autoclavado. Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados, com três repetições, sendo a parcela composta por uma bandeja. Foram avaliadas a emergência, stand final, morfologia da planta e do bulbo. O tratamento pré-plantio com GA3 proporcionou crescimento na parte aérea associado às concentrações de 500 e 1000 ml L⁻¹ de GA3, e nos tempos de 12 e 24h, no entanto, não houve influência na germinação. Para os bulbilhos aéreos submetidos à embebição com GA3, foi verificada elevação de peso de bulbos para BRS Hozan e Ito. Assim sendo, a aplicação de giberelina pode constituir uma importante prática de manejo de plantas obtidas a partir de bulbilhos aéreos, elevando o rendimento de alho semente. Contudo, neste estudo, não foi observada diferenciação e formação de pseudoperfilhos nos bulbos.

Palavras-chave: *Allium sativum*, crescimento da planta, giberelina, regulador de crescimento, produtividade.

PLANT REGULATORS AND GARLIC PROPAGATION BY AERIAL BULBS

ABSTRACT

This research evaluated the effect of pre-plant soaking of aerial garlic bulbs in aqueous GA3 solutions on growth and yield. The experiment was conducted under protected cultivation, on a bench in a structure covered with transparent plastic and sides with shade. The cultivars Ito and BRS Hozan were studied in two separate trials, with only the aerial bulbils of cv. Ito subjected to refrigeration at a temperature of 3 to 5° C and 75% humidity for 50 days before soaking. In this study, a double factorial was determined plus an additional one (4x5+1): concentrations of GA3 (500, 1000, 1500 and 2000 ml L⁻¹) and soaking times (12, 24, 36, 48 and 60h), with a control (no pre-soaking treatment with GA3). After soaking in an aqueous GA3 solution, 20 aerial bulbs were sown in each of the 16-liter trays containing autoclaved substrate. A randomized block experimental design was used, with three replications, each plot consisting of one tray. Emergence, final stand, plant and bulb morphology were assessed. The pre-planting treatment with GA3 provided growth in the aerial part associated with the concentrations of 500 and 1000 ml L⁻¹ of GA3, and at the times of 12 and 24 hours, however, there was no influence on germination. For the aerial bulbs submitted to soaking with GA3, there was an increase in bulb weight for BRS Hozan and Ito. Therefore, the application of gibberellin can be an important management practice for plants obtained from aerial bulbs, increasing the yield of seed garlic. Although in this study, differentiation and the formation of pseudobranches in the bulbs were not observed.

Keywords: *Allium sativum*, plant growth, gibberellin, growth regulator, productivity.

1.INTRODUÇÃO

O alho é a segunda hortaliça de importância econômica da família Liliáceae depois da cebola. Originária da Ásia ocidental, trata-se de uma planta ereta, normalmente cultivada como uma cultura anual. É uma planta aromática, sendo utilizada como tempero em muitos alimentos ao redor do mundo. Além do valor alimentar, o alho tem importância medicinal, por ter compostos antibióticos como a garlicina e a allistatina.

No Brasil, o alho é cultivado na estação fria, em 2021, cuja produção ocupou a área de 13.057 ha, com produção de 167.102 toneladas, gerando uma receita de 1.849.020 mil reais (IBGE, 2023). Os principais produtores brasileiros são os estados de Minas Gerais (6.500 hectares plantados), Goiás (3.500 hectares cultivados), Santa Catarina (2.200 hectares) e Rio Grande do Sul (2.100 hectares) (ANAPA, 2021).

Este volume de produção não é suficiente para atender à demanda interna, suprimindo, atualmente, 65% do consumo de alho no Brasil. O volume de importação é elevado, sendo atendido pela produção originária da Argentina, Espanha e da China. Em 2022, foi registrado pela ANAPA (2023) um aumento da área de plantio de 2 mil hectares, ocorrendo avanço das fronteiras de plantio de alho para o Cerrado e de retração no Sul do país. A elevação do custo de produção na região Sul está relacionada, principalmente, ao preço das sementes, contratação de mão de obra e fertilizantes, aliados à isenção de impostos para o alho produzido pela Argentina. Estes fatores restringem o desenvolvimento dessa cultura no Brasil.

As particularidades do método de propagação assexuada, por meio de bulbilhos subterrâneos, e a limitação imposta pela incidência de viroses elevam o custo da produção de alho-semente, que representa 20% do investimento do capital pelo produtor. A necessidade de cultivo em telado para restringir o acesso aos vetores, o processo de limpeza de clones, custos de armazenamento e transporte dos bulbilhos, além da necessidade de frigorificação para alhos nobres são exigências que elevam o custo do material de propagação.

Uma das alternativas de propagação é a utilização de bulbilhos aéreos provenientes de escapos florais. Na produção de alho-semente, a partir desse material, nos primeiros 4 anos, o alho propagado através de bulbilhos aéreos determina uma taxa de multiplicação 45 vezes superior ao método convencional. Outro fator importante é a possibilidade da redução da taxa de infecção por patógenos de solo em plantios, utilizando bulbilhos aéreos tratados com fungicidas (DUNGAN et al., 2019).

Para a utilização dos bulbilhos aéreos na propagação desta cultura, há algumas restrições que devem ser consideradas. A ausência de diferenciação de bulbilhos, originando os “bulbos sólidos”, limita o potencial de crescimento do bulbo. O peso dos bulbos subterrâneos, obtidos no primeiro ciclo de cultivo a partir de bulbilhos aéreos, tem peso inferior a 5 g. A dormência mais persistente dos bulbilhos aéreos, quando comparada aos bulbilhos subterrâneos, reduz o potencial de emergência das plantas, resultando em desuniformidade e redução no stand em campo.

A frigorificação do material de bulbos é uma estratégia para a quebra da dormência e diferenciação de bulbilhos. A submissão do material de propagação à baixa temperatura eleva a sensibilidade de receptores, ativando a ação de mensageiros secundários, como o Ca^{++} e outros sinalizadores, amplificando o efeito das giberelinas (DONG et al., 2019) e resultando em saída do estado de dormência. Entretanto, no cultivo em regiões tropicais, para o término da dormência, bulbificação e diferenciação de bulbilhos, o estímulo deve ser mais intenso. A frigorificação de bulbilhos-semente, com temperaturas subzero (negativas), tem sido uma prática de manejo efetiva para a elevação da produtividade e qualidade dos bulbos (LUZ et al., 2022). Para os bulbilhos aéreos, a aplicação exógena de giberelinas pode se constituir em uma prática de tratamento pré-plantio que potencializa os efeitos da frigorificação (DONG et al., 2022).

O tratamento com soluções aquosas de giberelinas é efetivo para a diferenciação e desenvolvimento dos bulbilhos de alho. Liu et al. (2020) verificaram elevação do número de bulbilhos por bulbo e redução da ocorrência de bulbos sólidos, quando foi realizado tratamento pré-plantio em bulbilhos de alho-semente em soluções aquosas de GA3 (1 mM, durante 24 horas). Em condições de stress hídrico, a aplicação do GA3 teve um efeito na indução de pseudoperfilhamento em plantas de alho (LIU et al., 2020).

Apesar de uma base de conhecimento bem estabelecida sobre a efetividade das giberelinas no desenvolvimento do alho, lacunas de conhecimento sobre aspectos quantitativos do tempo de embebição, concentração para cultivares com diferenciais de exigências climáticas para o plantio de bulbilhos aéreos necessitam de esclarecimento.

O objetivo deste estudo é verificar se o período de embebição pré-plantio e a concentração de GA3 e a possível interação entre estes fatores em bulbilhos aéreos de cultivares de alho com diferencial de exigência térmica podem mitigar a dormência, diferenciação de bulbilhos e morfologia de bulbos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Material vegetal e condições de crescimento

A pesquisa foi conduzida em casa de vegetação da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - *campus* Vitória da Conquista, durante os meses de março a setembro de 2022.

Bulbilhos aéreos uniformes e frescos de alho das variedades Brs Hozan e Ito, colhidos na maturidade fisiológica, foram obtidos na Embrapa-hortaliças. Os bulbilhos da variedade Ito foram colocados a vernalizar, em câmara fria, na temperatura de 3 a 5 °C, e umidade de 70%, durante 50 dias. Em seguida, 100 bulbilhos de cada variedade foram embebidos em soluções de ácido giberélico e armazenado na BOD em temperatura de 25°C, durante 12, 24, 36, 48 e 60h.

2.2 Preparação da solução de GA3 e condução da cultura

As soluções do ácido giberélico foram obtidas a partir da diluição de GA3 (Merck) em pó numa gota de etanol a 70%, suficiente para umedecer o pó para cada concentração. Em seguida, foi misturado com água destilada para obter as concentrações 500, 1000, 1500 e 2000 ml L⁻¹.

2.3 Delineamento experimental e condução da cultura

Foram estabelecidos dois experimentos separados entre cultivares, e o delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições. Os tratamentos seguiram o esquema fatorial duplo e mais um adicional 4x5+1, sendo definidas quatro concentrações de ácido giberélico (GA3) e cinco tempos de embebição, além da testemunha, sem tratamento de embebição. Os tempos de embebição nas soluções de GA3 foram definidos em períodos de 12, 24, 36, 48 e 60h. Após a embebição, os bulbilhos foram colocados na bancada, sob papel absorvente, para retirar o excesso de umidade, durante 24 horas, em temperatura ambiente, e foram plantados a seguir.

O plantio foi no mês de maio, um total de 20 bulbilhos em espaçamento de 5cm entre plantas e 8cm entre linhas, em bandeja com capacidade de 16 litros por unidade experimental, cheia de substrato na proporção (3:2:1). A proporção da mistura foi de solo auto clavado, estrume curtido de boi e calcário, respectivamente. Em seguida, foi efetuada uma rega adequada até o fim do ensaio. Foram feitas as avaliações de emergência, crescimento e de produção. A colheita dos bulbos foi 100 dias após o plantio. Após a colheita, foi feita a cura dos bulbos e posterior armazenamento por 70 dias para avaliações.

2.4 Emergência e stand final

Após o plantio, foram realizadas contagens diárias para determinar o Índice de velocidade de emergência (Maguire, 2000). A emergência foi avaliada aos 40 DAP, determinado como (número de plântulas normais por número total de bulbilhos plantados) *100. No momento da colheita, foi feita a contagem das plantas para determinar o stand final.

2.5 Crescimento das plantas

Aos 40, 55 e 70 dias após o plantio (DAP), foram feitas medições em 15 plantas aleatórias por tratamento. As avaliações feitas foram: o diâmetro do pseudocaule, tirado na parte central do pseudocaule com auxílio de paquímetro; a altura da planta no início do pseudocaule até a parte apical da folha; e a altura do pseudocaule, do início do pseudocaule até a inserção da folha, utilizando régua.

2.6 Morfologia de bulbos

Após a colheita, as plantas de alho foram colocadas numa sala para cura, durante 20 dias, e foram registradas as qualidades de aparência do bulbo (RESENDE et al., 2017). Bulbos que apresentavam corte, fungos e chochos foram descartados.

Depois foram utilizados 10 bulbos de cada repetição e selecionados para avaliar o peso médio a partir de balança de precisão: miligrama, altura e diâmetro do bulbo, com uso de parquímetro.

2.7 Análise estatística

A análise estatística foi realizada utilizando-se o programa AgroEstat (Sistema para Análises Estatísticas de Ensaio Agrônomicos), procedendo-se a análise de variância (ANOVA), a 5% de probabilidade. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Liliefors e homogeneidade das variâncias pelo teste de Cochran. As diferenças entre as médias foram obtidas pelo teste de F com $P < 0,05$. Foram utilizadas três réplicas pelo teste F. A regressão foi usada para tratamentos de concentração de GA3 e tempos de imersão em GA3.

3.RESULTADOS

Foram verificados a normalidade e a homogeneidade nos dados avaliados, assim sendo, foi feita a regressão nas concentrações e tempos de embebição de GA3 e comparação de médias.

Observou-se efeito significativo para IVE e E40 na cvs BRS Hozan e IVE no Ito, e não significativo na emergência e stand final de Ito (Tabela 1 e 2). Aos 70 dias após plantio, foi observado, na variedade BRS Hozan, efeito da embebição em relação à testemunha para a morfologia da planta, sendo a altura da planta e do pseudocaule diferenciada durante todo o período de avaliação (Tabela 1 e 2). A altura do bulbo foi a única característica afetada pela embebição, em relação à testemunha, tanto para a cv. Ito e BRS Hozan.

Tabela 1. Análise de variância referente às concentrações e tempo de imersão em solução de GA3 em tratamento pré-plantio de bulbilhos aéreos de alho da cv. BRS Hozan e comparação de médias entre os tratamentos fatoriais em relação à testemunha. Vitória da Conquista - BA, 2022

FV	GL	IVE	E40 (%)	Stand Final (%)	Altura			Alt pseudocaule		Diam pseud.		Bulbo		
					40 (cm)	55 (cm)	70 (cm)	55 (cm)	70 (cm)	55 (mm)	70 (mm)	Diam (mm)	Peso (g)	Alt (mm)
Bloco	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	-	-
Te	4	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	*	**	**
GA3	3	*	**	-	**	**	**	**	-	*	*	**	**	**
Te*GA3	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*
Test.* Fat	1	-	-	-	**	**	**	**	-	-	-	-	-	*
Erro	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-
Total	62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CV (%)	-	27,6	17,8	38,4	23,0	21,2	12,2	31,1	31,9	23,3	18,3	13,2	32,3	9,9
Média Test.		4,8a	55,0a	73,3a	9,7a	12,3a	16,7a	1,4a	5,3a	1,4 ^a	1,8a	11,3a	1,4a	12,3a
Média Fat.		5,9a	59,2a	74,0a	19,3b	22,2b	27,7b	3,3b	7,0a	1,7 ^a	2,3b	12,0a	2,0a	14,4b

FV = Fontes de variação, GL= grau de liberdade, CV= Coeficiente de variação, GA3 = Concentração da Giberelina, Te= Tempo de embebição na solução de GA3, Test =Testemunha, Fat = Fatorial, IVE = Índice de velocidade de emergência, E40DP = emergência aos 40 dias após o plantio, H40,55 e 70DP = altura aos 40,55 e 70 dias após o plantio, HP55 e 70 DP = altura do pseudocaule aos 55 e 70 dias após o plantio, D55 e 70 DP = diâmetro do pseudocaule 55 e 70 dias após o plantio, DB = diâmetro do bulbo e PB = peso do bulbo.

* Letras distintas indicam diferença na linha para comparação entre médias de bulbilhos aéreos sem pré-tratamento de embebição e média do fatorial de períodos de embebição em diferentes concentrações de GA3, pelo teste F, a 5% de erro.

Tabela 2. Análise de variância referente às concentrações e tempo de imersão em solução de GA3 em tratamento pré-plantio de bulbilhos aéreos de alho da cv. Ito e comparação de médias entre os tratamentos fatoriais em relação à testemunha. Vitória da Conquista-BA, 2022

FV	GL	IVE	E40 (%)	Stand Final (%)	Altura			Alt pseudocaule		Diam pseud.		Bulbo		
					40 (cm)	55 (cm)	70 (cm)	55 (cm)	70 (cm)	55 (mm)	70 (mm)	Diam (mm)	Peso (g)	Alt (mm)
Bloco	2	-	-	-	-	-	-	-	*	-	*	-	*	*
Te	4	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	**	**	**
GA3	3	*	-	-	**	*	*	*	-	*	**	-	**	-
Te*GA3	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Test.* Fat	1	-	-	-	**	**	**	**	-	*	**	-	*	-
Erro	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CV (%)	-	30,5	29,4	40,1	24,2	20,3	16,7	31,1	35,5	22,7	22,0	16,0	24,4	11,5
Média Test.		4,8a	55,0a	60,0a	6,9a	8,7a	12,2a	0,93a	1,5a	0,6 ^a	0,9a	7,0a	0,6 ^a	11,5a
Média Fact.		6,1a	69,3a	73,1a	11,5b	14,2b	18,2b	2,1b	2,8b	1,1b	1,4b	8,5a	1,2b	12,9b

FV = Fontes de variação, GL= grau de liberdade, CV= Coeficiente de variação, GA3 = Concentração da Giberelina, Te= Tempo de embebição na solução de GA3, Test =Testemunha, Fat = Fatorial, IVE = Índice de velocidade de emergência, E40DP = emergência aos 40 dias após o plantio, H40,55 e 70DP = altura aos 40,55 e 70 dias após o plantio, HP55 e 70 DP = altura do pseudocaule aos 55 e 70 dias após o plantio, D55 e 70 DP = diâmetro do pseudocaule 55 e 70 dias após o plantio, DB = diâmetro do bulbo e PB = peso do bulbo.

* Letras distintas indicam diferença na linha para comparação entre médias de bulbilhos aéreos sem pré-tratamento de embebição e média do fatorial de períodos de embebição em diferentes concentrações de GA3, pelo teste F, a 5% de erro.

3.1. Índice de velocidade de emergência, emergência e stand final

Não houve efeito no Índice de velocidade de emergência, porcentagem de emergência e stand final entre as concentrações e tempos de embebição de bulbilhos aéreos na solução de GA3, assim como o tratamento testemunha (sem aplicação de GA3) não se diferiu do tratamento com o pré-tratamento com o regulador. Apesar das variáveis de emergência e stand final não terem tido significância estatísticas, verificou-se tendência na resposta do IVE, que se estabilizou até a concentração de 1000 mg L⁻¹ de GA3, a partir da qual diminui com o aumento da concentração no tempo 48 (fig. 1A e B) nas duas cultivares.

