

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS DA VIDA
CURSO DE AGRONOMIA**

RAFAELA MENEGUZZO

**EFEITO DA IRRIGAÇÃO, POSIÇÃO DE PLANTIO E APLICAÇÃO DE
SILÍCIO SOBRE A CULTURA DO ALHO NA SERRA GAÚCHA**

CAXIAS DO SUL

2020

RAFAELA MENEGUZZO

**EFEITO DA IRRIGAÇÃO, POSIÇÃO DE PLANTIO E APLICAÇÃO DE
SILÍCIO SOBRE A CULTURA DO ALHO NA SERRA GAÚCHA**

Trabalho de Conclusão de Curso II como
requisito para a obtenção do título de
Engenheira Agrônoma da Universidade
de Caxias do Sul. Área do
conhecimento: Olericultura.

Orientador: Prof. Dr. Gabriel Fernandes
Pauletti

Prof. Dr. Gabriel Fernandes Pauletti - Orientador
Universidade de Caxias do Sul

Prof.(a) Ma. Luciana Duarte Rota - Banca Examinadora
Universidade de Caxias do Sul

Prof.(a) Ma. Elaine Damiani Conte - Banca Examinadora
Universidade de Caxias do Sul

CAXIAS DO SUL

2020

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Sandra e Gilberto e ao meu irmão João Vitor, que nunca mediram esforços para a conclusão da minha graduação, prestando todo apoio necessário, inclusive para a realização deste trabalho.

Ao meu namorado Renilson França, que me auxiliou em diversas atividades durante o período acadêmico e está comigo em todas as situações.

A minha colega de caminhada acadêmica Gabrielli Fontanella que muito me apoiou nesse momento, e sei que irei levá-la comigo durante o meu futuro, assim como outros colegas que agregaram muito além de conhecimento, mas também em companheirismo e força.

Aos meus amigos de vida, que durante a minha graduação me apoiaram e acreditaram na minha capacidade.

Agradeço também à empresa Silifertil, que disponibilizou gratuitamente o silicato de cálcio para a realização do meu trabalho.

Aos meus mestres que sempre se mostraram presentes, e fizeram um excelente trabalho ao compartilhar o seu conhecimento.

Ao doutorando Wendel Paulo Silvestre por toda disponibilidade e ajuda no trabalho.

E a Deus, que mesmo em um momento totalmente adverso como foi o ano de 2020, me permitiu ter saúde e disponibilidade para realizar meu trabalho e concluir a graduação.

EFEITO DA IRRIGAÇÃO, POSIÇÃO DE PLANTIO E APLICAÇÃO DE SILÍCIO SOBRE A CULTURA DO ALHO NA SERRA GAÚCHA

Rafaela Meneguzzo¹

Gabriel Fernandes Pauletti²

Resumo: A cultura do alho é amplamente difundida na Serra Gaúcha, sendo a maior região produtora do Rio Grande do Sul. Existe déficit de informações acerca do manejo de irrigação do alho, bem como da influência da direção de plantio dos bulbilhos semente no solo sobre o desenvolvimento da planta. O silício vem sendo utilizado na cultura como fertilizante auxiliar, e busca-se avaliar sobre diferentes doses de aplicação, viabilidade e resultados no incremento produtivo da cultura. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi verificar o efeito da irrigação de forma empírica e irrigação com base no cálculo de evapotranspiração, o desenvolvimento da planta em diferentes posições de plantio de bulbilhos e a fisiologia das plantas com diferentes doses de silício no solo. O experimento foi conduzido em uma área produtiva comercial na cidade de São Marcos, RS. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com quatro repetições em cada tratamento. A cultivar utilizada foi a de alho nobre San Valentin. As variáveis avaliadas em todos os fatores foram altura de plantas, diâmetro do caule, tamanho de bulbo, porcentagem de germinação, tamanho do caule e massa média dos bulbos. Os resultados obtidos indicaram que a irrigação apresentou maiores alturas de planta quando irrigadas de acordo com o cálculo da evapotranspiração não ocorrendo diferenças na produtividade; o plantio com bulbilho-semente voltado para cima apresentou o menor tempo de germinação e maior massa de bulbos; a aplicação de silício na maior dose (800 kg·ha⁻¹) proporcionou aumento de 18% na massa média de bulbos.

Palavras-chave: *Allium sativum*. San Valentin. Micronutrientes. Evapotranspiração.

EFFECT OF DRIPPING, PLANTING POSITION, AND SILICON APPLICATION ON GARLIC IN 'SERRA GAÚCHA' REGION

Abstract: The cultivation of garlic is widely distributed in the Serra Gaúcha region, being the region with the highest production in the state of Rio Grande do Sul. There is little information relative to the management of dripping in garlic, as well as the influence of the planting direction of the bulbils in soil in the development of the culture. Silicon is being used in garlic as an auxiliary fertilizer, but it is necessary to study the optimal dose, viability, and the increase in culture yield. Thus, this study aimed to verify the effect of different dripping regimes based on the evapotranspiration and empirically, evaluate the development of the plants that germinated under different planting positions, and observe the physiology of the plants according to the different doses of silicon applied to the soil. The experiment was carried out in a private property in

¹ - Acadêmica do Curso de Agronomia da Universidade de Caxias do Sul. E-mail: rmeneguzzo1@ucs.br.

