



Efeito do regulador de crescimento cloreto de cloromequate nos atributos morfológicos e produtivos de plantas de soja

Effect of growth regulator chlormequat chloride in morphometric and production attributes of soybean

Alex Fernando Basilio¹, Clovis Arruda Souza², Camila Cigel³, Rodrigo Kandler⁴, Magaiver Gindri Pinheiro⁵

RESUMO: O cultivo de soja em regiões de altitude estimula o crescimento de estruturas vegetativas e diminui as reprodutivas. O uso de reguladores de crescimento favorece a efetivação de estruturas reprodutivas. Objetivou-se avaliar variáveis morfológicas e componentes de rendimento de soja sob aplicação do regulador de crescimento cloreto de cloromequate. O experimento foi conduzido em casa de vegetação no município de Lages (SC), Brasil, na safra 2018/19. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com cinco repetições, seguindo o arranjo fatorial 2 x 5 x 3: a) duas cultivares de soja, b) cinco doses do cloreto de cloromequate (0, 25, 50, 75 e 100 g i.a. ha⁻¹), c) três estádios de aplicação do regulador (V9, R1 e R3). Os resultados obtidos demonstraram que as aplicações no estágio V9 nas doses 75 e 100 g i.a. ha⁻¹ tiveram maior efeito na redução de altura de plantas, pela redução do comprimento de entrenós, sem afetar o número de nós e de vagens por planta, e ainda incrementando o diâmetro da haste principal, desse modo aplicações nesses estádios podem controlar o excesso de crescimento vegetativo e evitar os problemas do acamamento.

Palavras-chave: Estratégias de aplicação. Fitorreguladores. Inibidores de giberelinas.

ABSTRACT: The cultivation of soybean in high places stimulates the growth of vegetative structures and decreases reproduction ones. The use of growth regulators favors the effectiveness of reproduction structures. Current research evaluates morphometric variables and yield components of soybean by the growth regulator chlormequat chloride. Experiment was conducted in a greenhouse in Lages SC Brazil during the 2018-2019 harvest. Experimental design comprised randomized blocks with five replications, factorial scheme 2 x 5 x 3: a) two soybean cultivars, b) five doses of chlormequat chloride (0, 25, 50, 75 and 100 g i.a. ha⁻¹), c) three applications of regulator (V9, R1 and R3). Results showed that applications of stage V9 at doses 75 and 100 g i.a. ha⁻¹ had a greater effect on the decrease of plant height, decrease of length of internodes, without any effect on the number of nodes and pods per plant. It also increases the diameter of the main stem. Consequently, applications of these stages may control excess of vegetative growth and prevent other issues.

Keywords: Inhibitors of gibberellins. Phyto regulators. Strategies for application.

Autor correspondente:

Clovis Arruda Souza: souza_clovis@yahoo.com.br

Recebido em: 20/10/2020

Aceito em: 12/07/2021

¹ Discente egresso, Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal (PPGPV), Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages (SC), Brasil.

² Professor titular, Departamento de Agronomia, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages (SC), Brasil.

³ Doutoranda do Programa de Pós-graduação em produção Vegetal (PPGPV), Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages (SC), Brasil.

⁴ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal (PPGPV), Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages (SC), Brasil.

⁵ Discente egresso, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal (PPGPV), Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages (SC), Brasil.

INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merr) é a principal *commodity* agrícola brasileira, sendo responsável por 34,98% das exportações do agronegócio brasileiro no ano de 2020 (AGROSTAT, 2021) e seu cultivo se estende de Norte a Sul do país. Na região Sul do Brasil, nos Estados do Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina é comum encontrar locais de produção de soja acima de 700 m de altitude, tais áreas se caracterizam por produtividades médias elevadas.

Condições de umidade elevada, e nebulosidade durante o período vegetativo nessas regiões e de manejo, como excesso de nutrientes no solo, ou alta densidade de plantas, podem proporcionar crescimento vegetativo considerável, que pode tornar os entrenós frágeis, podendo não resistir à força exercida sobre eles, cedendo ao peso das estruturas acima, resultando o acamamento (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005), sobretudo quando associado a condições climáticas severas, como ventos e chuva intensa. Segundo Souza *et al.* (2013) cultivares de soja de maior altura são mais sensíveis ao acamamento, principalmente em condições de excesso de nitrogênio disponível e de maior densidade populacional.

O acamamento pode provocar autossombreamento, reduzindo a fotossíntese líquida e o período de duração de vida da folha, acarretando redução de fotoassimilados disponíveis ao enchimento de grãos, além de proporcionar um microclima de maior umidade, que é favorável à depreciação dos grãos de soja e incidência de doenças. O prejuízo no rendimento de grãos ocasionado pelo acamamento de plantas é função direta do estágio de desenvolvimento em que ocorre o problema e de sua intensidade, especialmente quando o acamamento se dá no início do enchimento de grãos (BALBINOT JÚNIOR, 2012; MARQUES, 2019; SOUZA *et al.*, 2013).

As giberelinas induzem o alongamento dos entrenós através da promoção do alongamento celular (TAIZ; ZEIGER, 2017), em consequência aumentando a altura de plantas, sendo o hormônio mais associado ao aumento de altura das plantas. O uso de reguladores de crescimento pode ser uma estratégia viável para redução de altura de plantas, visando reduzir o acamamento sem provocar fitotoxicidade e manter o rendimento de grãos (SOUZA *et al.*, 2013).

O cloreto de cloromequate é um composto do grupo químico amônia quaternária, que atua na primeira etapa da biossíntese de giberelinas, atuando em diferentes estágios dessa etapa, bloqueando a síntese do ent-kaureno, que é precursor das giberelinas, inibindo a síntese do mesmo (HOPKINS; HÜNER, 2004; RADEMACHER, 2016; TAIZ; ZEIGER, 2017).