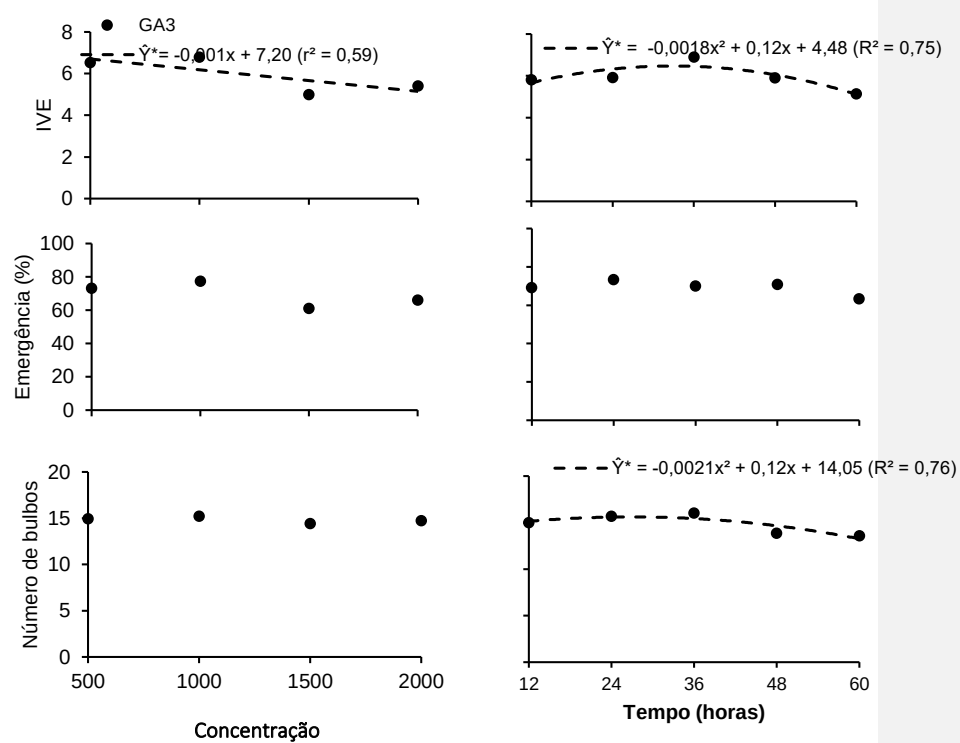


Figura 1A. Efeito da aplicação pre-plantio de (GA3) em bulbilhos aéreos de alho BRS Hozan nas características de emergência e Stand final. *Significativo, pela análise de variância da regressão polinomial, a 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

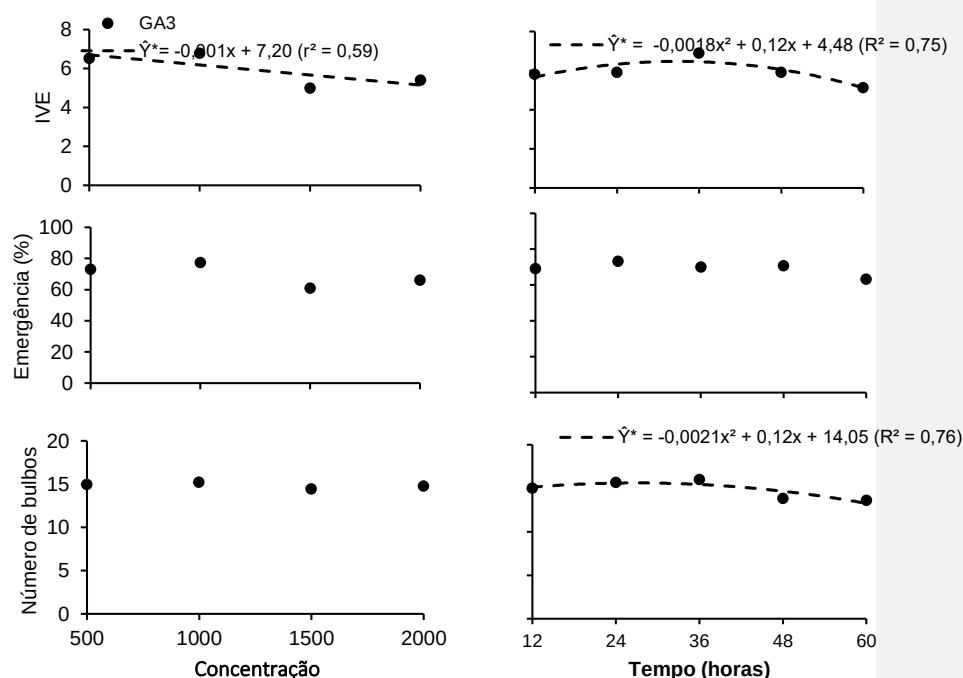


Figura 1B. Efeito da aplicação pré-plantio de (GA3) em bulbilhos aéreos de alho Ito nas características de emergência e Stand final. *Significativo, pela análise de variância da regressão polinomial, a 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

3.2 Características de crescimento da planta e de produção

Para todas as datas de avaliação, bulbilhos submetidos à tratamento pré-plantio com concentrações de GA3 de 500 e 1000 mg L⁻¹ originaram plantas com maior altura em relação às plantas obtidas a partir de bulbilhos sem tratamento com GA3. Na altura das plantas e diâmetro do pseudocaule, o efeito da embebição em GA3 foi manifestado tardiamente; apenas aos 70 DAP, ocorreu maiores valores para as plantas provenientes de bulbilhos tratados em relação aos não embebidos. Entretanto, quando foi analisado o fator concentração, maior altura do pseudocaule foi verificada para plantas obtidas a partir de bulbilhos submetidos à embebição em GA3, quando comparadas àquelas provenientes de bulbilhos sem tratamento. Este efeito foi observado aos 55 DAP, entretanto, não foi mantido na avaliação posterior (70 DAP), na qual ocorreu paralização no crescimento vegetativo das plantas, atribuídas ao aumento na concentração de substâncias promotoras do crescimento endógenas e elevação Figura 2A e B.

O diâmetro do pseudocaule não foi alterado pelo tratamento de embebição com GA3 em nenhuma data de avaliação deste estudo, quando o fator concentração foi analisado; e quando foi analisada a relação entre o diâmetro do pseudocaule e os períodos de embebição, foi definido o

modelo linear decrescente apenas para a avaliação realizada aos 55 DAP (Figura 2A). Entretanto, a cv BRS Hozan apresentou maior altura em relação à cv Ito aos 70DAP (30 e 28cm), respectivamente.

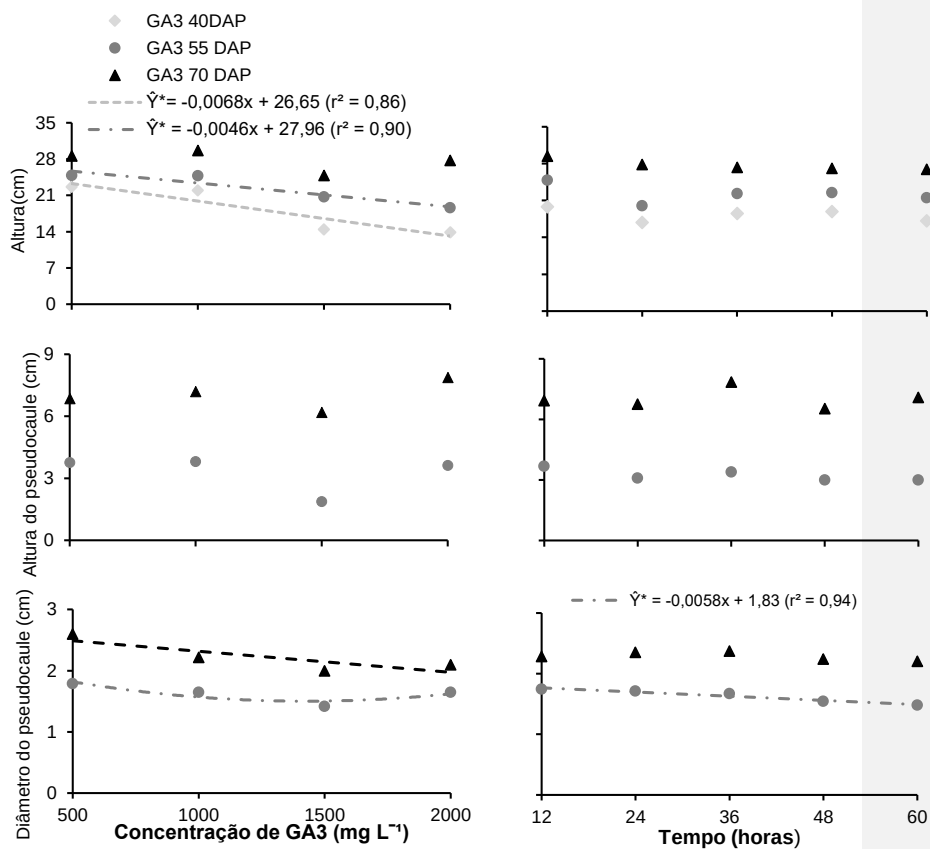


Figura 2A. Efeito da aplicação pré-plantio de (GA3) em bulbilhos aéreos de alho BRS Hozan nas características de crescimento da planta avaliadas aos 40, 55 e 70 dias após plantio (DAP).

*Significativo, pela análise de variância da regressão polinomial, a 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

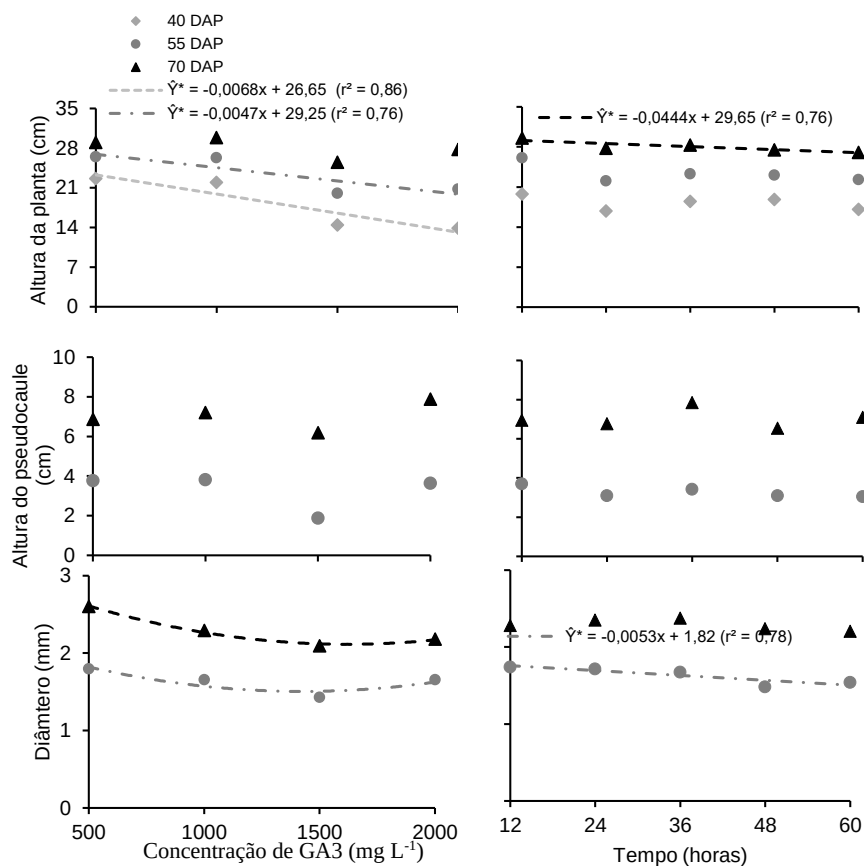


Figura 2B. Efeito da aplicação pré-plantio de (GA3) em bulbilhos aéreos de alho cv Ito nas características de crescimento da planta, avaliadas aos 40, 55 e 70 dias após plantio (DAP).

*Significativo, pela análise de variância da regressão polinomial, a 5% de probabilidade de erro, pelo teste F

Quando os tratamentos de embebição foram analisados, verificou-se que as concentrações de GA3 afetou a morfologia das plantas de alho cv. BRS Hozan, com exceção da altura do pseudocaul aos 70 DAP. O fator tempo de embebição foi verificado apenas para as características do bulbo (Tabela 1B e B). A interação entre os fatores analisados ocorreu apenas para a altura de bulbo.

Os tratamentos de embebição em GA3 alteraram a morfologia do bulbo de alho, caracterizado pelo aumento vertical, observado para as concentrações de 500 e 1000 mg L⁻¹, em período de 12h em relação à testemunha sem tratamento.

Os tratamentos pré-plantio dos bulbilhos em concentrações de GA3 de 500-1500 mg L⁻¹ induziram a elevação de peso de bulbos, em relação à testemunha não tratada (Figura 3A e B).

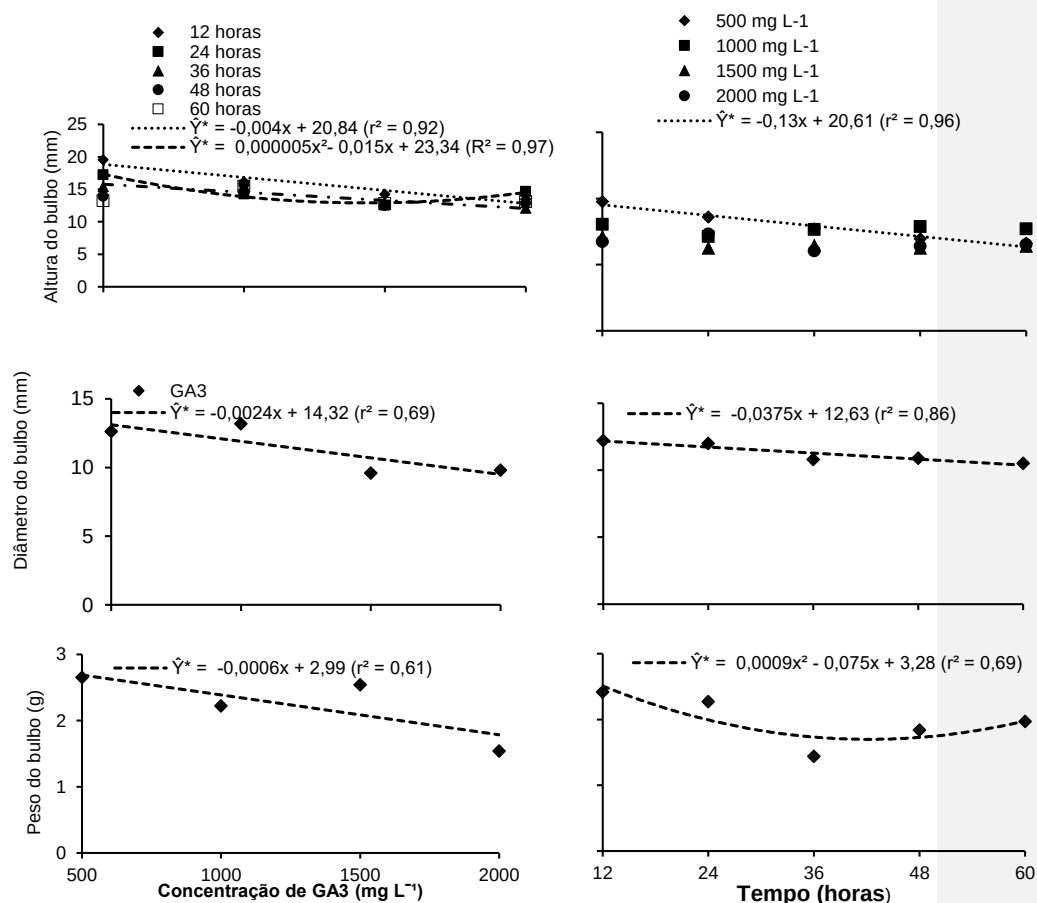


Figura 3A. Morfologia e peso de bulbo de alho BRS Hozan produzido a partir de bulbilhos aéreos submetidos a pré-tratamentos com GA3, avaliada após cura.

*Significativo, pela análise de variância da regressão polinomial, a 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

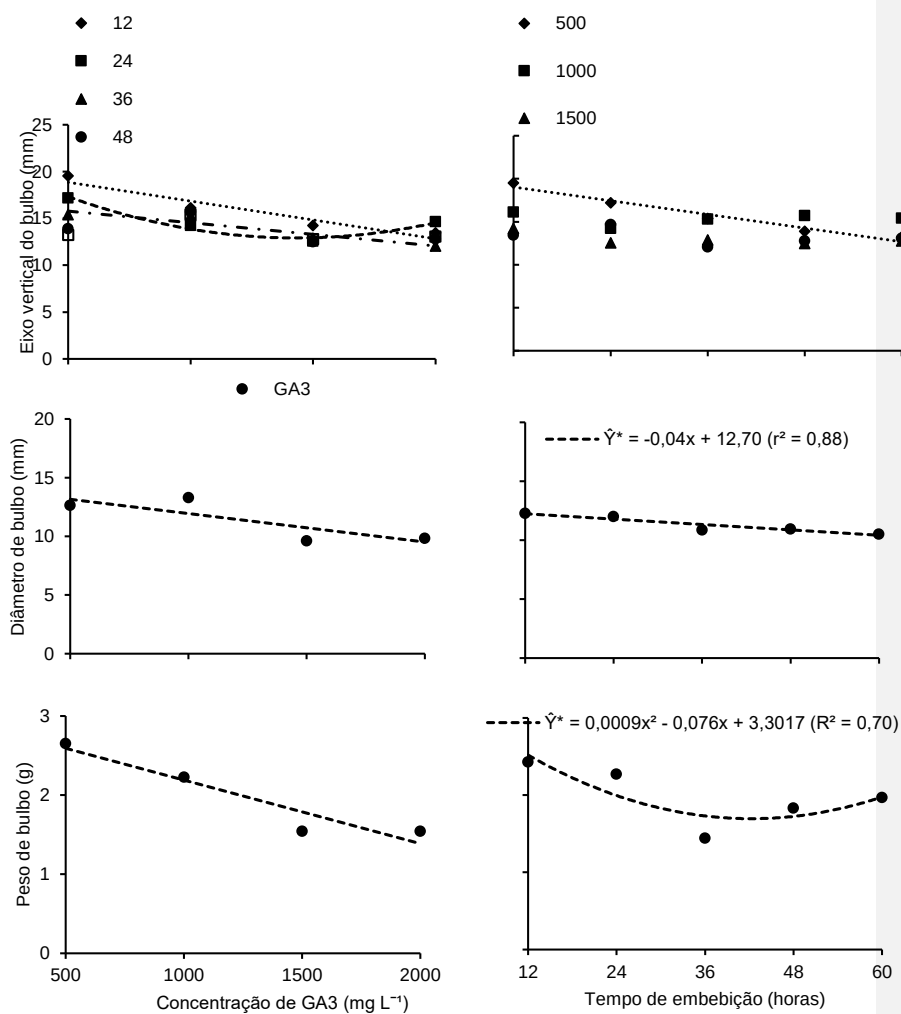


Figura 3B. Efeito da aplicação pré-plantio de (GA3) em bulbilhos aéreos de alho cv Ito nas características de crescimento da planta, avaliadas aos 40, 55 e 70 dias após plantio (DAP).
 *Significativo, pela análise de variância da regressão polinomial, a 5% de probabilidade de erro, pelo teste F

Tratamento de bulbilhos-semente com embebição em solução de GA3, com 2000 mg L⁻¹, não diferiu da testemunha. Para a relação entre a morfologia e peso do bulbo em função das concentrações de GA3 e do tempo de embebição foram definidos modelos de decréscimos de valores (Tabela 3 e 4). Quando feita a análise do efeito da aplicação de GA3 em diferentes concentrações e tempos de embebição, foi constatado que a cv Ito foi a que não mostrou diferença entre os tratamentos em relação à testemunha sem aplicação, tendo sido evidenciada que, na maioria das variáveis analisadas, esta cultivar demonstrou menor desempenho que a testemunha (Tabela 4).