² - Professor Dr. Orientador da Disciplina de TCC II da Universidade de Caxias do Sul, localizada na Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130 – Bairro Petrópolis – CEP 95070-560. E-mail: gfpauletti@ucs.br.

the municipality of São Marcos, RS. The experimental design was of randomized blocks, with four repetitions in each treatment. The 'San Valentin' garlic cultivar was used. The parameters evaluated were plant height, stalk height and diameter, germination percentage of the bulbils, and average bulb mass. The observed results indicated that dripping induced higher plant heights when it was carried out based on evapotranspiration; planting with the bulbils face up have had the smaller germination time and the highest average bulb mass; the application of silicon at the highest dose ($800 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) increased the average bulb mass by approximately 18%.

Keywords: *Allium sativum*. San Valentin. Micronutrients. Evapotranspiration.

INTRODUÇÃO

O alho (*Allium sativum* L.) é uma cultura olerícola amplamente cultivada devido a suas características de sabor e aroma, sendo um dos principais condimentos culinários no Brasil. Com centro de origem no continente asiático, o alho é uma planta herbácea, pertencente à família Alliaceae. O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de alho, porém, apesar de apresentar condições edafoclimáticas favoráveis, a produção nacional ainda não é auto suficiente, sendo necessária a importação.

Segundo dados do IBGE no ano de 2019, a produção nacional atingiu 131.523 t, com rendimento médio de $11.734 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, apresentando um aumento de 9,62% em relação à safra de 2018 (IBGE, 2020).

O plantio da cultura é realizada através de propagação vegetativa, visto que as sementes não são viáveis em condições de lavoura, sendo então realizada a multiplicação vegetativa com os bulbilhos-semente, onde as plantas são diretamente afetadas pela condição em que são colocados no solo, acarretando em perdas na produtividade final, visto que uma planta com menor altura, atraso na germinação, tamanho de bulbo e peso reduzidos são desvalorizados e acarretam em heterogeneidade na lavoura (LUCINI, 2004).

A cultura do alho é muito sensível à falta de água, assim como ao excesso. Partindo disso, o manejo adequado da irrigação é um aspecto fundamental para alcançar valores elevados de produtividade e boa conservação dos bulbos no pós-colheita. Atualmente, a maioria dos produtores não conta com um tratamento padronizado, estando sob risco de comprometer a cultura por déficit ou excesso de água em etapas importantes do ciclo de desenvolvimento. (BRAGA, 2014; MAROUELLI, 2017).

Segundo o manejo tradicional da cultura do alho, a preferência é de que os bulbos sejam plantados de forma que o lado onde se desenvolvem as raízes esteja em baixo e o lado

onde se desenvolverá a parte vegetativa fique para cima, facilitando assim a germinação. Porém, existem poucos estudos que avaliem uma possível influência da direção do plantio sobre a germinação até a produtividade final (BELIDO, 2016; AQUINO et al., 2017).

O silício (Si) é um elemento de grande abundância no solo, pois é constituinte de material inerte de areias, quartzo, caulinita, mica, feldspato, entre outros (REIS et al., 2007). O elemento não é considerado essencial, e o Decreto Lei n°. 4.954, de 14 de janeiro de 2004 considera-o um micronutriente, mas não há um consenso geral quanto a classificação desse elemento, visto que é quantioso no solo, sendo também enquadrado como macronutriente (SENA, CASTRO, 2010).

A adição de Si pode aumentar as defesas naturais da planta através do aumento da resistência da parede celular, como, por exemplo, a tolerância à seca em uma variedade de culturas, incluindo arroz, sorgo, trigo, milho, girassol, soja, pepino, pimenta, entre outros. Tal efeito é de significância considerável, uma vez que o estresse hídrico é o principal estresse abiótico demonstrado pelas plantas. Por outro lado, os rendimentos das culturas são frequentemente reduzidos pela escassez de água, especialmente se esta ocorrer em períodos críticos do desenvolvimento da mesma (HAYNES, 2017; GONDIM, 2018).

Com o presente trabalho, se buscou dimensionar a necessidade hídrica da cultura do alho, favorecendo um equilíbrio e evitando gastos e problemas gerados pela falta ou excesso de irrigação. Também objetivou-se verificar se o plantio dos bulbos sementes em diferentes direções afeta a produtividade, visto que já existem opções de mecanização para o plantio. O uso do silício ainda é pouco comum na produção de alho, porém, como vem apresentando resultados positivos em outras culturas, faz-se necessário o levantamento dos efeitos do Si sobre esta cultura.

METODOLOGIA

A pesquisa foi conduzida a campo, em propriedade particular no município de São Marcos, RS, no período de 20/05/2020 a 30/10/2020. A área se localiza nas coordenadas geográficas 28°54'21''S e 51° 09'00''O, com altitude de 687 m.

O manejo cultural foi realizado de acordo com a necessidade da área, com aplicações de herbicidas no pré e pós-plantio, fungicidas durante o desenvolvimento da cultura, adubação de cobertura em períodos determinados pelo produtor e corte da haste floral no início da diferenciação dos bulbos. O manejo foi realizado em todos os tratamentos, a fim de não influenciar o desenvolvimento do trabalho. Os bulbos sementes foram acondicionados em câmara fria por 50 dias a uma temperatura de 2,5 °C e UR de 65%.

O solo, classificado como Cambissolo, foi corrigido e adubado conforme a necessidade e recomendações da cultura. Realizou-se a análise de solo de acordo com os procedimentos propostos por Tedesco et al. (1995) e a correção/adubação foi realizada de acordo com o Manual de Adubação e Calagem para os Estados do RS e SC, tendo como base as necessidades nutricionais da cultura do alho (Comissão de Fertilidade do Solo, 2016).

O delineamento experimental utilizado para a execução da pesquisa foi de blocos casualizados, com quatro repetições para cada tratamento. Cada parcela foi composta por 1,2 m de largura por 3,0 m de comprimento. O espaçamento entre plantas era de 12 cm e entre linhas de 20 cm, sendo que foi deixada uma bordadura de 10 cm em cada lado do canteiro.

O experimento foi realizado com os seguintes tratamentos: irrigação, direção de plantio e aplicação de silício. A irrigação contou com três tratamentos, irrigação baseada no conhecimento do produtor e outro com base na ETP calculada, mais a testemunha (sem irrigação). O cálculo de evapotranspiração foi feito de acordo com a fórmula proposta por Hargraives & Samani (2000), apresentada na equação 1, utilizando dados de temperatura máxima e mínima mensuradas no local e a radiação solar extraterrestre (R_a) tabelada (IAPAR, 2019).

$$ET_0 = 0,0135 \times K \times Ra \times (T_{max} - T_{min}) \times (T_{med} + 17,8) \quad (1)$$

A partir da determinação da ET_0 , determinou-se a ETP_c (evapotranspiração da cultura - equação 2), com base nela, foi determinada a dose de rega a ser aplicada.

$$ETP_c = ET_0 \times K_c \quad (2)$$

Para o coeficiente de cultivo (K_c) do alho, foram utilizados os seguintes valores: 0,80 a 0,85 durante o estágio vegetativo, 1,00 a 1,05 durante o estágio de crescimento do bulbo e 0,70 a 0,75 durante o estágio de maturação (ALLEN et al., 1998; MAROUELLI et al., 2014).

A lâmina de irrigação (L) foi calculada diariamente, sendo a irrigação realizada quando o resultado da diferença entre $ETP_c - P$ era maior ou igual a 15 mm, conforme apresentado na equação 3.

$$L = EPT_c - P; se P \geq 15mm \quad (3)$$

A irrigação realizada pelo produtor foi feita através de uma motobomba a diesel, com um sistema de canos de 2" e aspersores de impacto de médio porte. A

irrigação aplicada de acordo com a ETP era realizada com um regador, visto que não haviam fontes de água próximas ao local, pois a área irrigada pelo produtor era em local diferente devido à logística necessária para a execução do experimento. Foi utilizado um reservatório com a capacidade de 220 L de água próximo ao experimento sendo a lâmina de água calculada aplicada manualmente. De acordo com os cálculos, eram necessários em torno de $15 \text{ mm} \cdot \text{m}^{-2}$; como os canteiros tinham $3,6 \text{ m}^2$; aplicou-se 54 L de água em cada parcela do tratamento.

No segundo tratamento, o alho foi plantado em três diferentes direções, uma onde o ápice ficou voltado para cima (recomendado), outra com o ápice voltado para baixo (invertida) e outra em que o bulbilho era depositado na posição horizontal no solo (deitada).

O terceiro tratamento contou com diferentes doses de silicato de cálcio em pó Silifertil Ambiental[®] (zero, 200, 400, 600 e $800 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ respectivamente), que continha 22% de SiO_2 e de 36-40% de cálcio, com índice PRNT de 63%, aplicado 10 dias antes do plantio, com incorporação manual.

As variáveis avaliadas em todos os experimentos foram altura de plantas, realizando a medição com uma trena, do solo até a última folha completamente desenvolvida, diâmetro do caule e diâmetro dos bulbos (sentido transversal) com o auxílio de um paquímetro digital, porcentagem de germinação foi quantificada através da contagem de plantas emergidas em cada parcela e massa média de bulbos logo após a colheita (PETRAZZINI; SOUZA; CARVALHO, 2011).

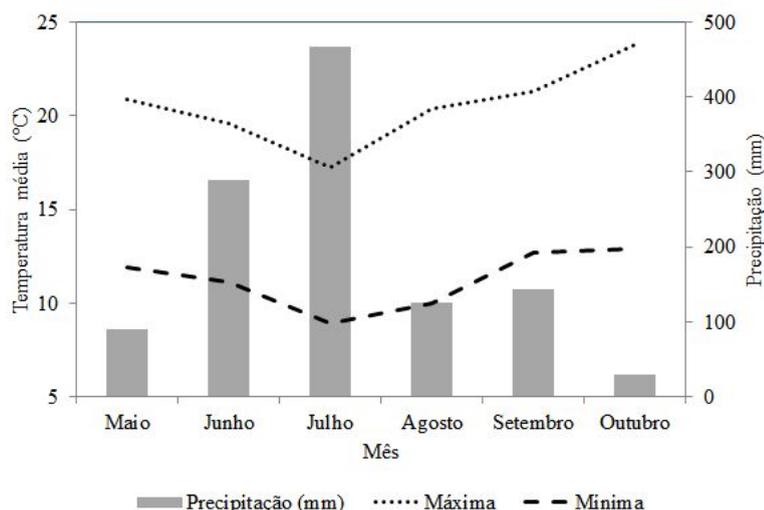
Os componentes de rendimento, diâmetro de caule, tamanho de bulbo, massa média dos bulbos e a altura foram avaliados a partir de dez plantas escolhidas de forma aleatória de cada parcela.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito da irrigação sobre a cultura do alho