Tabela 3. Efeito positivo (+), negativo (-) e semelhante ($\cong$), em relação à testemunha, dos tratamentos de aplicação de concentrações de GA3 e tempos de embebição na solução, na emergência, crescimento e morfologia de bulbo provenientes de bulbilhos aéreos de alho (tab.4 Brs Hozan)

Tratamentos	IVE	E40	Stand Final	Altura			Alt pseudocaule		Diam pseud.		Bulbo		
	(%)	(%)	(%)	40 (cm)	55 (cm)	70 (cm)	55 (cm)	70 (cm)	55 (mm)	70 (mm)	Diam (mm)	Peso (g)	Alt (mm)
Concentração de GA3													
500	=	=	=	=	=	.	.	.	.	=	=	.	.
1000	=	=	=	=	=	.	.	.	.	=	=	.	.
1500	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
2000	=	=	=	=	=	=	.	.	=	=	=	=	=
Tempo de embebição na solução de GA3 (h)													
12	=	=	=	=	.	.	=	=	=	=	=	.	.
24	=	=	=	=	=	.	=	=	=	=	=	.	.
36	=	=	=	=	=	.	.	=	=	=	=	=	.
48	=	=	=	=	=	.	=	=	=	=	=	=	=
60	=	=	=	=	=	.	=	=	=	=	=	=	=

Tabela 4. Efeito positivo (+), negativo (-) e semelhante ($\cong$), em relação à testemunha, dos tratamentos de aplicação de concentrações de GA3 e tempos de embebição na solução, na emergência, crescimento e morfologia de bulbo provenientes de bulbilhos aéreos de alho (tab.4 cv Ito)

Tratamentos	IVE	E40	Stand	Altura			Alt pseudocaule		Diam pseud.			Bulbo	
			Final	40	55	70	55	70	55	70	Diam	Peso	Alt
	(%)	(%)	(%)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(mm)	(mm)	(mm)	(g)	(mm)
Concentração de GA3													
500	=	=	=	.	.	=	.	=	=	=	=	.	.
1000	=	=	=	.	.	=	.	=	=	=	=	.	.
1500	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	.	=
2000	=	=	=	=	=	=	.	=	=	=	=	=	=
Tempo de embebição na solução de GA3 (h)													
12	=	=	=	.	=	=	.	=	=	.	=	=	.
24	=	=	=	.	=	=	.	=	=	.	=	=	.
36	=	=	=	.	=	=	.	=	=	.	=	=	.
48	=	=	=	.	=	=	.	=	=	=	=	=	=
60	=	=	=	.	=	=	.	=	=	.	=	=	=

IVE = Índice de velocidade de emergência E40 = Emergência aos 40 dias após o plantio

4.DISSCUSSÃO

Aumentos no crescimento vegetativo das plantas são respostas típicas de plantas tratadas com GA3. As giberelinas desempenham papel importante nos processos relacionados ao crescimento e desenvolvimento das plantas. Elas atuam na indução da expansão celular, promovida através da sinalização química, capaz de aumentar a atividade da enzima xiloglucano endotransglicosilase. Esta enzima quebra a ligação hemicelulose-celulose e reduz a interação entre estes polissacarídeos. Posteriormente entra em ação as expansivas, que afrouxam a parede celular e afastam as microfibras de celulose, ocorrendo a expansão celular (TAIZ e ZAIGER, 2017; TANIGUCHI et al., 2018). No entanto, esse processo é inibido, quando o GA3 se encontra em concentrações mais elevadas (AMARO et al., 2017). Devido a isso, respostas quadráticas referentes ao crescimento vegetativo normalmente são encontradas, quando se trabalham com doses de giberelina.

Houve influência de GA3 no crescimento do alho aos 70 dias de cultivo, momento em que foi feita a última análise de crescimento. O GA3, em todas as concentrações, promoveu um aumento na altura de plantas aos 70DAP. No entanto, os melhores resultados foram obtidos a partir da aplicação das menores concentrações de giberelina (500 mg L⁻¹ e 1000 mg L⁻¹), ambos diferindo-se dos demais tratamentos cujas as concentrações do fito regulador foram de 1500 mg L⁻¹ e 2000 mg L⁻¹ (Figuras 2 e 5).

A imersão de bulbilhos aéreos na solução de GA3, embebidos nos diferentes tempos, promoveu maior crescimento da planta e aumento do peso do bulbo, quando comparado com a

testemunha sem aplicação de GA3. Este foi mais acentuado, quando os bulbilhos foram embebidos durante 12 e 24h, concentração de 0,5 ml de GA3. À medida que foi se aumentando a concentração de GA3 e o tempo de embebição, estas características tenderam a diminuir, isto é, foi verificado efeito negativo nas duas variedades com o aumento da concentração de GA3 (Figura 3 e 6).

Em estudos anteriores, foi relatado que a aplicação de GA3 em bulbilhos de alho pode aumentar a produtividade do alho (LIU et al., 2019a). A resposta às alterações do teor de giberelina diferem não só entre as espécies nas suas respostas a este regulador, mas também diferentes cultivares e partes distintas das plantas de uma única espécie também têm uma sensibilidade diferente ao regulador GA3 (YAMAZAKI et al., 2015). Para as cultivares BRS Hozan e Ito, embora tenham diferencial em exigência térmica para bulbificação e diferenciação, a exposição ao tratamento pré-plantio de bulbilhos aéreos à solução aquosa de GA3, durante 12 a 24 horas, foi efetiva em elevar o peso dos bulbos.

Neste estudo, a imersão de bulbilhos aéreos de alho em GA3 mostrou um efeito negativo no peso e volume dos bulbos (Figura 3), quando a concentração de GA3 foi aumentada, resultados semelhantes ao nosso estudo anterior (LIU et al. 2019a). É proposto que o efeito dos dentes de bulbilhos aéreos embebidos em solução de GA3, no desenvolvimento dos bulbos, deve ser avaliado em diferentes condições de cultivo, para ajudar na indução de crescimento de gemas laterais, elevando o rendimento dos bulbilhos aéreos de alho a partir da embebição dos bulbilhos aéreos utilizados para propagação em solução de GA3.

5.CONCLUSÃO

- A imersão de bulbilhos aéreos de alho na solução de giberelinas GA3 não alterou a morfologia das plantas, na fase inicial de crescimento nas duas cultivares;
- Tratamentos pré-plantio de bulbilhos aéreos, com concentrações de 500 a 1000 mg L⁻¹ de GA3, por 12 e 24 horas, foram mais efetivas no aumento significativo da taxa de incidência de plantas secundárias "pseudoperfilhamento", no número de dentes por bulbo e na massa do bulbo, proporcionando melhor rendimento, independentemente da cultivar.

6.AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos que colaboraram durante a execução do experimento.

À EMBRAPA-Hortaliças, por ceder as cultivares de alho e pela colaboração científica durante a elaboração e condução da pesquisa. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), à PROAP/CAPES e AUXPPG/UESB, pelo financiamento da pesquisa, pelo apoio financeiro, técnico e em infraestruturas.

7.DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflito de interesses. Os patrocinadores fundadores não tiveram nenhum papel no desenho do estudo; na coleta, análise ou interpretação dos dados; na redação do manuscrito e na decisão de publicar os resultados.

8.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alexopoulos, A, Karapanos,I, Akoumianakis, K, Passam,H C. 2017. Effect of gibberellic acid on the growth rate and physiological age of tubers cultivated from true potato seed. J. Plant Growth Regul., 36, 1–10.

ANAPA. <https://anapa.com.br/cultura-do-alho-abre-oportunidades-para-produtores-no-ceara/>. Acesso em 10 de julho de 2023.

Claeys, H, de Bodt, S, Inzé D. 2014. Gibberellins and DELLAs: Central nodes in growth regulatory networks. Trends Plant Sci., 19, 231–239. *roliferatum* in aerial garlic bulbils is strongly reduced compared to rates in seed cloves when both originate from infected bulbs. Crop Protection, 116, 43-48.

Conab,https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-alho/item/download/39394_b12cfc3ca91484f73.

Dong, Y., Guan, M., Wang, L., Yuan, L., Sun, X., Liu, S. 2019. Transcriptome analysis of low-temperature-induced breaking of garlic aerial bulb dormancy. International Journal of Genomics, 2019. 9140572 Doi: 10.1155/2019/9140572.

Dong, Y., Fang, H., Hou, Y. *et al.* 2022. Transcriptome analysis reveals differential gene expression in garlic aerial bulbs in response to gibberellin application. Journal of Plant Growth Regulation, 41, 2967–2979. Doi: 10.1007/s00344-021-10488-y

Dugan, F. M., Lupien, S. L., Hellier, B. C. 2019. Infection by *Fusarium proliferatum* in aerial garlic bulbils is strongly reduced compared to rates in seed cloves when both originate from infected bulbs. Crop Protection, 116, 43-48.

Garg, R, Patel, R.K., Tyagi, A.K., Jain, M. 2011. De novo assembly of chickpea transcriptome using short reads for gene discovery and marker identification. DNA Research, 18, 53–63.

IBGE. <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>. Acesso em 10 de julho de 2023.

Liu H, Deng R, Huang C, Cheng Z, Meng H. 2019. Exogenous gibberellins alter morphology and nutritional traits of garlic (*Allium sativum* L.) bulb. *Scientia Horticulturae*, 246, 298–306. Doi: 10.1016/j.scienta.2018.11.003.

Liu, H. J., Huang, C. P., Tong, P. J., Xue, Y. A. N. G., Cui, M. M., Cheng, Z. H., 2020. Response of axillary bud development in garlic (*Allium sativum* L.) to seed cloves soaked in gibberellic acid (GA3) solution. *J. Integr Agric.*, 19, 1044-1054. Doi: 10.1016/S2095-3119(20)63156-2.

Luz, J. M. Q., de Azevedo, B. N. R., Silva, S. M., de Oliveira, C. I. G., de Oliveira, T. G., de Oliveira, R. C., Castoldi, R. 2022. Productivity and quality of garlic produced using below-zero temperatures when treating seed cloves. *Horticulturae*, 8, 96.

Marcos Filho, J. et al. Avaliação da qualidade de sementes, 1987. Piracicaba: FEALQ, p.230.

Maguire, J. D., 2000. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2, 176-177.

Mathew, D., Ahmed, Z. and Singh, N. 2005. Formulation of flowering index, morphological relationship and yield prediction system in true garlic aerial seed bulbil production. *HortScience*, 40, 2036-2039.

Resende, F. V., Nassur, R. R. C. M., Haber, L. L. A. Cultivares recomendados. In: Nick, C., Borém, (org.). Alho: do plantio à colheita. Viçosa: EDUFV, 2017. p. 68-73. Resende, F. V., Dusi, A. N., Melo, W. F.

Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I., Murphy, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

Yamazaki H, Shiraiwa N, Itai A, Honda I. 2015. Involvement of gibberellins in the regulation of tillering in Welsh onion (*Allium fistulosum* L.). *Hort. J.*, 84, 334-41. Doi:10.2503/hortj.MI-050.

Wakchaure, G.C., Minhas, P.S., Meena, K.K., Singh, N.P., Hegade, P.M., Sorty, A.M., 2018. Growth, bulb yield, water productivity and quality of onion (*Allium cepa* L.) as affected by deficit irrigation regimes and exogenous application of plant bio-regulators. *Agriculture and Water Management*, 199, 1-10. Doi: 10.1016/j.agwat.2017.11.026.

ARTIGO II
GIBERELINA NA GERMINAÇÃO E CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS
PROVENIENTES DE BULBILHOS AÉREOS DE CULTIVARES DE ALHO*

* Não submetido

**INFLUÊNCIA DO ÁCIDO GIBERÉLICO E DE DIFERENTES
CONCENTRAÇÕES NA GERMINAÇÃO E CARACTERÍSTICAS
MORFOLÓGICAS PROVENIENTES DE BULBILHOS AÉREOS DE
CULTIVARES DE ALHO**

Elizeth Regina Raisse ¹, Sylvana Naomi Matsumoto ¹, Anselmo Eloy Viana ¹, Veruza
Prates ¹, Francisco Vilela Resende ²

¹ Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Estrada do Bem Querer, Km 04, 45031-900, Vitória da Conquista, BA, Brasil.

² Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Rodovia 060 BR Km 9, Samambaia Norte 70351-970, Brasília, DF, Brasil.

Correspondente: Elizeth Regina Raisse. Email: elizethreginar@yahoo.com.br

RESUMO

O objetivo deste estudo foi verificar se a *priming* com soluções aquosas com diferentes concentrações de giberelina (GA3) em bulbilhos aéreos de alho frigorificado afeta a superação de dormência e a diferenciação de bulbos. O ensaio foi instalado em casa de vegetação, durante o período de maio a setembro de 2022. Foram usados bulbilhos aéreos das cultivares Chonan e Quitéria, provenientes de campos de produção de alho comercial, referentes ao ciclo de cultivo de 2021. Os bulbilhos aéreos foram previamente submetidos à frigorificação, em temperatura constante de 5°C, durante 80 dias antes da data de plantio, foram colocados em *priming* durante 24 horas, em soluções de ácido giberélico (GA3) nas concentrações de 0, 500, 1000, 1500 e 2000 mg L⁻¹. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x5 (duas cultivares, Chonan e Quitéria e soluções constituídas por cinco concentrações de GA3), mais dois tratamentos adicionais, definidos pelas cultivares Chonan e Quitéria sem *priming* pré-plantio, com quatro repetições. A parcela experimental foi constituída por uma bandeja plástica preta, mantida em bancadas situadas a 1,10 da superfície do solo. O índice visual de dormência (IVD) dos bulbilhos aéreos foram registrados no início da frigorificação e no momento dos tratamentos de *priming*. Foram avaliadas características de emergência, morfologia das plantas durante o ciclo e dos bulbos produzidos ao final do ensaio. O número de bulbilhos por bulbo e a porcentagem de bulbos diferenciados da cultivar Chonan foi maior em comparação à cv. Quitéria. Foi verificado que, na ausência da *priming*, não ocorre diferenças entre as cvs. Chonan e Quitéria para todas as características dos bulbos. Concentrações de GA3 utilizadas na *priming* dos bulbilhos aéreos foi um fator que afetou a maioria das características de bulbos, da morfologia e emergência das plantas. A porcentagem de bulbos superbrotados foi afetada por todos os fatores em análise e a massa de bulbilhos não foi afetado por nenhum fator em estudo. Menor número de bulbos ocorreu para a cv Chonan, entretanto, devido ao maior peso dos bulbos, a produção total foi superior à cv. Quitéria.

Palavras-chave: Bulbilhos aéreos de alho. Concentrações de giberelina. Germinação. Crescimento de plantas.

Abstract

The aim of this study was to see whether priming with aqueous solutions containing different concentrations of gibberellin (GA3) in aerial bulbs of chilled garlic affects the overcoming of dormancy and bulb differentiation. The trial was set up in a greenhouse from May to September 2022. Aerial bulbs of the cultivars Chonan and Quitéria from commercial garlic production fields were used, referring to the 2021 crop cycle. The aerial bulbils were previously refrigerated at a constant temperature of 5°C for 80 days before planting and primed for 24 hours in solutions of gibberellic acid (GA3) at concentrations of 0, 500, 1000, 1500 and 2000 mg L⁻¹. The experimental design used was entirely randomized, in a 2x5 factorial scheme (two cultivars, Chonan and Quitéria and solutions made up of five concentrations of GA3) plus two additional treatments, defined by the cultivars Chonan and Quitéria without pre-plant priming, with four replications. The experimental plot consisted of a black plastic tray, kept on benches at 1.10 meters above the soil surface. The visual dormancy index (VDI) of the aerial bulbs was recorded at the start of frost and at the time of the priming treatments. The visual dormancy index (VDI) of the aerial bulbils was recorded at the start of chilling and at the time of the priming treatments. The characteristics of emergence and plant morphology during the cycle and of the bulbs produced at the end of the trial were assessed. The number of bulbs per bulb and the percentage of differentiated bulbs in the Chonan cultivar were higher than in the Quitéria cultivar. It was found that in the absence of priming, there were no differences between cvs. Chonan and Quitéria for all bulb characteristics. The concentrations of GA3 used in priming the aerial bulbs was a factor that affected most of the bulb characteristics, morphology and plant emergence. The percentage of overgrown bulbs was affected by all the factors under analysis and the mass of bulbs was not affected by any factor under study. The number of bulbs was lower for the Chonan variety, however, due to the greater weight of the bulbs, total production was higher than for the Quitéria variety.

Keywords: Aerial garlic bulbs. Gibberellin concentrations. Germination. Plant growth.

1. INTRODUÇÃO

No cultivo tradicional, a propagação do alho é realizada vegetativamente, através dos bulbilhos-semente subterrâneos, sendo considerado um importante gargalo da cadeia produtiva. Devido à propagação ser realizada exclusivamente por meio de órgãos vegetativos, a elevação da densidade de partículas virais, de micoplasmas e de patógenos do solo (Dungan et al., 2019) pode reduzir a produção em até 50% e em 40% o número de bulbilhos (Celli et al., 2015). Dessa forma, a limpeza clonal é imperativa, elevando o custo de produção, devido aos bulbilhos-semente representarem 33% a 60% dos investimentos para o cultivo do alho (Sopha et al., 2024). Técnicas de cultura de meristemas, termoterapia e quimioterapia têm sido aplicadas na limpeza clonal, mitigando os problemas acima referidos e permitindo o desenvolvimento de plantas de alho isentas de vírus (Benke et al., 2023).

A utilização de bulbilhos aéreos de alho tem sido considerada uma estratégia interessante para a propagação, devido à elevada taxa de propagação, estabilidade genética, crescimento rápido e pela baixa carga viral.

Devido ao seu tamanho reduzido, para a produção de alho-semente a partir de bulbilhos aéreos, há necessidade de um ou dois ciclos além do inicial para que se atinja o volume e o peso adequado para a propagação tradicional (Mhazo et al., 2014). Dois fatores devem ser adequados para que os bulbilhos aéreos possam ser integrados à cadeia produtiva do alho, como material de propagação vegetativa: a superação da dormência e a diferenciação de bulbilhos.

O emprego de frigorificação é uma técnica comum no cultivo comercial de bulbos de alhos nobres, que tem como objetivo a superação de dormência dos bulbilhos e o suprimento de fatores termofotoperiódicos com o objetivo de otimizar a produção. Quando se utiliza os bulbilhos aéreos para propagação, somente a frigorificação não é suficiente para um ciclo de produção adequado. A aplicação de *primings* com reguladores vegetais, principalmente as giberelinas aos bulbilhos de alho em condição pré-plantio, resulta em aumento da emergência e vigor vegetativo inicial, do desenvolvimento de gemas laterais e eleva a sensibilidade ao superbrotamento (Sulastiningsih et al., 2020).

As estratégias da submissão às baixas temperaturas e *priming* em soluções de reguladores vegetais estão relacionadas à elevação dos níveis de giberelinas, auxinas e citocininas e redução de ácido abscísico (Liu et al., 2020).

Aspectos da superação de dormência, diferenciação de bulbilhos e bulbificação estão diretamente relacionadas à elevação dos níveis de giberelinas nas plantas de alho que, em condição de campo, são induzidas por temperaturas baixas e maior fotoperíodo.

Em bulbilhos aéreos de alho, a superação de dormência resultante da frigidificação foi associada à expressão diferenciada de genes relacionados à sinalização por cálcio, sinalização hormonal e fatores de transcrição, resultando na redução dos níveis de ácido abscísico e elevação de giberelinas (Dong et al., 2019).