O ano safra do alho iniciou com um período extremamente chuvoso, registrando cerca de 300 mm em 10 dias, chegando a um acumulado de 1.147 mm durante os 180 dias em que a cultura estava sendo monitorada. Pode-se observar um alto volume pluviométrico, porém mal distribuído no tempo, como ilustra o Gráfico 1, sendo a que a média de precipitação que a cultura necessita durante todo o seu ciclo de desenvolvimento varia de 400 mm a 850 mm (MAROUELLI, 2017).

Gráfico 1. Índices pluviométricos e temperaturas médias máximas e mínimas registradas durante o período de maio a outubro de 2020. São Marcos, 2020.



Fonte: autor (2020).

Na fase germinativa (10-30 dias), o bulbilho depende basicamente de suas reservas energéticas, não sendo totalmente dependente de água; mesmo assim, a precipitação ocorreu de forma equilibrada na fase inicial e até em excesso durante o mês de junho.

Nos meses de julho, agosto e setembro, período de desenvolvimento vegetativo e diferenciação dos bulbos (85-90 dias), que são períodos críticos para a cultura em relação ao déficit hídrico, os índices pluviométricos foram satisfatórios para suprir a demanda da fase fenológica, visto que a planta passa a demandar mais água conforme as raízes e parte aérea se desenvolvem. Nessa fase, a evapotranspiração tende a aumentar devido ao crescimento da planta e também pela elevação de temperatura nos meses de agosto e setembro tornando a planta mais sensível. Sendo assim o produtor não precisou irrigar, e de acordo com a fórmula da ETP utilizada no trabalho, foram realizados quatro eventos de regas, em intervalos de aproximadamente 20 dias (NICK, BORÉM, 2017).

A fase de maturação (30-35 dias) é menos exigente quanto à precipitação, pois nessa fase há o acúmulo de sólidos solúveis e o secamento da planta. No entanto, como pode ser observado, a partir do início do mês de outubro iniciou um período de estiagem que demandou o produtor realizar a irrigação da área, nos dias 09/10/2020 e 15/10/2020, onde o mesmo aplicou cerca de 30 mm em cada rega. O cálculo da ETP exigiu regas mais frequentes, onde dentro do período de 01/10/2020 a 30/10/2020 foram aplicadas seis regas,

aproximadamente uma vez na semana.

De acordo com os resultados obtidos durante a pesquisa (Tabela 1), a irrigação não influenciou os dados de tamanho de bulbo e diâmetro de caule, mesmo que as parcelas, tanto irrigada pelo produtor quanto a baseada na evapotranspiração, apresentaram maiores médias se comparadas à testemunha. A maior diferença estatística esteve na altura de planta, onde as que não foram irrigadas apresentaram altura média de 41,45 cm; as irrigadas pelo produtor apresentaram 45,13 cm e as tratadas de acordo com o cálculo da evapotranspiração, 49,40 cm.

Tabela 1. Resultados da avaliação dos parâmetros de desenvolvimento da cultura do alho de acordo com a irrigação. São Marcos, 2020.

Tratamentos	Altura de Planta (cm)	Diâmetro de caule (mm)	Tamanho de bulbo (mm)	Massa média ¹ de bulbos (g)
Testemunha	41,45 c	12,35 a	47,13 a	486 a
Empírica	45,13 b	12,46 a	49,63 a	555 a
Evapotranspiração	49,40 a	13,61 a	49,46 a	553 a
F p/ Tratamento	312,70**	3,78 ^{NS}	1,82 ^{NS}	2,50 ^{NS}
DMS	0,98	1,56	4,48	107,7
C.V (%)	0,99	5,61	4,24	9,35

Médias em coluna seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% () ou a 1% (**) de probabilidade. ¹ – Considerando a massa média de dez bulbos.

Como visto por Longhi (2015), mesmo que o ano apresente altos índices pluviométricos, se faz necessário o uso da prática da irrigação devido à distribuição irregular da precipitação pluviométrica, com uma média de dez eventos de rega durante o ciclo da cultura.

Marouelli, Silva e Moretti (2002) relataram que o desenvolvimento vegetativo é negativamente afetado em condições de deficiência de água no solo, assim como observado no presente trabalho, onde a testemunha foi a que apresentou a menor média de altura de planta (41,45 cm).

Oliveira (2019) relatou em seu trabalho que a produtividade apresenta correlação direta com a altura e diâmetro do bulbo na área irrigada. No presente trabalho, foi possível observar que as maiores alturas foram encontradas no tratamento em que mais se irrigou, porém, a produtividade não apresentou diferença estatística significativa.