Este estudo teve o objetivo de avaliar se a associação de frigidificação com *priming* de bulbilhos aéreos, em soluções aquosas de ácido giberélico (GA3) em pré-plantio, pode modular a diferenciação e maximizar a relação bulbilho/bulbo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. LOCAL DA EXPERIÊNCIA E MATERIAIS VEGETAIS

O estudo foi desenvolvido no período de junho a outubro de 2022, em casa de vegetação localizada no campo experimental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* de Vitória da Conquista – BA, localizado a 14°51' de Latitude Sul e 40°50' de Longitude Oeste, em altitude média de 941 metros e que pode chegar a mais de 1.100 metros nos bairros mais altos. A cidade tem invernos mais rigorosos e temperaturas mais amenas do que o restante do estado, cuja temperatura mínima pode chegar a menos de 10°C (INMET, 2023).

O material de propagação utilizado foram bulbilhos aéreos das cultivares de alho Chonan e Quitéria, adquiridos por meio da Embrapa Hortaliças. Testes de campo foram realizados de setembro de 2016 a junho de 2017, sob um túnel de plástico na Estação Experimental de Horticultura (34°16'N, 108°04'E), Universidade Northwest A&F, Província de Shaanxi, China. Essa região tem um clima temperado de monções, no qual a temperatura média anual é de 12-14 °C.

Antes do plantio, os bulbilhos aéreos estavam com o índice visual de dormência IVD de 34% para Quitéria e 29% para Chonan. Estas passaram 85 dias de frigidificação em câmara fria, em temperatura variando de 3 a 5 °C, para ultrapassar a dormência. Após esse período, foi novamente determinado o IVD, quando foram constatados os valores de 90% para Quitéria e 97% para Chonan.

Em seguida, selecionou-se cem bulbilhos de cada cultivar, para cada tratamento, permanecendo durante 24 horas em imersão, em água destilada e em soluções de diferentes concentrações de giberelina-GA3 ProGibb 400 (500 ppm, 1000 ppm, 1500 ppm e 2000 ppm) e tratamento testemunha (0ppm) com imersão em água.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) em um fatorial duplo, com adicional 2x5+2 (duas cultivares, cinco concentrações de GA3 e duas testemunhas) e 4 repetições, totalizando 48 parcelas.

Para a preparação do substrato, utilizou-se 200 litros de solo franco argiloso arenoso autoclavado, como processo de desinfecção, para prevenir pragas/doenças, retirado a 40cm do subsolo. De acordo com a análise química do solo, a saturação foi elevada de 40% para 65% através da aplicação de 200g calcário dolomítico tipo Filler, e 40 litros de esterco bovino bem curtido e substrato comercial da casca de pinus vivant foram utilizados como fonte de matéria orgânica.

Após as 24 horas, os bulbilhos foram plantados nas bandejas de polietileno, com as dimensões de 47,5 cm de comprimento, 28 cm de largura e 16 cm de altura, utilizando-se 12.880 cm³ de substrato em cada bandeja. Foram semeados 20 bulbilhos em espaçamento de 5 cm entre plantas e 7 cm entre linhas e profundidade de 10 mm.

Decorrente das condições propícias para determinados fitopatógenos importantes para a cultura, foram efetuadas duas pulverizações preventivas, utilizando-se o fungicida amistar, na dose (p.c) de 300ml, diluído em 400 litros de água/ha com intervalo de 7 dias. Nas bandejas, seguem as adubações de cobertura, de acordo com as recomendações da cultura, segundo Correa et al. (2003), tendo sido aplicada 5g da proporção 3:1 de supersimples + NPK 4-14-8, e a adubação realizada 20 dias após a emergência.

As irrigações foram feitas seguindo a evapotranspiração e o coeficiente da cultura, mantendo as bandejas em sua capacidade de campo. As plantas foram mantidas em restrição hídrica, na fase de diferenciação, e a rega foi reduzida próximo à colheita, quando as plantas apresentavam duas folhas secas e o pseudocaule caído.

A análise do índice de velocidade de emergência (IVE) iniciou-se um dia após o plantio, e as contagens ocorreram diariamente no mesmo horário, considerando o número de plântulas que apresentaram cotilédones visíveis. O IVE foi calculado após a estagnação da emergência, que se deu no décimo oitavo dia após o plantio. Para determinação, seguiu-se a metodologia proposta por Maguire (1962). O Tempo médio de emergência, segundo Labouriau (1983) e a porcentagem de germinação (%G) aos 7 dias e aos 30 dias após o plantio (DAP).

Para as análises morfofisiológicas, utilizou-se cinco plantas de cada parcela, efetuando-se análises aos 45 dias após o plantio do diâmetro do pseudocaule, altura da base até a última folha e Índice SPAD, e aos 85 DAP, foram avaliados o diâmetro do

pseudocaule, altura da base até a última folha número de folhas totais por planta e o percentual do superbrotamento.

A colheita foi efetuada aos 130 DAP, contabilizando-se o stand final. Quinze dias após a colheita, observando se os bulbos já estavam secos, deu-se início às análises morfológicas dos bulbos, utilizando cinco por parcela.

Avaliou-se altura do bulbo, diâmetro do bulbo, considerando o diâmetro total juntamente com os bulbos secundários observados nos bulbos superbrotados, massa individual de cada bulbo sem que fosse retirado os bulbilhos ou bulbos secundários.

Depois foi efetuada a média em função do número de bulbos por parcela, através da contagem de cada bulbo com a inclusão de bulbos secundários, calculando-se, assim, a média de bulbos em cada parcela.

Na sequência, efetuou-se o descasque dos bulbos, para a verificação da quantidade de bulbilhos por bulbos, peso de bulbilhos e percentual de diferenciação. As análises de variâncias foram submetidas ao teste F a 1% e 5% de probabilidade. Fez-se, ainda, a análise de regressão e a comparação entre médias foi através do teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos AgroEstat, versão 2014.

3. RESULTADOS

3.1. Características dos bulbos produzidos

O fator cultivar foi significativo para peso individual, porcentagem de diferenciação e o número de bulbilhos por bulbo. Para a análise de variância, quando se analisou a interação entre os fatores cultivar e concentrações de GA3, foram verificadas as características morfológicas do bulbo, como o diâmetro, altura e massa total. A porcentagem de bulbos com superbrotamento foi afetada tanto pelos fatores individuais como pela interação entre cultivares e concentrações de GA3 (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância das cultivares de alho nobre Chonan e Quitéria que tiveram seus bulbilhos aéreos submetidos a diferentes concentrações do GA3, para Diâmetro do bulbo (DIA), Altura do bulbo (ALT), Massa do bulbo, n° de bulbo por planta, percentual de superbrotamento (SB). Vitória da Conquista/BA, UESB (2022)

FV	GL	BULBO (B)								Bulbilho		
		DIA Mm	ALT Mm	Massa total	Peso ind	N° total	N° pl ⁻¹	Dif (%)	SB (%)	N° bulbil bul ⁻¹	Bulb viável (%)	Peso dif (g)
Ct	1	**	NS	NS	*	NS	**	*	**	**	NS	NS
GA	4	NS	**	**	NS	**	**	**	**	NS	**	NS
CxGA	4	**	*	**	NS	NS	*	NS	*	NS	NS	NS
AdxFat	1	**	NS	**	NS	*	**	**	**	NS	*	*
AdxAd	1	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Res	36	3,2	1	35,5	0,44	123	0,1	229,5	0,19	4,49	80,3	0,015
CV(%)		9,61	6,4	23,7	41,23	22,0	18,6	19,9	18,6	43,3	10,48	32,5

*e ** significativo a nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

Quando as características de bulbos e bulbilhos foram analisadas, verificou-se tendência de superioridade de valores para bulbilhos aéreos submetidos à *priming* pré-plantio em relação àqueles sem *priming*. Entretanto, para a porcentagem de bulbilhos viáveis, foi verificado maior valor para os tratamentos sem *priming*. Na comparação entre as cultivares sem *priming* dos bulbilhos aéreos, a superioridade da cv. Chonan em relação à Quitéria foi verificada apenas para a massa total de bulbos, ocorrendo igualdade entre as cultivares para as características de bulbilhos produzidos, para tratamento pré-plantio dos bulbilhos aéreos sem e com *priming*. A *priming* condicionou a acentuação de diferenças de características de bulbos entre as cultivares Chonan e Quitéria, caracterizando tendência de maiores valores para a cv. Chonan (Tabela 2).

Tabela 2. Características de bulbos de cultivares de alho nobre Chonan e Quitéria,

propagadas por meio de bulbilhos aéreos submetidos à frigorificação e *priming* com solução aquosa e diferentes concentrações de ácido giberélico (GA3). Vitória da Conquista/BA, UESB (2022)

Característica	<i>Priming</i>		<i>Sem priming</i>		<i>Com priming</i>	
	Sem	Com	Chonan	Quitéria	Chonan	Quitéria
BULBO						
Nº bulbil bul ⁻¹	3,7 a	3,9 a	4,39 a	3,01 a	4,76 a	2,90 b
Diâmetro (mm)	16,5 b	19,1 a	16,8 a	16,3 a	21,0 a	17,1 b
Altura (mm)	17,0 a	16,0 a	17,0 a	16,0 a	-	-
Peso ind (g)	1,61 a	1,60 a	1,94 a	1,3 a	1,9 a	1,3 b
Massa total (g)	20,2 b	24,8 a	23,1 a	17,3 b	-	-
Nº total	8,5 b	10,5 a	8,75 a	7,75 a	10,7 a	10,2 a
Nºbulbo pl ⁻¹	1,0 b	2,1 a	1,0 a	1,0 a	-	-
Bulbo dif (%)	35,9 b	84,4 a	45,1a	26,7 a	90,0 a	78,8 b
Bulbo SB (%)	0,00 b	61,0 a	0,0 a	0,0 a	-	-
BULBILHO						
Bulbilhosadio(%)	91,34 a	84,24 b	93,0 a	89,68 a	86,41 a	82,09 a
Peso bulbil (g)	0,280 b	0,399 a	0,294 a	0,265 a	0,405 a	0,392 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

No desdobramento da interação, houve tendência de maiores valores das características de bulbos e bulbilhos para a cultivar Chonan em relação à Quitéria, para os tratamentos com *priming*, principalmente para a porcentagem de superbrotamento. Bulbilhos aéreos embebidos apenas em água proporcionaram menor diâmetro de bulbos e porcentagem de superbrotamento na cultivar Quitéria em relação à Chonan. As demais comparações entre as cultivares dos desdobramentos foram caracterizadas por igualdade de valores (Tabela 3).

A cv. Chonan foi mais responsiva em relação à Quitéria em todas as características que demonstraram interação entre os fatores na menor concentração utilizada neste estudo (500ppm), com exceção na porcentagem de superbrotamento, em que ocorreu igualdade entre as cultivares. A superioridade das características, na concentração de (500ppm), foi maior, quando comparada com as demais concentrações (0,1000,1500 e 2000ppm). Foi encontrado aumento no diâmetro e na massa total dos bulbos na maior concentração utilizada neste estudo (2000ppm) da cv. Chonan, sendo superiores à Quitéria. A ocorrência de superbrotamento na cv. Chonan foi superior à Quitéria em todas as concentrações de GA3 analisadas (Tabela 3).

Tabela 3. Desdobramento das características relativas ao diâmetro (DIA), altura (DIA), massa total, número total de bulbos, número de bulbos por planta e porcentagem de bulbos superbrotados (SB) de cultivares de alho nobre Chonan e Quitéria, propagadas por meio de bulbilhos aéreos submetidos à frigidificação e *priming* com solução aquosa e, diferentes concentrações de ácido giberélico (GA3). Vitória da Conquista/BA, UESB (2022)

	BULBO				
	DIA (mm)	ALT (mm)	MASSA TOTAL (g)	Nº bulbo /planta	SB (%)
0 ppm					
Chonan	20,5 a	17,9 a	45,04 a	1,2 a	12,6 a
Quitéria	17,2b	16,6 a	37,12 a	1,1 a	5,3 b
500 ppm					
Chonan	24,9 a	17,0a	31,15 a	2,3 a	75,9 a
Quitéria	16,6b	15,2b	17,64 b	1,8 a	59,8 b
1000 ppm					
Chonan	18,4 a	15,9 a	22,58 a	2,7 a	87,8 a
Quitéria	18,1 a	14,5 a	16,88 a	2,1 a	70,0 b
1500 ppm					
Chonan	19,8 a	15,6 a	20,76 a	3,0a	86,7 a
Quitéria	17,4 a	15,1 a	17,64 a	2,1b	70,9 b
2000 ppm					
Chonan	21,3 a	15,3 a	24,63 a	3,1 a	98,2 a
Quitéria	16,4b	15,3 a	14,44 b	1,8 b	44,6 b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Para as características de bulbos avaliadas, verificou-se que os maiores decréscimos de valores de altura, massa total e número total ocorreram a partir de 1000 ppm de GA3, mantendo um patamar de estabilidade para as demais concentrações (Figura 1).

Na análise das características relativas ao número de bulbos por planta, porcentagem de superbrotamento e porcentagem de bulbos diferenciados, foram observadas elevações em relação ao aumento das concentrações de GA3, ocorrendo maiores acréscimos para o limiar de 500 ppm de GA3. Para a cv. Quitéria, a relação entre as características dos bulbos relativas à massa total de bulbos, número de bulbos por planta e porcentagem de bulbos superbrotados e as concentrações de GA3 foram caracterizadas por modelos quadráticos, com pontos de inflexão ocorrendo entre 1000 a 1500 ppm de GA3. Para a cv. Chonan, esta relação foi delineada por modelos de raiz

quadrática e de terceira ordem, sendo caracterizados por um patamar com acréscimos menos expressivos, a partir da concentração de 500 ppm Figura 1.

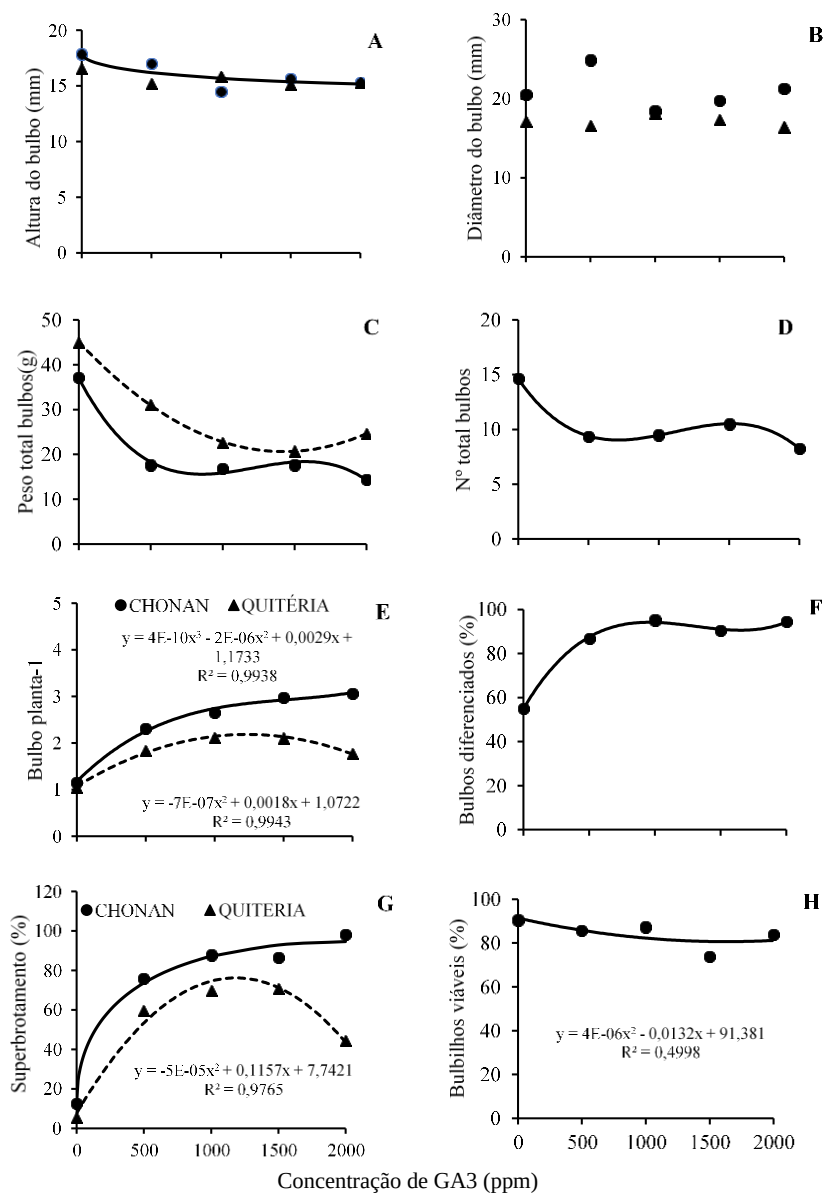


Figura 1. Efeito da aplicação pré-plantio de (GA3) em bulbilhos aéreos de alho das cvs Chonam e Quitéria nas características de produção. Vitória da Conquista/BA, UESB (2022). * Significativo pela análise de variância da regressão polinomial, a 5% de

probabilidade de erro, pelo teste F.

3.2. Emergência e crescimento de plantas de alho

Para a morfologia da planta, o efeito do fator cultivar foi mais expressivo, não ocorrendo diferença apenas para o índice Spad, aos 45 dias após o plantio, e para a altura da planta, aos 85 dias após o plantio.

O fator concentrações de GA3 para a *priming* afetou todas as características de emergência e morfologia da planta, com exceção do diâmetro aos 85 dias após o plantio. Diferentemente das características dos bulbos, a interação entre os fatores cultivar e *priming* com GA3 foi verificada na porcentagem de plantas superbrotadas ao final do ciclo altura, altura da planta, diâmetro, índice Spad aos 45 dias após o plantio e no tempo médio de emergência (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da análise de variância das cultivares de alho nobre Chonan e Quitéria que tiveram seus bulbilhos aéreos submetidos a diferentes concentrações do GA3, para Diâmetro do bulbo (DIA), Altura do bulbo (ALT), peso do bulbo, n° de bulbo por planta, percentual de superbrotamento (SB). Vitória da Conquista/BA, UESB (2022)

FV	G L	MORFOLOGIA								EMERGENCIA			
		SB (%)		ALT cm		DIA Mm		Spad	NF	EM (%)	IVE	TME	
		DAP											
		85	Final	45	85	45	85	45	85	7	30	30	
Quadrados médios													
Ct	1	**	**	*	NS	**	**	NS	**	NS	NS	NS	NS
GA	4	**	**	**	**	**	NS	**	**	**	**	**	**
CtxGA	4	NS	*	*	NS	*	NS	*	NS	NS	NS	NS	**
AdxFat	1	**	**	**	**	NS	NS	**	**	NS	NS	NS	NS
AdxAd	1	**	**	NS	NS	**	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS
Res	36	303	174	3,7	15,2	0,1	0,5	78,4	NS	116	127	0,1	2,9
CV(%)		37,5	25,9	9,5	15,4	17,1	21,0	35,2	29,9	33,6	16,7	19,5	19,9

*, ** significativo a nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

Na interação entre os tratamentos dos bulbilhos aéreos sem *priming* e com *priming*, somente o tempo médio de germinação (TME) foi afetado nas características relacionadas à emergência. Entretanto, todas as características morfológicas sofreram efeitos dessa interação, com exceção do diâmetro do pseudocaule. Na avaliação realizada

aos 45 DAP, foi verificado efeito para diâmetro de pseudocaule e número de folhas, não sendo verificado efeito para altura da planta. Aos 85 DAP, foi verificada diferença entre as cultivares sem *priming* apenas para a porcentagem de plantas superbrotadas, não ocorrendo diferença para a morfologia das plantas.