Dentro desse tratamento, as hipóteses não foram corroboradas como o esperado. Pode-se considerar que este comportamento foi resultado da precipitação satisfatória durante a fase de maior necessidade hídrica da cultura, que é a fase de desenvolvimento vegetativo e diferenciação dos bulbos.

Efeito da direção de plantio dos bulbilhos sobre o desenvolvimento da cultura

De acordo com o observado na Tabela 2, a altura de plantas apresentou diferença estatística, onde as plantas que alcançaram as maiores alturas, 51,32 cm e 48,40 cm, respectivamente, foram plantadas nas direções convencional e deitada, aos 73 dias após o plantio. Por outro lado, os bulbilhos que foram plantados na direção invertida apresentaram uma altura média de apenas 34,95 cm no mesmo período. O tamanho do caule também apresentou um comportamento semelhante, onde a posição invertida apresentou a de menor média (8,09 mm) enquanto que as posições convencional e deitada obtiveram valores estatisticamente iguais, 11,75 e 10,76 mm, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2. Avaliações de altura de plantas, diâmetro de caule, tamanho de bulbo e massa média de 10 bulbos quando plantados em diferentes posições. São Marcos, 2020.

Tratamentos	Altura de planta (cm)	Diâmetro de caule (mm)	Tamanho de bulbo (mm)	Massa média ¹ dos bulbos (g)
Convencional	51,32 a	11,75 a	48,90 a	522 a
Deitada	48,40 a	10,76 a	47,79 a	488 a
Invertida	34,95 b	8,09 b	40,48 b	312 b
F p/ Tratamento	53,35**	59,81**	50,09**	12,98**
DMS	5,18	1,06	2,80	135,4
C.V (%)	5,32	4,79	2,82	14,16

Médias em coluna seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% () ou a 1% (**) de probabilidade. ¹ – Considerando a massa média de dez bulbos.

Assim como as demais avaliações o tamanho do bulbo na colheita também foi influenciado pela direção de inserção dos bulbilhos no solo, onde os maiores tamanhos médios foram novamente dos tratamentos os quais os bulbos foram plantados com o ápice voltado para cima (48,90 mm) e na posição horizontal (47,79 mm). Estes tratamentos foram classificados como calibre 6 (47-56 mm), enquanto que os plantados de forma invertida, apresentaram a média de 40,48 mm, classificados como calibre 4 (37-42 mm), ressaltando que o calibre é a medida para comercialização e definição de preço (BRASIL, 1992).

A avaliação da massa média de dez bulbos apresentou diferença estatística significativa, onde os bulbilhos plantados com o ápice para cima apresentaram uma massa de 552 g e deitados 488 g, valores maiores do que àqueles originados dos bulbilhos plantados com o ápice voltado para baixo, cuja média foi de 313 g, o que representa uma diferença de até 40,13% entre os tratamentos.

No tratamento 3, em que os bulbilhos foram plantados com o ápice voltado para baixo, pode-se verificar grandes irregularidades nas hastes (Figura 1), assim como Alves (1997) observou em seu experimento.

Figura 1. Deformações causadas pela direção de plantio invertida.



Fonte: autor (2020).

Também é digno de nota citar que as plantas desse mesmo tratamento apresentaram amolecimento do caule, como ilustra a Figura 2, o que pode ter sido uma resposta fisiológica devido ao posicionamento do bulbilho, ou sintoma de bacteriose, fatores esses que podem causar grandes prejuízos à lavoura, além de tornar o produto final não comercializável.

Figura 1. Amolecimento do caule em bulbilhos plantados na direção invertida.

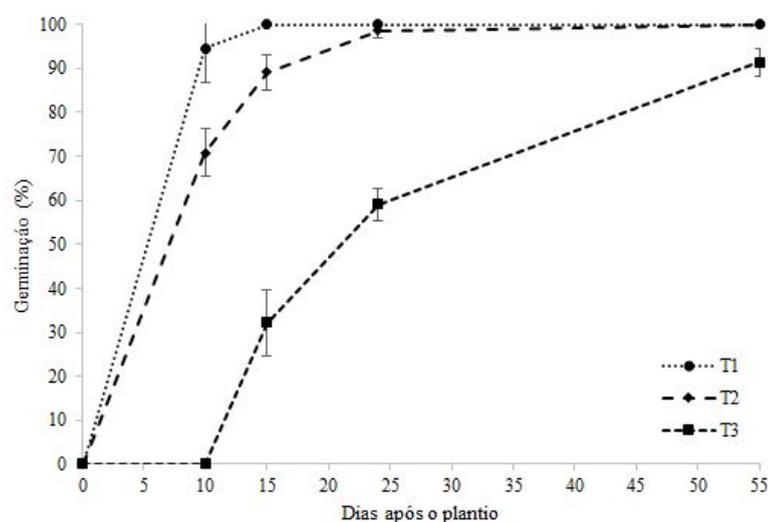


Fonte: autor (2020).

O tratamento em que os bulbilhos foram plantados horizontalmente não apresentaram diferenças estatísticas em relação ao plantio convencional. Porém, foi possível observar que houve deformações nas hastes semelhantes às observadas quando os bulbos foram plantados com o ápice para baixo; este fenômeno pode acarretar em perda de valor comercial do produto final, como Aquino (2017) constata em seu trabalho.

Quanto à germinação, a diferença foi visível e bastante significativa, apresentando comportamento semelhante ao observado por Castellanos et al. (2004). Os bulbilhos plantados com os ápices voltados para cima germinaram mais rapidamente e uniformemente, do que os plantados horizontalmente. A germinação observada no presente trabalho pode ser interpretada de acordo com o Gráfico 2, onde os bulbilhos plantados com o ápice voltado para cima emergiram em sua totalidade com 10 dias pós-plantio; as repetições compostas pelos bulbilhos plantados com o ápice voltado para baixo não haviam germinado ainda. A posição horizontal germinou, porém com baixa homogeneidade e o produto final apresentava bulbos deformados.

Gráfico 2. Germinação dos bulbilhos inseridos no solo com o ápice voltado para cima (T1), horizontalmente (T2) e com o ápice voltado para baixo (T3).



Avaliação 10 dias após o plantio: DMS (5%): 12,4506; F: 293,97**; CV: 10,407488. Avaliação 15 dias após o plantio: DMS (5%): 11,8136; F: 178,42**; CV: 7,37. Avaliação 25 dias após o plantio: DMS (5%): 4,9646; F: 412,49*; CV: 2,6636104. Avaliação 55 dias após o plantio: DMS (5%) = 3,8879; F: 31,01**; CV: 1,8451654. ** - Significante a 1% de probabilidade.

Fonte: autor (2020).

As avaliações referentes à germinação foram realizadas através da contagem de plantas emergidas em cada parcela. Couto (1958) verificou as diferentes posições possíveis e encontrou dificuldades de brotação nas posições horizontais e invertidas de até 25 dias, assim como Chen, Keong e Chiu (1976), gerando alta heterogeneidade na lavoura, o que também foi observado nas avaliações realizadas no presente trabalho. Lucini (2004) recomenda que os bulbos sejam plantados com o ápice voltado para cima, visando a obtenção de uma lavoura com germinação e crescimento uniformes.

Por outro lado, Resende et al. (2020) cita que a posição de plantio dos bulbilhos não

influencia os parâmetros de crescimento das plantas, ocorrendo apenas dificuldade de germinação. No entanto, este comportamento é contraposto pelos dados apresentados neste trabalho, que demonstram que a direção de plantio invertida afeta negativamente a produção e diversos parâmetros de crescimento da cultura.

Aos cinquenta e cinco dias após o plantio, todas as plantas deveriam ter germinado, o que nos mostra que houve perda de plantas viáveis no Tratamento 3 (plantio invertido), onde em média 8,64% das plantas não emergiram.

Esses valores comprovam que a direção de plantio é de extrema importância, visto que todas as parcelas cujos bulbilhos foram plantados com o ápice para baixo demonstraram pior desempenho, de forma semelhante ao observado por Borba (2003) e Lopes et al. (2012). O plantio é uma das operações mais importantes dentro do processo produtivo do alho, e o fator de posicionamento dos bulbos é limitante quando se trata da mecanização no plantio desta olerícola. Shimidt (1997) concluiu que a maioria das máquinas já desenvolvidas para o plantio do alho não atende ao requisito de posicionamento do bulbilho no solo, indicando que a mecanização pode trazer prejuízos até que um sistema que garanta o posicionamento correto do bulbilho no solo seja desenvolvido.

Influência da aplicação de silício no solo

A Tabela 3 compila os resultados dos parâmetros avaliados em relação à aplicação de silício para a cultura do alho.

Tabela 3. Parâmetros de desenvolvimento para a cultura de alho submetida a diferentes doses de silicato de cálcio. São Marcos, 2020.

Dose silício (kg·ha ⁻¹)	Altura de Planta (cm)	Diâmetro de caule (cm)	Tamanho de bulbo (cm)	Massa média ¹ de bulbos (g)
Zero (testemunha)	44,70 a	9,82 a	40,57 a	333 b
200	43,60 a	10,15 a	42,49 a	374 ab
400	44,65 a	9,61 a	41,61 a	362 ab
600	44,50 a	9,77 a	43,14 a	391 ab
800	46,30 a	10,16 a	43,59 a	392 a
F p/ Tratamento	1,43 ^{NS}	0,85 ^{NS}	1,85 ^{NS}	3,49*
DMS	3,67	1,19	4,01	58,5
C.V (%)	3,64	5,30	4,21	7,01

* - Médias em coluna seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% (*) ou a 1% (**) de probabilidade. ¹ – Considerando a média de dez bulbos.

Como é possível observar na Tabela 3, não houve diferença estatística significativa quando se avaliou altura de planta, diâmetro de caule e tamanho de bulbo. No entanto, as maiores médias de tamanho de bulbo e altura de planta

foram nas repetições em que foram aplicadas as maiores doses de silicato de cálcio ($800 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$).

Já para a massa média de bulbos, percebe-se que os bulbos submetidos à maior dose de silicato de cálcio apresentaram maior peso (392 g) em relação à testemunha (330 g). Segundo Petrazzini, Souza e Carvalho (2011), o aumento das doses de silicato de cálcio proporciona maior produtividade total e comercial de bulbos.