O efeito mais marcante na morfologia foi relacionado à porcentagem de plantas superbrotadas. Quando os bulbilhos aéreos não receberam *priming*, não ocorreu superbrotamento, no entanto, foi verificada a incidência dessa anomalia fisiológica em mais de 50,0% das plantas originárias de bulbilhos submetidos à *priming* pré-plantio.

Para o desdobramento da interação entre o fator cultivar e a *priming* somente em água (0ppm), foram verificadas maiores porcentagem de superbrotamento de altura (ALT), diâmetro do pseudocaule (DIA) e o índice Spad aos 45 DAP para a cv. Chonan em relação à Quitéria. Quando as soluções de GA3 foram utilizadas, somente para o diâmetro de pseudocaule, esse efeito foi mantido nas concentrações de GA3 de 500 e 1500 ppm; para altura e Spad aos 45DAP, em todas as *primings* com GA3, houve semelhança de valores para as duas cultivares.

A ocorrência de superbrotamento ao final do ciclo foi semelhante para as duas cultivares, sendo verificado maior valor para a cv. Chonan. Analisando a relação entre a porcentagem de superbrotamento e as concentrações de GA3, foram verificados acréscimos de valores, sendo definidos modelos raiz quadrática para a cv. Chonan e modelo quadrático para a cv. Quitéria. Para a cv. Chonan, a partir da concentração de 500 ppm, foi mantido um patamar com acréscimos menos expressivos, e para a cv. Quitéria, a partir do ponto de inflexão máxima, alcançado em aproximadamente 1000 ppm, foi caracterizado por decréscimos.

Tabela 5. Desdobramento da interação dos fatores cultivar e embebição em GA3 de plantas de alho produzidas por meio de bulbilhos aéreos frigorificados durante 80 dias pré-plantio

	MORFOLOGIA				
	SB	ALT	DIA	Spad	TME
	DAP				
	Final	45	45	45	30
0 ppm					
Chonan	12,6 a	25,9 a	2,7 a	49,6 a	12,58 a
Quitéria	5,3 a	20,7b	1,7b	28,3b	8,18 b
500 ppm					
Chonan	75,9 a	21,4 a	2,6 a	21,2 a	8,5 a
Quitéria	59,8 a	19,5 a	1,4 b	16,2 a	7,3 a
1000 ppm					
Chonan	87,8 a	18,5 a	1,7 a	12,2 a	11,6 a
Quitéria	70,0a	18,1 a	1,4 a	8,8 a	8,5 a
1500 ppm					
Chonan	86,7 a	19,0 a	1,8 a	24,5 a	10,9 a
Quitéria	70,9 a	18,6 a	1,4 b	16,5 a	9,8 a
2000 ppm					
Chonan	98,2 a	20,1 a	2,0 a	21,9 a	10,1 a
Quitéria	44,5b	18,9 a	1,7 a	13,9 a	8,6 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A sensibilidade das plantas ao superbrotamento foi muito elevada, quando o material de propagação foi submetido à priming, independentemente do cultivar analisado. Quando os bulbilhos aéreos receberam o tratamento de embebição pré-plantio, a incidência de superbrotamento aos 85 dias após o plantio (DAP) foi mais elevada para a cv. Chonan.

O vigor vegetativo das plantas de alho foi maior para os tratamentos sem *priming* (altura e índice SPAD) em comparação às plantas propagadas com bulbilhos que receberam a *priming*. O menor tempo de emergência e a maior porcentagem de plantas emergidas aos 30 dias foram relacionados a essa tendência de maior vigor das plantas originárias de bulbilhos sem frigorificação.

O maior número de folhas e a tendência de maior valor do diâmetro para o tratamento com *priming* foi relacionado à ocorrência de superbrotamento nessas plantas, conforme descrito anteriormente. Foi observado que, na ausência da *priming*, devido a não ocorrência do superbrotamento, o número de folhas foi semelhante, quando se comparou às cvs. Chonan e Quitéria. Para comparação entre as duas cvs. com *priming*, a

ocorrência do superbrotamento e o número de folhas foi maior para a cv. Chonan em relação à cv. Quitéria. De modo geral, independentemente do *priming*, foi observada tendência de maior vigor vegetativo e emergência para a cv. Chonan, quando comparada à cv. Quitéria (figura 2).

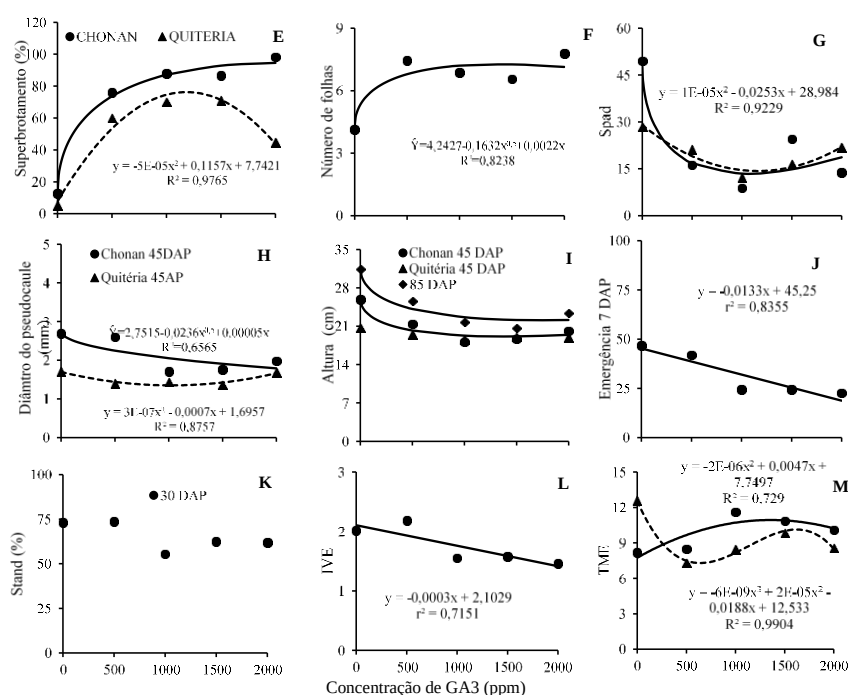


Figura 2. Efeito da aplicação pré-plantio de (GA3) em bulbilhos aéreos de alho das cvs Chonan e Quitéria nas características de emergência e crescimento: IVE= Índice de velocidade de emergência e TME= Tempo médio de emergência. Vitória da Conquista/BA, UESB (2022). *Significativo, pela análise de variância da regressão polinomial, a 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

Para a relação entre o número de folhas e as concentrações de GA3, foi estabelecido o modelo de raiz quadrática, com elevação de valores expressivos até 500 ppm; a partir dessa concentração, um patamar de estabilidade foi mantido até a concentração de 2000 ppm.

Foi observada redução para as demais características morfológicas em função do aumento das concentrações de GA3, definidos por modelos raiz quadrática para a cv. Chonan e modelo quadrático para a cv. Quitéria. Decréscimos para a relação entre a emergência aos sete dias em função das concentrações de GA3 não foram mantidas na avaliação aos 30 DAP. Para a relação entre IVE e as concentrações de GA3, também foram verificados decréscimos. Houve relação diferenciada para a relação entre TME e as concentrações de GA3, ocorrendo decréscimos para a cv. Quitéria e acréscimos para a cv. Chonan (tabela 6).

Tabela 6. Desdobramentos das interações dos tratamentos adicionais e fatoriais relacionados à morfologia e emergência de plantas de alho

Características		<i>Priming</i>		<i>Sem priming</i>		<i>Com priming</i>	
		Sem	Com	Chonan	Quitéria	Chonan	Quitéria
MORFOLOGIA							
SB	85	0,0 b	55,6 a	0,0 a	0,0 a	69,7 a	41,6 b
	Final	0,0 b	61,0a	0,0 a	0,0 a	-	-
Altura	45	22,0 a	20,0a	24,0 a	20,0 b	-	-
	85	28,6 a	24,5b	30,2 ^a	27,1 a	25,4 a	23,7 a
Diâmetro	45	1,8 a	1,8 a	2,2 a	1,4 a	-	-
	85	3,1 a	3,3 a	3,1 a	3,1 a	3,7 a	2,9 b
Spad	45	44,3 a	24,3b	62,1 ^a	26,4 b	-	-
Nº folhas	85	3,7 b	6,6 a	3,6 a	3,8 a	7,9 a	5,1 b
EMERGÊNCIA							
Stand (%)	7	32,50 a	32,0 a	36,3 a	28,8 a	33,0 a	31,0 a
	30	79,4 a	65,4 b	87,5 a	71,3 b	72,0 a	58,8 b
IVE	30	2,05 a	1,79 a	2,2 a	1,9 a	1,8 a	1,8 a
TME	30	8,7 a	9,7 b	8,9 a	8,5 b	-	-

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

4. DISCUSSÃO

A imersão em solução aquosa de bulbilhos aéreos de alho é um tratamento pré-plantio utilizado para a superação da dormência de órgãos de propagação vegetativa e sementes, cuja efetividade está associada a dois fatores que se contrapõem: ativação

metabólica e anoxia. Essa técnica denominada *priming* tem elevado sucesso para espécies do gênero *Allium*, propagadas por semente (Pagano et al., 2023). Entretanto, para o cultivo do alho, a aplicação de *priming* em bulbilhos tem especificidades a serem discutidas. Quando os tecidos são hidratados, principalmente os meristemas apicais da parte aérea, há estímulo do metabolismo, principalmente da respiração, induzindo a biossíntese de giberelinas endógenas e expansão e emissão de folíolos. Para o presente estudo, maior número de folhas e estímulo à diferenciação de meristemas foram associados ao efeito da imersão, mesmo que somente em água, induzindo a ativação hormonal. O estímulo da emissão de folhas em plantas de alho como efeito da aplicação de ácido giberélico, de forma exógena, tem sido verificado em alguns estudos sobre bulbilhos aéreos de alho (Dong et al., 2019a; Dong et al., 2019b, Sulastiningsih et al., 2020).

Entretanto, durante o período de imersão, a anaerobiose pode condicionar danos aos tecidos, reduzindo o vigor do material de propagação. Benklebia e Shiomi (2004) verificaram que os bulbos de cebola são mais sensíveis à anoxia, em condição de armazenamento, quando comparada às hortaliças, como couve-flor, tomate, batata e aspargos. Para bulbilhos de alho submetidos à criopreservação, a condição de anoxia resultou em alterações metabólicas que comprometeram o desenvolvimento das plantas, quando submetidas às condições ambientais favoráveis para desenvolvimento (Subbarayan et al., 2015). A redução de vigor em plantas desenvolvidas a partir de bulbilhos submetidos à imersão, em relação aos tratamentos sem imersão, foi verificada a partir da redução da altura, diâmetro do pseudocaule e redução da coloração verde das folhas.

Giberelinas e temperaturas baixas têm sido empregadas como tratamento pré-plantio no sistema de produção de alho com a finalidade de intervir em diferentes processos: dormência, diferenciação de bulbilhos, emissão do escapo floral e bulbificação.

Devido ao alho ser uma monocotiledônea, com estrutura de propagação vegetativa (Lucena, 2015), quando é realizado o tratamento dos bulbilhos-semente, os tecidos dos primórdios de todos os órgãos vegetativos e reprodutivos estão formados e são afetados, ocorrendo a permanência dos efeitos nos estágios de desenvolvimento posteriores. O mesmo fato não ocorre em plantas com propagação seminal ou mesmo para eudicotiledôneas com propagação vegetativa, para as quais os tecidos dos órgãos de

estágios de desenvolvimento posteriores são formados paulatinamente, em fases de desenvolvimento subsequentes.

Neste estudo, vários efeitos da combinação entre tratamento pré-plantio de bulbilhos-aéreos de alho foram avaliados, nas diversas fases do ciclo, utilizando baixas temperaturas e ácido giberélico. Foi verificado que, após a superação da dormência, ocorre um estímulo à diferenciação de meristemas, manifestado pela emissão de um maior número de folhas, maior índice de superbrotamento e elevação do número de bulbos por planta. Em decorrência de um maior número de “drenos” para direcionamento de fotoassimilados, o crescimento vegetativo da planta e do bulbo individual é reduzido, sendo constatado a menor altura da planta, coloração das folhas, diâmetro do pseudocaule e para a altura e massa do bulbo.

Como pode ser verificado pelo maior número de modelos definidos e pela maior amplitude de variação das características em função do gradiente de AG3 estabelecido neste estudo, a cultivar Chonan foi mais responsiva, quando comparada à cultivar Quitéria.

A diferenciação e desenvolvimento de meristemas caracterizaram um potencial de resposta ao ácido giberélico maior para a cultivar Chonan, havendo necessidade de definição de uma concentração limite, podendo alcançar maior valor que o estrato analisado no presente estudo. Para a cultivar Quitéria, a concentração de maior resposta à diferenciação de meristemas ocorreu entre 1157 e 1286 ppm de ácido giberélico, para tratamento de imersão dos bulbilhos aéreos, durante 24 horas.

A imersão em soluções aquosas de ácido giberélico tem sido utilizada para quebrar a dormência dos bulbilhos aéreos de alho (Desta et al., 2022). A aplicação exógena desta solução é utilizada como forma de reprimir a expressão dos genes da proteína DELLA, um regulador negativo da via de sinalização hormonal de giberelinas, sendo uma estratégia bastante utilizada (Dong et al., 2019a). A aplicação exógena de ácido giberélico (Dong et al., 2022) e a frigorificação (Dong et al., 2019b) induzem na expressão diferenciada de genes que estão relacionados com as rotas metabólicas, seguidas pelas de processamento de informações genéticas.

5. CONCLUSÕES

- Cultivares de alho com exigências térmicas semelhantes apresentam repostas diferentes, quando submetidos à *priming* com giberelinas, sendo que, no presente estudo, a cultivar Chonam foi mais responsiva em relação à Quitéria;
- Concentrações de 2000 ppm de giberelina GA3 proporciona maior porcentagem de superbrotamento e redução no crescimento da planta e massa dos bulbos;
- A concentração de giberelina de (500ppm) proporciona maior crescimento da planta, da massa do bulbo e do número de bulbilhos/bulbo.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos que colaboraram durante a execução do experimento.

À EMBRAPA-Hortaliças, por ceder as cultivares de alho e pela colaboração científica durante a elaboração e condução da pesquisa. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), à PROAP/CAPES e AUXPPG/UESB, pelo financiamento da pesquisa, pelo apoio financeiro, técnico e em infraestruturas.

7.DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflito de interesses. Os patrocinadores fundadores não tiveram nenhum papel no desenho do estudo; na coleta, análise ou interpretação dos dados, na redação do manuscrito e na decisão de publicar os resultados.

8.REFERÊNCIAS

- Ahmad, I., Kamran, M., Ali, S.; Cai, T., Bilegjargal, B., Liu, T. L., Han, QF (2018). Enchimento de sementes em milho e interação hormonal regulada pela aplicação exógena de uniconazol em regiões semiáridas. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2018 , 25 , 33225–33239.
- Celli, M.G., Perotto, M.C., Buraschi, D., Conci, V.C. 2015. Biological and molecular characterization of garlic virus D and its effects on yields of garlic. *Acta Horticulturae* 1143:193-200. doi:10.17660/ActaHortic.2016.1143.28.
- Benke, A. P., Krishna, R., Khandagale, K., Gawande, S., Shelke, P., Dukare, S., ... & Mahajan, V. (2023). Efficient elimination of viruses from garlic using a combination of shoot meristem culture, thermotherapy, and chemical treatment. *Pathogens*, 12(1), 129.
- Benkeblia, N., & Shiomi, N. (2004). Effect of anoxia on respiration rate (fermentative Journal of Plant Growth Regulation index) and ethanol production of onion bulbs (*Allium cepa* L.). *Journal of Agricultural and Marine Sciences [JAMS]*, 9(1), 5-8.
- Desta, B., Tena, N., Amare, G. (2022). Regulation of garlic bulb dormancy. *Asian Journal of Research and Review in Agriculture*, 1-5.
- Dong, Y., Fang, H., Hou, Y., Zhao, Y., Sun, X., & Liu, S. (2022). Transcriptome analysis reveals differential gene expression in garlic aerial bulbs in response to gibberellin application, 41(7), 2967-2979.
- Dong, Y., Guan, M., Wang, L., Yuan, L., Sun, X., & Liu, S. (2019). Transcriptome analysis of low-temperature-induced breaking of garlic aerial bulb dormancy. *International Journal of Genomics*, 2019(1), 9140572.
- Dong, Y., Wang, L., Gu, Q., Liu, Z., Sun, X., & Liu, S. (2019). Analysis of differentially expressed genes of exogenous GA3 releasing aerial bulbs dormancy in garlic based on transcriptome sequencing. *Acta Horticulturae Sinica*, 46(12), 2335-2346.
- Dugan, F. M., Lupien, S. L., Hellier, B. C. (2019) Infection by *Fusarium proliferatum* in aerial garlic bulbils is strongly reduced compared to rates in seed cloves when both originate from infected bulbs. *Crop Protection*, v. 116, p. 43-48.
- Hedden, P. Metabolismo da giberelina e sua regulação. *J. Plant Growth Regul.* 2001 , 20 , 317–318.
- INMET. «Gráficos climatológicos || Estação: VITORIA DA CONQUISTA (83344)». Consultado em 30 de janeiro de 2023.
- Labouriau, L.G. A germinação das sementes Washington: Secretaria geral da Organização dos Estados Americanos, 1983. 174p.