O preço comercial do silicato de cálcio utilizado na época da aplicação era de R\$ 16,00 a embalagem com 25 kg do produto. O preço de comercialização do alho ainda não foi definido para a safra 2020, mas durante a comercialização do produto na safra passada, era pago ao produtor em média R\$ 11,90 ao kg (CONAB, 2020). O aumento de produção na parcela foi de 60 g, representando um aumento de R\$ 0,714 por quilograma, ou seja, um incremento de 18,18% na produção. Se a produtividade média for de $9.000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, haverá o acréscimo de R\$ 6.426,00 por hectare. Utilizando o mesmo silicato de cálcio com a dose de $800 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, o produtor terá que adquirir 32 sacos por hectare, com o custo de R\$ 512,00 por hectare, apresentando ainda um lucro de R\$ 5.914,00 por hectare, sem contar o custo de aplicação que é em média de R\$ 200,00 por hectare, resultando em um valor líquido de aproximadamente R\$ 5.714,00 por hectare, adotando somente o silicato de cálcio.

Entretanto, de acordo com Reis et al. (2007), o conteúdo de silício nas plantas varia entre 0,1 a 10,0% da massa seca, e as mesmas podem ser classificadas como acumuladoras ou não de Si; essa classificação pode ser encontrada através da relação molar entre Si:Ca nos tecidos. As relações acima de 1,0 são consideradas plantas acumuladoras de Si, e entre 1,0 e 0,5, são intermediárias e abaixo de 0,5, não acumuladoras (MIYAKE; TAKAHASHI, 1983; MA et al., 2001).

No trabalho de Oliveira, (2011), constatou-se que a relação entre Si:Ca na cultura do alho é de 0,45, portanto, uma planta não acumuladora de Si, o que nos faz chegar à discussão de que toda influência que supostamente seria do Si no aumento de produtividade, na verdade se deve ao Ca, visto que ele foi aplicado no momento da adubação de correção e também na aplicação do silicato de cálcio.

As parcelas referentes à aplicação de diferentes doses de silicato de cálcio foram plantadas 10 dias após os demais tratamentos. Devido a isso, apresentaram menores valores nas avaliações realizadas em comparação aos tratamentos de irrigação e direção de plantio.

CONCLUSÃO

O tratamento com a irrigação baseada em cálculos da ETP_c, resultou em plantas com

maior altura, porém sem diferença em outros aspectos.

Com base nos resultados obtidos durante o experimento, pode-se considerar que a direção de plantio influencia diretamente em diversos aspectos produtivos, sendo o mais importante deles a produtividade final e a qualidade do produto, o que justifica a dificuldade em mecanizar as lavouras de alho.

O silicato de cálcio apresentou vantagens produtivas, onde a maior dose utilizada apresentou maior peso em relação à testemunha. O valor comercial do silicato de cálcio é acessível e poderia ser facilmente adotado nas propriedades produtoras, mas faz-se necessários mais estudos para verificação de outros aspectos, bem como o método de aplicação e o emprego de fontes alternativas e/ou mais eficientes e econômicas de silício.

REFERÊNCIAS

ALLEN, Richard G. et al. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. 1998. FAO. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/X0490E/X0490E00.htm>>. Acesso em: 03 out. 2020.

ALVES, Sebastião. Notas sobre o cultivo do alho. **Colheitas e Mercados**. São Paulo: 5(3) setembro, 1949, p. 7-11.

AQUINO, Leonardo Angelo de *et al.* Preparo do Solo e Plantio. In: NICK, Carlos; BORÉM, Aluizio (ed.). **Alho, do plantio à colheita**. Viçosa: Ufv, 2017. Cap. 3. p. 35-46.

BELLIDO, Francisco Javier López et.,al. **New phenological growth stages of garlic (*Allium sativum*)**. Department of Producción Vegetal y Tecnología Agraria, University of Castilla-La Mancha, Ciudad Real, Spain. **Ann Appl Biol**. n.169, p. 423-439. 2016

BOTREL, N.; OLIVEIRA, V. R. Cultivares de cebola e alho para processamento. In: **Embrapa Hortaliças-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. Horticultura Brasileira, Brasília, DF, v. 30, n. 2, p. S8420-S8434, jul. 2012. Suplemento., 2012.

BRAGA, Marcos Brandão et al. **Irrigação na cultura do alho**. Brasília: Embrapa, 2014. 24 p. BURBA, José Luis. **Producción del ajo**. 2003. Disponível em: <<https://inta.gob.ar/documentos/produccion-de-ajo>>. Acesso em: 03 out. 2020

BRASIL.Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Gabinete do Ministro. Portaria nº 242 de 17 de dezembro de 1992. Brasília, 1992.

BURBA, José Luis. Producción de ajo. **Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. INTA EEA La Consulta. Mendoza, Argentina**, 2003.

CASTELLANOS, J. Z. et al. Garlic productivity and profitability as affected by seed clove size, planting density and planting method. **HortScience**, v. 39, n. 6, p. 1272-1277, 2004.

CASTRONOVO, Alfonso. Ensáyo Culturales com Ajo em 1ª Region de Buenos Aires. **Revista de Investigaciones Agrícolas**. Buenos Aires: 4(4), 1950, p. 409-416.