- Liu, H., Wen, Y., Cui, M., Qi, X., Deng, R., Gao, J., & Cheng, Z. (2020). Histological, physiological and transcriptomic analysis reveal gibberellin-induced axillary meristem formation in garlic (*Allium sativum*). *Plants*, 9(8), 970.
- Liu, Hongjiu et al. Exogenous gibberellins alter morphology and nutritional traits of garlic (*Allium sativum* L.) bulb. *Scientia Horticulturae*, v. 246, p. 298-306, 2019.
- Lucena, R.R.M. Desempenho produtivo e qualitativo de cultivares de alho semi-nobre vernalizado na Mesorregião Oeste Potiguar. 2015. 126f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015.
- Maguire, J.D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, v.2, n.1, p.176-177. 1962.
- Mhazo, M. L., Ngwerume, F. C., Masarirambi, M. T. (2014). Garlic (*Allium sativum*) propagation alternatives using bulblets and cloves of different sizes in a semi-arid sub-tropical environment. *Annual Research & Review in Biology*, p. 238-245.
- Pagano, A., Macovei, A., Xia, X., Padula, G., Hołubowicz, R., & Balestrazzi, A. (2023). Seed priming applied to onion-like crops: state of the art and open questions. *Agronomy*, 13(2), 288.
- Puiatti, M. Ferreira. Cultura do alho. 400-424. In. FONTES, P. C.R. NICK. C Olericultura Teoria e prática. 2. ed. Viçosa-MG: UFV, DAA. 2021. 614.p
- Sopha, G. A., Syahid, S. F., Cartika, I., Marpaung, A. E., Hamdani, K. K., Gunadi, N., ... & Muharam, A. (2024). Aerial bulbils as garlic alternative planting materials, a systematic review. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 84(1), 123-131.
- Spinosa, P. T. (2024). Estratégia de marketing digital para livro autopublicado: caso prático da entomofagia no mercado português. *Brazilian Journal of Business*, 6(2), e70063. <https://doi.org/10.34140/bjbv6n2-020>
- Subbarayan, K., Rolletschek, H., Senula, A., Ulagappan, K., Hajirezaei, M. R., & Keller, E. J. (2015). Influence of oxygen deficiency and the role of specific amino acids in cryopreservation of garlic shoot tips. *BMC Biotechnology*, 15, 1-9.
- Sulastiningsih, N.W.H., Aswani, N., Hermanto, C. 2020. Agronomic characters evaluation of garlic (*Allium sativum* L.) bulbils. p. 197-203. In Proceeding International Conference on Green Agro-Industry. UPNV Yogyakarta, Indonesia.
- Zona, S., Howard, C.C. 2022. Aerial vegetative diaspores of angiosperms: terminology, organography, and dispersal. *Flora* 287:151989. doi:10.1016/j.flora.2021.151989.

Periódico Científico:

Scientia Horticulturae

Original Research Paper

ARTIGO III

BULBILHOS AÉREOS PARA PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DO ALHO: MODULAÇÃO ENTRE GENÓTIPOS E *PRIMING* COM GIBERELINAS PARA SUPERAÇÃO DE DORMÊNCIA E DIFERENCIAÇÃO DE BULBOS*

* Não submetido

Scientiae Horticulturae

Original Research Paper

Bulbilhos aéreos para propagação vegetativa do alho: modulação entre genótipos e *priming* com giberelinas para superação de dormência e diferenciação de bulbos

Elizeth Regina Raisse ¹, Sylvana Naomi Matsumoto ¹, Anselmo Eloy Viana ¹, Veruza Prates ¹, Francisco Vilela Resende ²

¹ Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Estrada do Bem Querer, Km 04, 45031-900, Vitória da Conquista, BA, Brasil.

² Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Rodovia 060 BR Km 9, Samambaia Norte 70351-970, Brasília, DF, Brasil.

Correspondente: Elizeth Regina Raisse. Email: elizethreginar@yahoo.com.br

RESUMO

O objetivo deste estudo foi verificar se a taxa de multiplicação poderia ser afetada pela interação entre *priming* com giberelinas e genótipos de alho, quando se utilizou bulbilhos aéreos como material de propagação vegetativa. O ensaio foi organizado em delineamento em blocos, em esquema fatorial 3X4, constituído por três tipos de *priming* (embebição de bulbilhos aéreos em água, solução aquosa de GA3 e GA4, na concentração de 500ppm, durante 12 horas antes do plantio) e quatro cultivares de alho, três classificados como nobres (Chonan, Ito e Quitéria) e uma cultivar definida como seminobre (Hozan). Foram definidos três blocos para o estudo, sendo a parcela experimental constituída por uma caixa de polietileno preta, com volume de substrato de 12.880 cm³, na qual foram semeados 20 bulbilhos aéreos, previamente submetidos aos diferentes *primings*, para cada um dos cultivares. Para os 12 tratamentos estabelecidos em três blocos, 36 caixas de polietileno foram mantidas em bancadas suspensas em telado antiafídico de coloração branca. Características quantitativas e qualitativas dos bulbilhos aéreos utilizados como material de propagação e de bulbos produzidos, morfologia das plantas, emergência e stand final, foram avaliadas para análise dos tratamentos anteriormente descritos. Foi verificada especificidade na interação entre os tipos de *primings* e os genótipos em estudo, quando foi analisada a diferenciação de bulbilhos nos bulbos produzidos por meio de bulbilhos aéreos. Para a cv. Chonan, o número de bulbilhos bulbo⁻¹ foi elevado, quando aplicado a *priming* com GA3 em comparação à testemunha. Para a cv. Ito, *priming* com GA4 elevou o número de bulbilhos bulbo⁻¹ em relação à embebição em água. Características de emergência e stand final foram otimizadas para a cv. Hozan, devido ao maior peso dos bulbilhos aéreos em relação à Chonan, Ito e Quitéria, que apresentaram peso menor. O superbrotamento dos bulbos foi induzido, quando as cultivares Ito e Quitéria foram submetidas à *priming* com giberelinas. A diferenciação nos bulbos produzidos a partir de bulbilhos aéreos caracterizou-se em um potente dreno, sendo associada à maior produção total.

Palavras-chave: *Allium sativum*. Regulador vegetal. Taxa de multiplicação.

1. INTRODUÇÃO

O alho (*Allium sativum* L.) é uma planta perene, com alto valor nutricional e medicinal. Os produtos de alho são populares em todo o mundo, devido aos seus benefícios antibacterianos, anticancerígenos e anticardiovasculares (Li et al., 2016; Ried, 2016; Varshney e Budoff, 2016). Devido à especificidade ambiental para a fase de desenvolvimento vegetativo, o alho é classificado como uma planta estéril e, portanto, a propagação em cultivos comerciais é exclusivamente vegetativa porque a ocorrência de sementes é rara (Rotem et al., 2011). A base de conhecimento sobre a modulação de *priming* com giberelinas em diferentes cultivares, quando em processos de superação da dormência e diferenciação de bulbilhos aéreos de alho dos bulbos, necessita ser ampliada.

A frequência da utilização da propagação vegetativa para os cultivos resulta em elevação da densidade de diversos patógenos, degenerescência clonal, baixo coeficiente de propagação e aos altos custos de produção, ocorrendo a necessidade de limpeza de clones. Assim sendo, a técnica de limpeza de clones, por meio de meristema caulinares ou apicais, é de extrema importância para a cadeia produtiva do alho. No entanto, essa técnica mostra-se ser demorada, de difícil acesso, com baixa taxa de multiplicação e de custo elevado. Atualmente, apesar da constatação da presença de vírus nessas estruturas (Bhusal et al., 2021; Godena et al., 2020), os bulbilhos aéreos têm sido considerados como uma estratégia de propagação, quando têm como origem plantas matrizes isentas de vírus (Mituti et al., 2014; Dinda and Triharyanto, 2020; Sulastiningsih et al., 2020; Triharyanto et al., 2022), minimizando a densidade de carga viral a cada ciclo de produção (Godena et al., 2020), restringindo a contaminação por fungos de solo (Dungan et al., 2019), renovando o material biológico (Etoh e Nishitarumizu, 1988) e reduzindo o tempo de produção de um alho-semente de qualidade (Sopha et al., 2024). A partir da multiplicação comercial de plantas matrizes livres de vírus, por meio de bulbilhos aéreos, é possível a obtenção de material para propagação em campos de produção de alho-semente em dois anos. No sistema tradicional de cultura de meristemas, o período até a propagação em campos de produção é acrescido em seis anos, quando comparado ao sistema de bulbilhos aéreos (Mituti et al., 2014).

A formação de bulbilhos aéreos ocorre no ápice ou na parte mediana do escapo floral ou na flor, quando, em condição de temperaturas elevadas, induzem a transição reversa do estágio reprodutivo para o vegetativo (Winiarczyk et al., 2014). É frequente a ocorrência do desenvolvimento de bulbilhos em maior número e menor tamanho nas cvs. nobres, quando as umbelas se desenvolvem acima do pseudocaule ou de maior tamanho, em número de um a dois, para cvs seminobres ou caipiras, desenvolvendo-se no interior

do pseudocaule (Sopha et al., 2024). A utilização de bulbilhos aéreos como material de propagação foi desenvolvida na Indonésia e em outros países, como a Coreia do Sul, a Índia e o Zimbábue. Estudo realizado em Ladakh, no Himalaia, Índia, verificou-se que os bulbilhos aéreos formam plantas típicas com bulbos de um ou dois dentes, com um peso máximo de 28,6 g que, por sua vez, produzem plantas normais com muitos dentes a partir do segundo ano de cultivo (Triharyanto et al., 2022).

Para estas duas formas de obtenção de material de propagação de qualidade, uma das principais barreiras é a elevada dormência e a baixa taxa de multiplicação dos bulbilhos aéreos e de microbulbos, obtidos por cultura de meristemas. A utilização de frigorificação (Dong et al., 2022) e *primings* com reguladores vegetais, como giberelinas, citocininas e auxinas (Sulastiningsih et al., 2020), tem sido aprimorada para mitigar tais limitações, como o manejo pré-plantio dessas estruturas. As baixas temperaturas podem reduzir o período de dormência, pois elevam os níveis de giberelinas e reduzem o ácido abscísico, reduzindo a dormência e otimizando a germinação (Dong et al., 2019).

A base de conhecimento sobre a modulação de *priming* com giberelinas em diferentes cultivares, quando em processos de superação da dormência e diferenciação de bulbilhos aéreos de alho dos bulbos, ainda necessita ser ampliada.

Em estudo anterior, foi utilizada a GA3 exógeno em quatro cultivares, tendo proporcionado elevada porcentagem de superbrotamento nas plantas de alho, com objetivo principal de garantir a diferenciação no primeiro ano de plantio. Foi utilizada neste estudo a giberelina GA4, que é considerada a forma mais ativa entre as giberelinas para o processo de diferenciação de bulbilhos de alho com elevada exigência térmica (Sohn et al., 2010).

Espera-se que este estudo amplie a base de conhecimento visando otimizar o rendimento e encontrar alternativas de propagação, tempo de cultivo e redução do custo de produção com a utilização de bulbilhos aéreos de alho.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 LOCAL DO EXPERIMENTO E MATERIAIS VEGETAIS

O estudo foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *campus* de Vitória da Conquista, no período de maio a outubro de 2022. As cultivares de alho Brs Hozan, Quitéria e Ito, previamente testadas (experimentos anteriores da tese), foram utilizadas neste estudo. As cvs. Brs Hozan e Ito são amplamente cultivadas em Moçambique e na região Nordeste do Brasil, e a cv. Ito tem sido a preferência em todas as regiões produtoras de alho do Brasil. Os bulbos das cvs. para este estudo foram selecionados a partir de recursos de germoplasma e os bulbilhos aéreos das cultivares foram adquiridos por meio da Embrapa Hortaliças. Em ensaios prévios foi verificado que a solução de 500 ppm de GA3 foi a concentração ótima para os bulbilhos aéreos de alho. Esta não só induziu a formação de gemas laterais para causar um aumento no número de dentes por bulbo, mas também alterou a forma e a estrutura do bulbo "superbrotamento".

Inicialmente foi calculado o índice de visual de dormência (IVD) antes e depois da frigidificação, que foi de 65 dias na temperatura de 3-5 °C, utilizando dez bulbilhos de cada cultivar. O IVD foi determinado pela relação entre o comprimento do bulbilho e o comprimento do broto, utilizando-se o paquímetro. Para cada tratamento, foram selecionados 100 bulbilhos de cada cultivar, permanecendo durante 24 horas em imersão em água destilada e em soluções aquosas de GA3, GA4 e em água.

Em estudos realizados anteriormente, verificou-se que, quando foi aplicado giberelina em quatro vezes na concentração de 1000ml⁻¹ na planta e imersão de bulbilho 2000ml⁻¹ acima de 24h, houve uma diminuição notável no peso da planta e do bulbo no alho. Assim sendo, para o presente estudo, foram utilizados a concentração de 500ppm de giberelina de cada solução de GA3 e GA4, as quais foram preparadas com o produto comercial Pro-Gibb. Na preparação de cada solução, primeiramente, o GA3 foi diluído em álcool, sendo posteriormente acrescentada água destilada na mesma proporção, formando uma solução com volume de 1:1 v/v (álcool + água destilada).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), em um Fatorial 3x4 (3 primings e quatro cultivares) em 3 repetições, totalizando 36 parcelas para todo o experimento. Os fatores consistiram em três *primings* (GA3, GA4 e Água) e quatro cultivares (Chonam, Brs Hozan, Ito e Quitéria). As cultivares de alho Chonam, Ito e Quitéria são consideradas do grupo de alhos nobres, exigem mais de 13 horas diárias de

luz e temperaturas mais baixas para formação dos bulbos. Nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Bahia, somente bulbificam quando são submetidas à vernalização em pré-plantio e que produzem bulbos de alto valor comercial, enquanto que a Brs Hozan agrupa os produtores de alho comum, também chamado de tropical ou seminobre, que são cultivares mais rústicas e menos exigentes em condições edafoclimáticas.

Após as 24 horas, os bulbilhos foram plantados nas bandejas de polietileno com um volume de substrato de 12.880 cm³ e profundidade de 10 mm, onde foram semeados 20 bulbilhos por bandeja, em espaçamento de 5 cm entre plantas e 7 cm entre linhas.

A determinação do índice de velocidade de emergência (IVE) iniciou-se um dia após o plantio, com contagens diárias, seguindo o mesmo horário, considerando-se o número de plântulas que apresentaram cotilédones visíveis e anotando a porcentagem de emergência. O IVE foi obtido pelo cálculo após a estabilização da emergência, que se deu no décimo oitavo dia após a emergência das primeiras plântulas (IVE), seguindo a metodologia proposta por Maguire (1962), tempo médio de emergência (Labouriau, 1983) e a porcentagem de emergência (%) aos 7 dias e aos 30 dias.

Decorrente das condições propícias para determinados fitopatógenos importantes para a cultura foram efetuadas pulverizações, utilizando-se o fungicida Amistar do grupo químico das estrobilurinas. Avaliou-se 5 plantas para cada parcela; efetuou-se análises aos 50 dias após o plantio, tais como diâmetro do pseudocaule, altura da base até a última folha; e aos 75 DAP, diâmetro do pseudocaule, altura da base até a última folha, número de folhas totais por planta.

A colheita foi efetuada quando os bulbos já se encontravam em estágio de maturação, sendo que a cultivar Hozan teve um ciclo de 97 dias, Ito 118, Chonan e Quitéria 134. Após a maturação, deu-se início às análises dos bulbos, utilizando-se 5 bulbos por parcela. Avaliou-se altura do bulbo, diâmetro do bulbo, considerando o diâmetro total juntamente com os bulbos secundários observados, peso individual de cada bulbo sem que fosse destacado os bulbos secundários e depois efetuada a média em função do número de bulbos por parcela, que se deu através da contagem cada bulbo com a inclusão de bulbos secundários, calculando, assim, a média de bulbos em cada parcela. Posteriormente, após o descasque, fez-se o percentual de diferenciação, peso de bulbilhos e número de bulbilhos por bulbo. As análises de variâncias foram submetidas ao teste F 1% e 5% de probabilidade, e a comparação entre médias foi feita através do teste Tukey a 5% de probabilidade. Foi utilizado o Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos AgroEstat, versão 2014.

3. RESULTADOS

3.1. Características qualitativas e quantitativas dos bulbos

Para o peso e diâmetro do bulbo diferenciado, não houve interação entre os fatores cultivar e tratamentos de *priming* (Figura 1), não sendo observada diferença entre os tipos de *priming* (Figura 1B e 1D). Maior peso e diâmetro de bulbo diferenciado foi verificado para a cv. Chonan, em comparação à cv. Hozan (Figura 1A e 1C). O peso do bulbo diferenciado da cv. Chonan foi superior às demais cvs. em estudo e, quando o diâmetro do bulbo foi analisado, as cvs. Ito e Quitéria apresentaram bulbos de tamanhos intermediários entre as cvs. Chonan e Hozan. Para a comparação de cultivares dentro de cada *priming*, maior altura e número de bulbilhos bulbo⁻¹ foram observados para as cvs. Chonan e Quitéria em relação às cvs. Hozan e Ito, submetidas aos tratamentos água e GA3 (Figura 1F e 1H). Não foram identificadas diferenças entre os genótipos submetidos ao *priming* com GA4.

Quando se analisou a altura do bulbo, foi verificada redução de valores para a comparação entre *priming* com GA4 em relação à embebição em água para as cvs. Chonan e Quitéria; para as cvs. Hozan e Ito, não houve diferença entre os tipos de *priming* (Figura 1E). Para a cv. Chonan, a *priming* com GA4 também foi associado à redução do número de bulbilhos bulbo⁻¹, quando comparada à embebição em água, entretanto na cv. Quitéria, para esta característica, não foi detectada diferença entre os tratamentos de *priming* (Figura 1G).

O efeito das *primings* com giberelinas na diferenciação dos bulbos foi antagônico para as cvs. Chonan e Ito (Figura 1G). Após a colheita, a diferença notável da morfologia do bulbo foi encontrada entre o tratamento com água e o tratamento com Giberelinas “GA4 e GA4” (Fig. G'). Para a cv. Ito, a *priming* com GA4 induziu à maior diferenciação de bulbilhos em comparação à embebição em água, resultando em maior número de bulbilhos bulbo⁻¹; para Chonan, a *priming* com GA3 foi mais efetiva em induzir maior diferenciação dos bulbos, entretanto, a *priming* com GA4, diferentemente do observado para a cv. Ito, está relacionada à redução deste processo (Figura 1G).

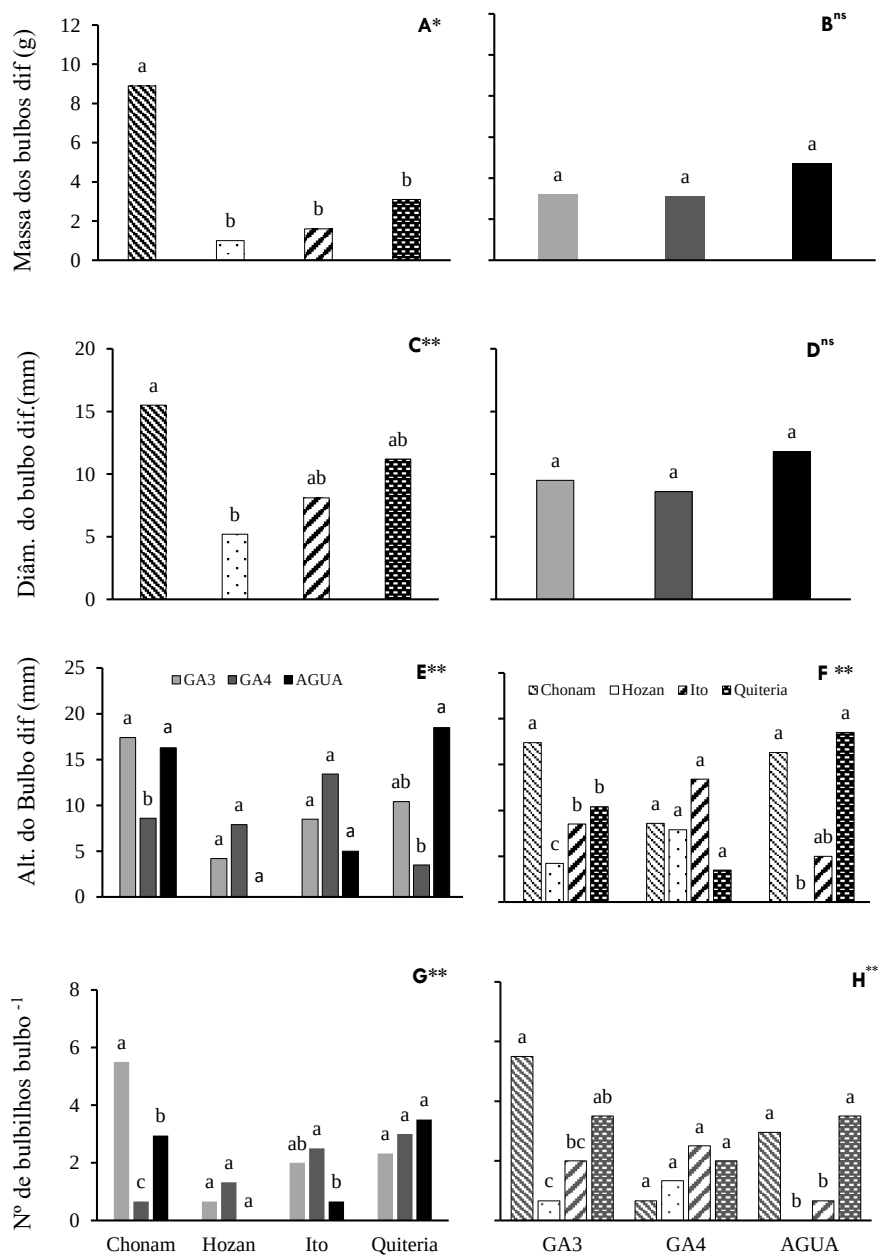


Figura 1. Características morfológicas de bulbos com diferenciação de quatro cultivares de alho, propagados por meio de bulbilhos aéreos submetidos à *priming* com solução aquosa de giberelinas (GA3 e GA4) e água. ** Significativo e ^{ns} não significativo pela análise de variância 5% de probabilidade. Diferentes letras indicam diferença entre médias, dos tratamentos de *priming*, dentro de uma mesma cultivar e entre as cultivares, dentro de um mesmo tratamento de *priming*, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

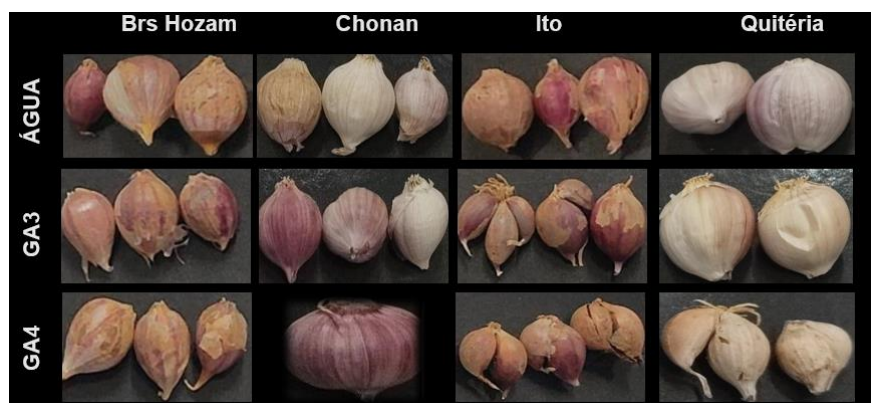


Figura 1G'. Diferenciação de bulbos em cultivares de alho, propagados por meio de bulbilhos aéreos submetidos à *priming* com solução aquosa de giberelinas (GA3 e GA4) e água.

Quando as cultivares foram tratadas com GA3, somente foi possível discriminar maior produção total de bulbos para a cv. Chonan em relação à Quitéria (Figura 1A'). Para os tratamentos de embebição com GA4 dos bulbilhos aéreos, a produção total de bulbos das cultivares em estudo foi semelhante. A *priming* com giberelinas reduziu a capacidade de expressão de diferenças entre as cultivares para a produção total dos bulbos, devido ao diferencial de exigência fisiológica dos genótipos avaliados para diferenciação de bulbilhos, liberação de dormência dos bulbilhos aéreos e bulbificação.

Quando os tratamentos foram analisados para cada cultivar, efeito das giberelinas foi verificado somente para a cv. Ito, ocorrendo maior produção total para a *priming* com GA4, representando 139% em relação ao tratamento de embebição em água (Figura 1A).

Já quando se considerou o estrato de porcentagem de número de bulbos classificados como sólidos, diferenciados e superbrotados, a maior porcentagem de bulbos diferenciados, em todas as comparações propostas, foi relacionada às tendências de elevação da produção total de bulbos, sendo expressa, principalmente, para a cv. Ito.

Embora os bulbos superbrotados sejam considerados como diferenciados, a ocorrência desta classe de bulbo reduz a produção total, devido às maiores perdas no período de cura e ao metabolismo de respiração mais intenso da folha de reserva. O superbrotamento dos bulbos ocorreu somente para as cvs. Ito e Quitéria, quando submetidos à *priming* com giberelinas. A sensibilidade da cv. Ito ao superbrotamento foi verificada para GA3 e GA4, entretanto, para a cv. Quitéria, o superbrotamento só foi observado sob *priming* com GA4 (Figura 2 C, 2D, 2E e 2 F).

Como efeito da diferenciação, o maior número de bulbilhos por bulbo foi associado à maior produção total de bulbos da cultivar Chonan no presente estudo (Figura 2ª e 2B). A produção total e produção individual do bulbo da cv. Hozan foi inferior às cultivares Chonan, Ito e Quitéria.

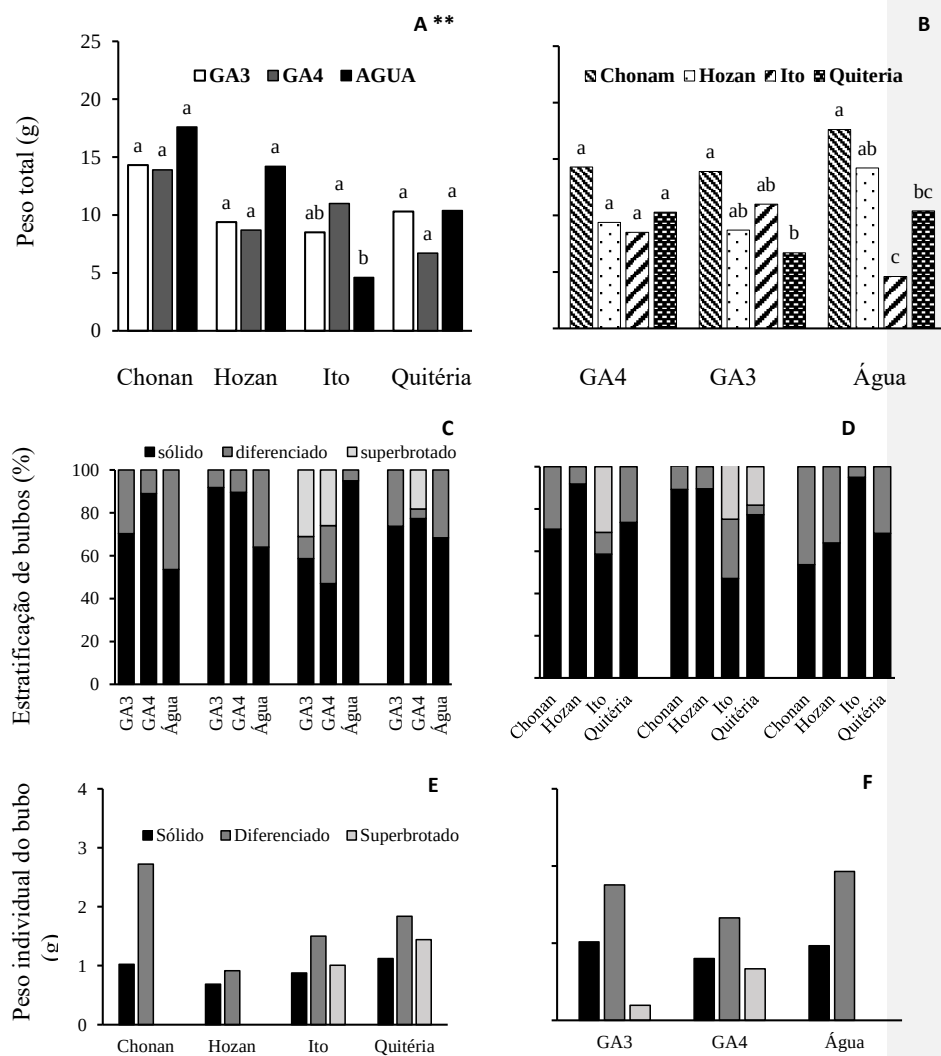


Figura 2. Produção total, estratos de classes e peso individual de bulbos de quatro cultivares de alho, propagadas por meio de bulbilhos aéreos submetidos à priming com solução aquosa de giberelinas (GA3 e GA4) e água.

** Significativo e ^{ns} não significativo pela análise de variância 5% de probabilidade.

*Diferentes letras indicam diferença entre médias, dos tratamentos de *priming*, dentro de uma mesma cultivar e entre as cultivares, dentro de um mesmo tratamento de *priming*, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

3.2. Emergência e stand final de plantas

Quando as cultivares foram comparadas por meio do IVE e o TME, verificou-se superioridade de emergência (maior IVE e menor TME) da cv. Hozan em relação às demais (Figura 3A e 3C). Esses fatores condicionaram maior capacidade de estabelecimento em campo da cv. Hozan, sendo associados ao maior porcentual de plantas no stand final (Figura 3E). Foi verificada superioridade do stand final da cv. Hozan (81%) em relação às demais cv., Chonan, Ito e Quitéria, para as quais foi registrado o valor de 46, 43 e 34%, respectivamente (Figura 4A). Para o presente estudo, a frigorificação pré-plantio dos bulbilhos-semente foi suficiente para mitigar o fator da dormência dos bulbilhos aéreos, pois, no momento de plantio, antes da aplicação da *priming*, o IVD (índice visual de dormência) das cultivares em estudo manteve-se acima de 60%. Os maiores índices de emergência da cv. Hozan foram associados ao seu elevado vigor inicial, promovido pelo maior peso dos bulbilhos aéreos em relação às demais cultivares (Figura 4B). Não foi verificada efetividade dos tratamentos de *priming* em bulbilhos aéreos, quando se analisou o processo de emergência e o stand final (Figura 3B, 3D e 3F).

Formatado: Fonte: Times New Roman, 12 pt, Cor da fonte: Automática

Formatado: Fonte: Times New Roman, 12 pt

Formatado: Título 2, Nenhum, Espaço Antes: 0 pt, Espaçamento entre linhas: simples, Não manter com o próximo, Não manter linhas juntas

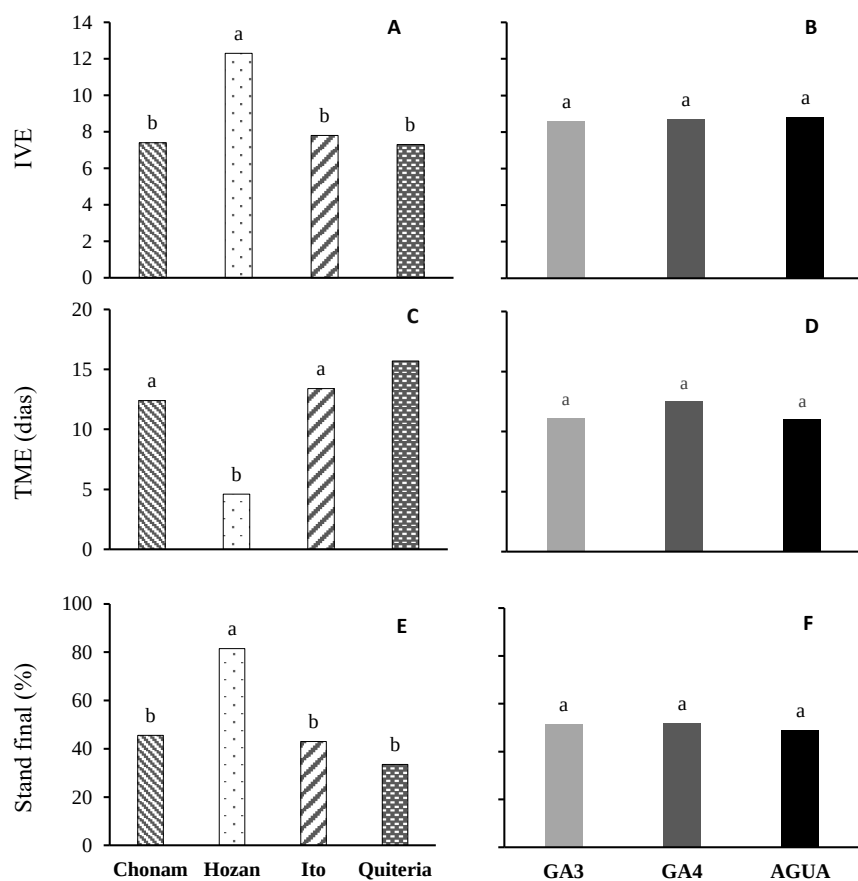


Figura 3. Índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TME) e stand final de plantas de quatro cultivares de alho, propagadas por meio de bulbilhos aéreos submetidos à *priming* com solução aquosa de giberelinas (GA3 e GA4) e água.

** Significativo e ^{ns} não significativo pela análise de variância 5% de probabilidade.

*Diferentes letras indicam diferença entre médias, dos tratamentos de *priming*, dentro de uma mesma cultivar e entre as cultivares, dentro de um mesmo tratamento de *priming*, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

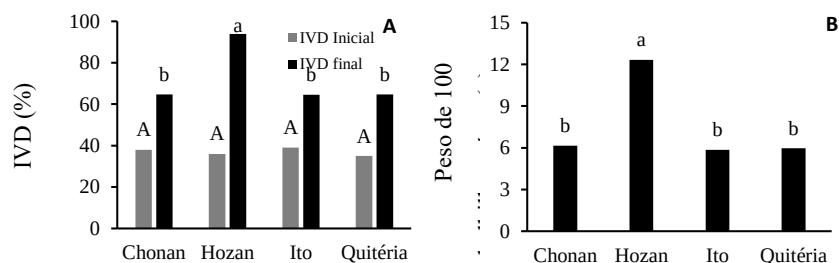


Figura 4. Peso de 100 bulbilho aéreos e índice visual de dormência no início da frigorificação e no plantio de quatro cultivares de alho.

3.3 Morfologia da planta

Os tratamentos de *priming* não afetaram as características morfológicas relacionadas à altura, diâmetro e número de folhas, nas datas de avaliação aos 50 e 70 DAP (Figuras 5B, 5D, 5F, 5H, 6B e 6D). Para altura da planta, só foi verificada diferença entre as cvs. analisadas aos 50 DAP, ocorrendo maiores valores para a cv. Hozan, seguida por Chonan e Ito, e menor valor descrito para Quitéria (Figura 5A).

Quando foi analisado o diâmetro do pseudocaule, a única discriminação entre médias observadas ocorreu aos 70 DAP, caracterizando maior valor para a cv. Chonan em relação à Hozan (Figura 5G). Maior número de folhas planta⁻¹ foi observado para a cv. Ito em relação à Hozan, nas avaliações realizadas aos 50 e 70 DAP (Figura 6A e 6C).

Formatado: Fonte: Times New Roman, 12 pt, Cor da fonte: Automática

Formatado: Fonte: Times New Roman, 12 pt

Formatado: Título 2, Nenhum, Espaçamento entre linhas: simples, Não manter com o próximo, Não manter linhas juntas

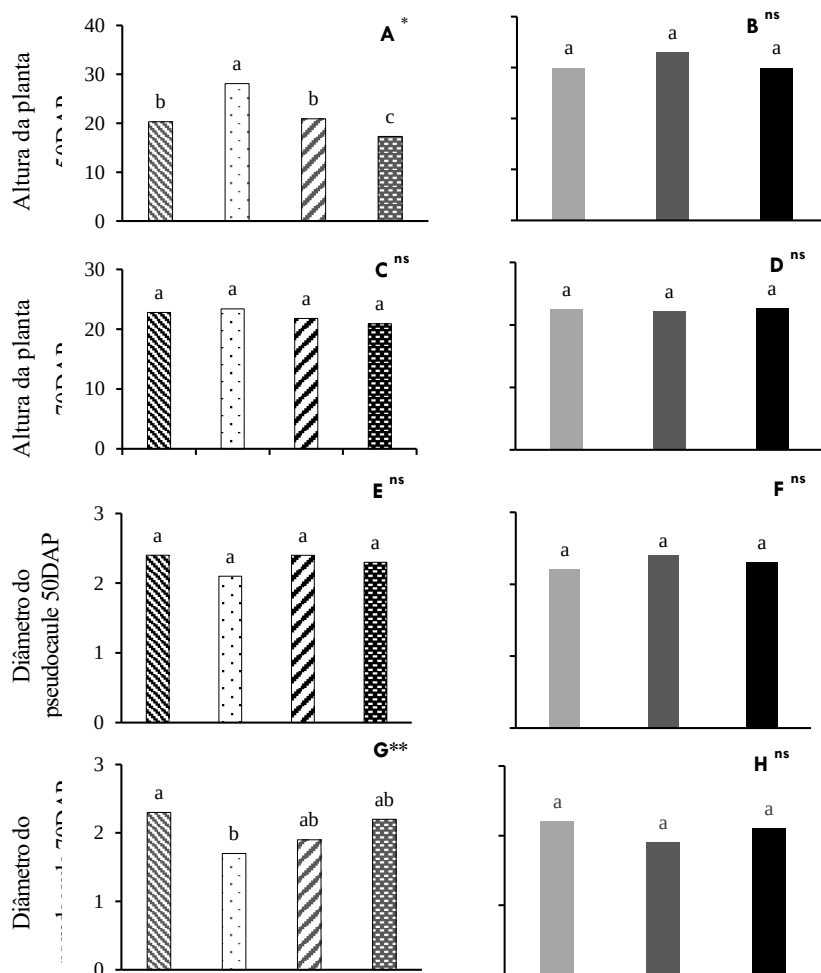


Figura 5. Altura e diâmetro das plantas aos 50 e 70 dias após o plantio de quatro cultivares de alho, propagadas por meio de bulbilhos aéreos submetidos à *priming* com solução aquosa de giberelinas (GA3 e GA4) e água.