CHEN, J., KWONG, K. & CHIU, Y. Studies on the Feasibility of Mechanical Planting for Garlic (*Allium sativum* L.). **Revista Taiwan Sugar Research Institute**. n. 73, 1976, p. 31-41.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Análise mensal: Cultura do Alho**. 2020. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuário-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-alho>>. Acesso em: 16 nov. 2020.

COUTO, F. A. A. Resultados experimentais de seleção e métodos de plantio de Bulbilhos na Brotação, Crescimento e Produção de Alho. **Tese Catedrática**. Viçosa: 1958, 130 p.

EMPRESA CATARINENSE DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. A cultura do Alho em Santa Catarina. Florianópolis: 1983, 98 p.

GONDIM, João Pedro Elias et al.; **Silício – Papel fundamental na produção da cebola**. 2018. Revista Campo & Negócio. Disponível em:<<https://www.revistacampoenegocios.com.br/silicio-papel-fundamental-na-producao-da-cebola/>>. Acesso em: 23 out. 2020

HAYNES, R. J. Significance and Role of Si in Crop Production. In: Advances in Agronomy. ed. D. L. Sparks (San Diego, CA: Elsevier Academic Press Inc.), v. 146, p. 83–166.

IAPAR – INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. Tabela de Radiação Solar Global Extraterrestre. 2019. Disponível em: http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/radiacao_solar.pdf. Acesso em 11 out. 2020.

IBGE, **Produção Agrícola Municipal 2019**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/14/10193>. Acesso em 05/11/2020.

LONGHI, Luiz Marcelo. **Balanco hídrico da cultura do alho nas condições edafoclimáticas de Curitiba para subsídio do planejamento de irrigação**. 2015. 40 f. TCC (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina, Curitiba, 2015.

LOPEZ, A. M.; BURBA, J. L.; LANZAVECHIA, S. **Análisis sobre la mecanización del cultivo de ajo**. Argentina, 2012.

LUCINI, Marco Antônio. **Alho (Allium sativum)**: manual prático de produção. Curitiba: Bayer Cropscience, 2004. 138 p.

MA, J. F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plants. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. **Silicon in agriculture: studies in plant science**. Amsterdam: Elsevier, 2001. v. 8. p. 17-39.

MAROUELLI, Waldir A.; SILVA, Washington L. C.; MORETTI, Celso L.. Desenvolvimento de plantas, produção e qualidade de bulbos de alho sob condições de

deficiência de água no solo. **Hortic. Bras.**, Brasília, v. 20, n. 3, p. 470-473, Set. 2002.

MAROUELLI, Waldir Aparecido; LUCINI, Marco Antonio. **Manejo de irrigação na cultura do alho**. Florianópolis: Revista Agropecuária Catarinense, 2014.

MAROUELLI, Waldir Aparecido. Manejo de Irrigação. In: NICK, Carlos; BORÉM, Aluízio. Alho: do plantio à colheita. Viçosa: Ufv, 2017. Cap. 8. p. 122-147.

OLIVEIRA, Job Teixeira de. **Variabilidade espacial de atributos do solo e de componentes de produção do alho irrigado**. 2019. 89 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2019.

OLIVEIRA, Nelson Geraldo de. **Silício e nitrogênio em alho vernalizado com e sem limpeza de vírus**. 2011. xxv, 245 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/103218>. Acesso em 24 nov. 2020.

PETRAZZINI, Lauro Luis; SOUZA, Rovilson José de; CARVALHO, Janice Guedes de. **Produtividade de alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas em função de doses de silício**. 2011. 6 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011. Disponível em: http://www.abhorticultura.com.br/EventosX/Trabalhos/EV_5/A4125_T6015_Comp.pdf. Acesso em: 22 out. 2020.

PREZOTTI, Luiz Carlos; GUARÇONI, André. **Guia de Interpretação de Análise de Solo e Foliar**. Vitória: Incaper, 2013. 106 p. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/40/1/Guia-interpretacao-analise-solo.pdf>. Acesso em: 09 out. 2020.

REIS, T. H. P. et al. O silício na nutrição e defesa de plantas. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. 120 p. (Boletim Técnico, 82).

RESENDE, Francisco Vilela *et al.* **Como plantar alho: sistemas de plantio**. Sistemas de Plantio. Elaborada por Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalias/alho/sistemas-de-plantio>. Acesso em: 17 nov. 2020.

SAMANI, Z. Estimating solar radiation and evapotranspiration using minimum climatological data. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, Reston, v. 126, n. 4, p. 265-267, 2000

SCHIMIDT, Alberto Souza. **Desenvolvimento do sistema mecanizado para a cultura do alho: com ênfase no plantio**. 1997. 282 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997. Disponível em: http://nedip.ufsc.br/uploads/file/tese_schmidt.pdf. Acesso em: 04 out. 2020..

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Solos, 1995. 118 p. (UFRGS. Boletim Técnico, 5).

VILLAR, Maria Luiza Perez. **Manual de Interpretação de Análise de Plantas e Solos e Recomendação de Adubação**. Cuiabá: Empresa Mato-Grossense de Pesquisa, Assistência e Extensão Rural, 2007. 188 p.