** Significativo e ^{ns} não significativo pela análise de variância 5% de probabilidade.

*Diferentes letras indicam diferença entre médias, dos tratamentos de *priming*, dentro de uma mesma cultivar e entre as cultivares, dentro de um mesmo tratamento de *priming*, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

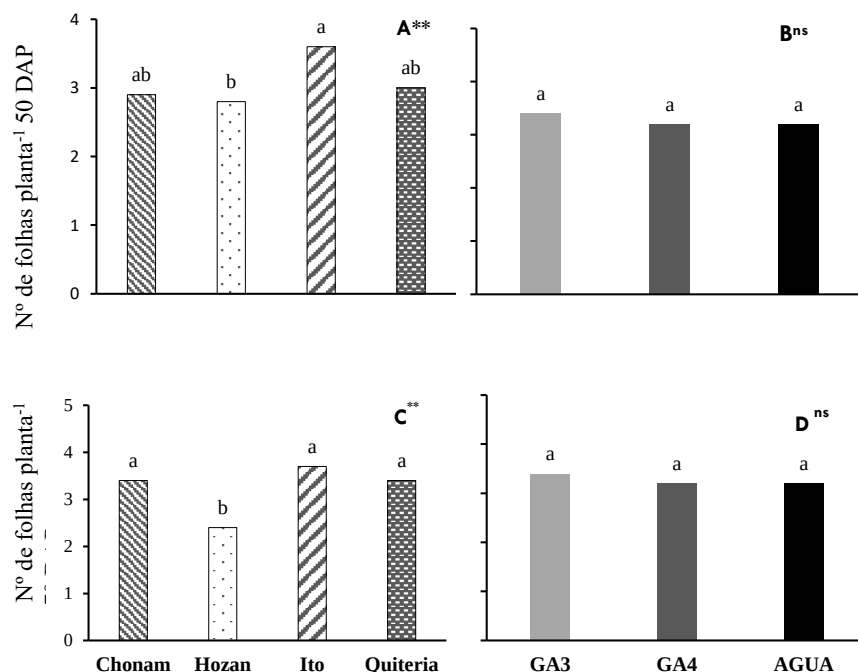


Figura 6. Características de crescimento: número de folhas por planta aos 50 e 70 dias após o plantio de quatro cultivares de alho, propagadas por meio de bulbilhos aéreos submetidos à *priming* com solução aquosa de giberelinas (GA3 e GA4) e água.

** Significativo e ^{ns} não significativo pela análise de variância 5% de probabilidade.

*Diferentes letras indicam diferença entre médias, dos tratamentos de *priming*, dentro de uma mesma cultivar e entre as cultivares, dentro de um mesmo tratamento de *priming*, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

4. DISCUSSÃO

Para o plantio de alho a partir de bulbilhos aéreos, foi definido neste estudo que os processos de diferenciação dos bulbilhos nos bulbos são modulados por uma especificidade entre o tipo de giberelina, tecido-alvo e os genótipos. Embora GA4 seja considerada a forma mais ativa entre as giberelinas para o processo de diferenciação de bulbilhos de alho com elevada exigência térmica (Sohn et al., 2010), no presente estudo, o maior número de bulbilhos bulbo⁻¹ foi verificado somente para a cv. Ito. Para a cv. Chonan, a *priming* com GA4 induziu à diferenciação de bulbilhos subterrâneos, sendo GA3 a giberelina mais efetiva para elevar o número de bulbilhos bulbo⁻¹. A efetividade

Formatado: Fonte: (Padrão) Times New Roman, 12 pt, Cor da fonte: Automática

Formatado: Fonte: Times New Roman, 12 pt

Formatado: Título 1, Nenhum, Espaçamento entre linhas: simples, Não manter com o próximo, Não manter linhas juntas

de GA3 na quebra de dormência e diferenciação em bulbilhos subterrâneos (Desta et al., 2022) e aéreos (Sopha et al., 2022; Dong et al., 2019; Dong et al., 2020).

A cv. Hozan tem menor exigência térmica para a bulbificação e diferenciação, sendo esperada que a *priming* com giberelina condicionasse maior número de bulbos diferenciados e a produção total fosse elevada; entretanto, este fato não foi observado. Para que o estímulo da frigidificação ou da *priming* com giberelinas seja efetivo, estes devem atingir os meristemas-alvos, contudo, para o presente estudo, a barreira física da folha de reserva de maior volume da cv. Hozan restringiu a difusão térmica e a absorção do regulador. A magnitude dessa limitação reduziu o potencial das giberelinas em induzir efeitos previamente esperados para a cv. Hozan. Liu et al. (2019) verificaram maior formação de meristemas axilares e maior número de bulbilhos por bulbo da cv. de alho G064, quando GA3 foi aplicado por meio de injeções, diretamente nos meristemas basais da planta.

O maior desenvolvimento da folha de reserva da cv. Hozan não foi fator impeditivo para o processo de estímulo de desenvolvimento da folha de brotação, induzida pela frigidificação dos bulbilhos aéreos, constatado pelo maior IVD desse genótipo em relação aos demais. A disposição mais periférica e a maior exposição da folha de reserva em relação ao meristema subapical (localizado em regiões mais internas, na base do pseudocaule) poderiam estar relacionadas a esse diferencial de efeito entre quebra de dormência e diferenciação induzidos pela frigidificação.

A elevação do estrato de bulbos com bulbilhos diferenciados, com maior peso individual, foi um fator que contribuiu para a maior produção total de bulbos. Os bulbos diferenciados são compostos por bulbilhos que, em sua origem, são gemas axilares dormentes, compostas por 3 folhas modificadas (folhas da brotação), uma folha de reserva e uma folha mais externa, denominada “folha de proteção” (Rahim e Fordam, 1991). Essa estrutura é considerada uma potente forma de “dreno” de fotoassimilados, água e nutrientes para a planta de alho, sendo relacionada à bulbos de maior peso. Este fato foi constatado neste estudo, sendo observado que o peso individual dos bulbos de alho diferenciados foi superior aos bulbos classificados como sólidos e superbrotados.

Para o presente trabalho, embora o número de folhas da cv. Ito aos 50 DAP tenha sido superior à Chonan, o potencial de trocas gasosas prevaleceu, contribuindo de forma mais efetiva para a maior produção total de bulbos da cv. Chonan. Características anátomo-fisiológicas, observadas em estudos com diferentes genótipos de alho, foram relacionadas à maior produção de bulbos da cv. Chonan em relação aos demais genótipos.

Maiores valores de fotossíntese líquida, eficiência de uso da água e relação C_i/C_a foram observados nas folhas da cv. Chonan em relação à Ito e Hozan, sendo relacionadas à anatomia foliar como maior câmara substomática e espaços celulares do mesófilo, folhas e cutículas de maior espessura (Vassura et al., 2024).

De modo geral, a diferença entre os cultivares de alho na emergência dos bulbilhos está relacionada, principalmente, a dois fatores: peso do material de plantio (bulbilho-semente) e intensidade de dormência. A diferença na quantidade de substâncias de reserva entre o bulbilho de maior e menor peso afeta a emergência e a velocidade de formação da radícula, favorecendo a absorção de água e nutrientes. Bulbilhos de maior peso têm maior taxa de emergência e dão origem a plantas mais altas, com maior número de folhas e caules com maior diâmetro (Mhazo et al., 2014). O maior peso dos bulbilhos aéreos da cv. Hozan está relacionado à maior capacidade de estabelecimento inicial em campo. As plantas da cv. Hozan apresentaram maior altura inicial das plantas, mas o menor número de folhas e diâmetro do pseudocaule, aos 70 dias, foram considerados como características de menor vigor vegetativo.

A dormência pós-colheita de bulbilhos aéreos é mais intensa que as do alho-semente convencional, sendo afetada pela interação entre cultivares e condicionamento de bulbos pós-plantio. Azmi et al. (2022) constataram que o tamanho do bulbilho aéreo e fatores de origem são fatores relacionados que interferem nessa relação. Para o presente estudo, a frigorificação pré-plantio dos bulbilhos-semente foi suficiente para mitigar o fator da dormência dos bulbilhos aéreos, pois, no momento de plantio, antes da aplicação da *priming*, o IVD (índice visual de dormência) das cultivares em estudo manteve-se acima de 60% (Figura 4). A frigorificação de bulbilhos aéreos é uma importante forma de manejo pré-plantio, pois modula o balanço hormonal, elevando as concentrações de giberelinas e reduzindo o ácido abscísico, resultado em maior capacidade de instalação em campo e vigor inicial (Dong et al., 2019).

Os maiores índices de emergência da cv. Hozan foram associados ao seu elevado vigor inicial, promovido pelo maior peso dos bulbilhos aéreos em relação às demais cultivares. Diferentemente da propagação por bulbilhos subterrâneos, foi verificado que o peso do bulbilho aéreo da cv. Hozan é maior que as demais cultivares. Considera-se que o vigor da folha de brotação, a velocidade e a porcentagem de germinação são maiores para bulbilhos aéreos mais pesados e de maior volume (Jeon et al., 2017). Para o presente estudo, os bulbilhos aéreos de maior peso da cv. Hozan estão associados ao maior índice visual de dormência final (IVD final), maior índice de velocidade de emergência (IVE),

menor tempo médio de emergência (TME) e maior stand final (Figura 1 e 2). No entanto, a bulbificação precoce, induzida por estímulos de frigidificação do material de propagação e *priming*, reduzem a capacidade de produção total de bulbos. Neste estudo, embora a cv. Chonan tenha sido propagada por meio de bulbilhos aéreos menos vigorosos que Hozan, o crescimento durante o ciclo de cultivo e a capacidade de transporte de fotoassimilados para o bulbo resultaram em maior produção total de bulbos.

5.CONCLUSÃO

- A aplicação de *priming* com soluções aquosas de giberelinas em bulbilhos aéreos não afeta a morfologia das plantas de alho das cvs. Chonan, Hozan, Ito e Quitéria;
- *Priming* com de GA4 em bulbilhos aéreos aumenta a capacidade de diferenciação de bulbos da cv. Ito;
- O aumento da diferenciação dos bulbilhos também ocorre para a cv. Chonan, quando o material de propagação foi submetido à *priming* com GA3;
- As cv. Ito e Quitéria são sensíveis ao superbrotamento do bulbo, quando submetidas à *priming* com giberelinas.

6.AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos que colaboraram durante a execução do experimento.

À EMBRAPA-Hortaliças, por ceder as cultivares de alho e pela colaboração científica durante a elaboração e condução da pesquisa. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), à PROAP/CAPES e AUXPPG/UESB, pelo financiamento da pesquisa, pelo apoio financeiro, técnico e em infraestruturas.

7.DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflito de interesses. Os financiadores não tiveram nenhum papel no desenho do estudo; na coleta, análise ou interpretação dos dados, na redação do manuscrito e na decisão de publicar os resultados.

8.REFERÊNCIAS

- Azmi, C., Saadah, I. R., Aswani, N., Karjadi, A. K. The growth of garlic internal sprout on different storage condition. In AIP Conference Proceedings, v. 2462, n. 1, p.020037 2022, <https://doi.org/10.1063/5.0075180>
- Bachmann, J., Hinman, T. Garlic: organic production. national sustainable agriculture information service, v.1, n.800, p.1-28, 2008
- Benkeblia, N., Onodera, S., Shiomi, N. Effect of gamma irradiation and temperature on fructans (fructo-oligosaccharides) of stored onion bulbs *Allium cepa* L. Food chemistry, v. 87, n. 3, p. 377-382, 2004.
- Bhusal, H., Shemesh-Mayer, E., Forer, I., Kryukov, L., Peters, R., Kamenetsky-Goldstein, R. Bulbils in garlic inflorescence: development and virus translocation. Scientia Horticulturae, 285, 11014, 2021.
- Cruz-Castillo, J.G., Woolley, D.J. Pedicel weight and length do not affect kiwifruit size. Europe Journal of Horticulture Science.v.71, p. 272–276, 2006.
- Dinda, W.P., Triharyanto, E. Effects of mulch on growth and yield of garlic bulbils at various fertilizing doses. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 423(1):012033. doi:10.1088/1755-1315/423/1/012033. 2020.
- Dong, Y., Guan, M., Wang, L., Yuan, L., Sun, X., Liu, S. Transcriptome analysis of low-temperature-induced breaking of garlic aerial bulb dormancy. International Journal of Genomics, v.2019, p.1–16, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/9140572>
- Dong, Y., Wang, L., Gu, Q., Guan, M. Dong, F., Sun, X. Effects of low temperature and exogenous GA3 on releasing aerial bulb dormancy in garlic and its physiological and biochemical mechanisms. Plant Physiology Journal, p.256-264. 2020. <https://doi.org/10.13592/j.cnki.ppj.2019.0121>.
- Dugan, F.M., Lupien, S.L., Hellier, B.C. Infection by *Fusarium proliferatum* in aerial garlic bulbils is strongly reduced compared to rates in seed cloves when both originate from infected bulbs. Crop Protection 116:43-48. doi:10.1016/j.cropro.2018.10.006. 2019.
- Etoh, T., Noma, Y., Nishitarumizu, Y. Seed productivity and germinability of various garlic clones collected in soviet central Asia. Memorial Faculty of Agronomy. Kagoshima University v.24, p.129–139, 1988
- Godena, S., Ban, D., Dimićić, G., Ban, G. Incidence of viruses in cloves and bulbils of garlic ecotypes in Croatia. Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus, v.19, n.5, p.91-100, 2020
- Jeon, Y. A., Cha, M. K., Cho, Y. Y. Effects of morphological characteristics and biomass on germination and growth of bulbil for production of leaf garlic. Journal of Bio-Environment Control, v. 26, n.3, p. 221-226, 2017

Khokhar, K.M. Bulb development in garlic – a review, The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, v.98, n.4, p.432-442, 2023,<https://doi.org/10.1080/14620316.2022.2150326>

Li, J., Cao, J., Wang, C., Hao, N., Zhang, X., Liu, M., Wu, T. Research progress on the leaf morphology, fruit development and plant architecture of the cucumber. Plants v. 11, n.16, p.1-14, 2022

Liu, C., Xiao, P., Jiang, F., Wang, S., Liu, Z., Song, G., Li, W., Lu, T., Li, J., Wang, D., et al. Exogenous gibberellin treatment improves fruit quality in self-pollinated apple. Plant Physiology and Biochemistry v.174, p.11–21, 2022

Mhazo, M. L., Ngwerume, F. C., Masarirambi, M. T. Garlic (*Allium sativum*) propagation alternatives using bulblets and cloves of different sizes in a semi-arid sub-tropical environment. Annual Research and Review in Biology, v. 4, n. 1, p. 238-245, 2013. <https://www.scielo.cl/pdf/chiljar/v84n1/0718-5839-chiljar-84-01-123.pdf>

Mituti, T., Oliveira, M. L., Nardini, J. P. C., Moura, M. F., Hoffmann, M. I. M., Guimarães, L. R. P., Pavan, M. A. Bulbilhos aéreos de alho, provenientes de escapes florais, são infectados por vírus. Summa Phytopathologica, v.40, p. 368-370, 2014

Rahim, M. A., Fordham, R. Effect of shade on leaf and cell size and number of epidermal cells in garlic (*Allium sativum*). Annals of Botany, v. 67, n. 2, p. 167-171, 1991.

Resende, G.M. Comportamento de cultivares de alho (*Allium sativum* L.) no Norte de Minas Gerais. Horticultura Brasileira v.11, n.93,1993

Resende, G.M., Souza, R.J. Efeitos de tipos de bulbos e adubação nitrogenada sobre a produtividade e características comerciais do alho cv. “Quitéria”. Horticultura Brasileira, v.19, p. 320-323,2001.

Resende, J.T.V., Morales, R.G.F., Resende, F.V., Faria, M.V., Souza, R.J., Marchese, A. Garlic vernalization and planting dates in Guarapuava. Horticultura Brasileira, v.29, p.193-198, 2011

Ried, K, Travica, N., Sali, A. The effect of aged garlic extract on blood pressure and other cardiovascular risk factors in uncontrolled hypertensives: The age at heart trial. Integrated Blood Pressure Control, p. 9-21, 2016.

Rosen, C. J., Tongn, C. B. Yield, dry matter partitioning, and storage quality of hardneck garlic as affected by soil amendments and scape removal. Horticulture Science, v.36, n.7, p. 1235-1239, 2001.

Rotem, N., David-Schwartz, R., Peretz, Y., Sela, I., Rabinowitch, H. D., Flaishman, M., Kamenetsky, R. Flower development in garlic: The ups and downs of gaLFY expression. Planta, 233(5), 1063–1072. <https://doi.org/10.1007/s00425-011-1361-8>, 2011.

Sohn, E. Y., Kim, Y. H., Kim, B. S., Seo, D. H., Lee, H. S., Lee, I. J. Changes in endogenous gibberellin contents during bulb development period in the cold-type cultivar of garlic (*Allium sativum* L.) of Korea. Horticultural Science and Technology, v.28, n.5, p. 750-756, 2010.

Sopha, G. A., Syahid, S. F., Cartika, I., Marpaung, A. E., Hamdani, K. K., Gunadi, N., Muharam, A. Aerial bulbils as garlic alternative planting materials, a systematic review. Chilean Journal of Agricultural Research, v.84, n.1, p.123-131, 2024

Sulastiningsih, N.W.H., Aswani, N., Hermanto, C. Agronomic characters evaluation of garlic (*Allium sativum* L.) bulbils. p. 197-203. In Proceeding International Conference on Green Agro-Industry. UPNV Yogyakarta, Indonesia. 2020.

Triharyanto, E., Wijayanti, D.P., Setyaningrum, D. Morphology, structure, and potential of bulbils yield as a planting material of onion in Tropical Regions. Universal Journal of Agricultural Research 10(3):204-212. doi:10.13189/ujar.2022.100303. 2022.

Varshney, R., Budoff, M. J. Garlic and heart disease. The Journal of Nutrition, v. 146, n. 2, p. 416S-421S, 2016.

Vassura, Y., Castro, E. M. D., Silva, O. B. D., Pereira, M. P., Brito, O. G., Andrade Junior, V. C. D., Pereira, F. J. Leaf anatomy and physiology of garlic cultivars related to tolerance to environmental factors. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.59, p.e03368, 2024.

Winiarczyk, K., Solarska, E., Sienkiewicz, W. Prevalence of infections with onion yellow dwarf virus leek yellow stripe virus and garlic common latent virus in plants from the genus *Allium*. Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus, v.13, n.3, p.123-133, 2014.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste estudo corroboram a hipótese de que as giberelinas, particularmente a GA3, exerce um efeito positivo na alteração da morfologia de bulbos de alho.

Com relação as cultivares, as cultivares de alho com exigências térmicas semelhantes apresentam repostas diferentes, quando submetidos à *priming* com giberelinas.