A aplicação do cloreto de cloromequate na soja pode proporcionar plantas com menor altura e aumento do diâmetro da haste principal, características que podem reduzir a incidência de acamamento, e maior número de vagens, maior número de grãos por planta e grãos mais pesados (SOUZA *et al.*, 2013). A resposta à aplicação do cloreto de cloromequate pode variar

conforme o genótipo, o estágio fenológico da aplicação e condições de manejo. Moreira *et al.* (2020) observaram que aplicações no estágio R1 foram mais eficazes na fixação de estruturas reprodutivas sob restrição hídrica, que aplicações mais tardias nos estádios R3 e R5.

Em vista disso, torna-se necessário buscar resultados que auxiliem na tomada de decisão quanto à aplicação de reguladores de crescimento na cultura da soja. A hipótese do trabalho é de que a aplicação do cloreto de cloromequate tem maior efeito sobre as plantas de soja no estágio fenológico V9 (nono nó da haste principal com folha expandida) que nos estádios R1 e R3 (início de florescimento e de formação das vagens) (FEHR; CAVNESS, 1977), reduzindo altura de plantas, incrementando o diâmetro de haste, características que podem reduzir o índice de acamamento e maximizando a partição de fotoassimilados, favorecendo o rendimento de grãos e seus componentes.

Objetivou-se no presente estudo avaliar o efeito do regulador de crescimento cloreto de cloromequate nas características morfométricas e componentes de rendimento em função das doses e estádios de aplicação do cloreto de cloromequate em duas cultivares de soja.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agroveterinárias, na Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV/UEDESC), em casa de vegetação, no município de Lages, Santa Catarina, 27°48'58"S e 50°19'34"O, altitude de 930 m.

As unidades experimentais foram compostas por 150 vasos com 0,005 m³ de capacidade, que foram preenchidos com 5 kg de solo seco, classificado como Cambissolo Húmico Alumínico (EMBRAPA, 2017). A adubação seguiu o recomendado pelo Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS – RS / SC, 2016), conforme prévia análise química do solo objetivando rendimento de grãos de 5.000 kg ha⁻¹ para a cultura da soja.

A semeadura foi realizada dia 29/11/2018 com cinco sementes por vaso, tratadas previamente com inseticida a base de fipronil (Standak[®] BASF[®]); composto de fungicidas carbendazim + tiram (Derosal Plus[®] Bayer[®]); e inoculante a base de bactérias fixadoras de nitrogênio *Bradyrhizobium japonicum* (cepa Semia 5079) e *Bradyrhizobium elkanii* (cepa Semia 5019) (Masterfix[®] Stoller[®], concentração 5 x 10⁹ UFC ml⁻¹) na dose de 100 ml para 100 kg de sementes.

Quando as plantas apresentavam duas folhas expandidas foi realizado o desbaste mantendo apenas uma planta por vaso. A irrigação foi realizada de forma manual, mantendo a umidade do solo próxima a 80% da máxima umidade gravimétrica de cada vaso, pela diferença entre o peso do solo seco e o peso do solo com umidade saturada, os tratamentos com inseticida e fungicida seguiram as recomendações para a cultura e a temperatura média do ambiente foi

de 25 ± 10 °C. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco repetições, no esquema fatorial $2 \times 5 \times 3$:

- a) Duas cultivares de soja, a BMX Zeus IPRO, grupo de maturação 5.5, com ciclo precoce, de hábito indeterminado, e TMG 7062 IPRO, do grupo de maturação 6.2, e ciclo médio, considerada de hábito semi-determinado;
- b) Cinco doses do regulador de crescimento cloreto de clormequate (Tuval[®] da empresa Microquímica com 10% de ingrediente ativo) - 0, 25, 50, 75 e 100 g i.a. ha⁻¹ (0; 250; 500; 750; e 1000 ml da dose comercial, respectivamente);
- c) Três estádios fenológicos distintos de aplicação, V9 (nono nó com trifólio desenvolvido), R1 (início do florescimento), R3 (início de formação das vagens).

O regulador de crescimento cloreto de clormequate foi aplicado via pulverizador costal de parcelas experimentais do modelo Herbicat H[®] pressurizado por CO₂ à pressão constante de 30 lb pol⁻², com bico único do tipo leque, regulado para volume de calda equivalente a 200 L ha⁻¹. As aplicações do regulador foram realizadas sempre entre 8 e 9 horas da manhã, com temperatura entre 20 e 25 °C dentro da casa de vegetação.

Foram avaliadas ao final do ciclo (R8) as características morfométricas de altura de plantas, comprimento médio dos entrenós (CE), diâmetro de haste principal (DHP), número de nós (NN) e número de ramos na haste principal (RP). Os componentes do rendimento avaliados foram o número de vagens por planta (NVP); número de grãos por vagem (NGV); peso de cem grãos (PCG). Ao final do ciclo também foi determinada a matéria seca da parte aérea das plantas, e o índice de colheita (IC), determinado pela produção de grãos por planta, dividida pela matéria seca total da parte aérea da planta, transformados e expressados em percentagem.

Os dados foram previamente testados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, e homogeneidade pelo teste Bartlett, apresentando distribuição normal. Após isso, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F a 5% de significância e, quando detectadas variações significativas, as médias foram contrastadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, o fator quantitativo (dose do regulador) foi submetido a análise de regressão polinomial a 5% ($P < 0,05$) no *software* de análise de dados R (R-Core Team, 2020).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo a análise de variância (Tabela 1), houve efeito de interação entre estágio de aplicação e dose do cloreto de clormequate (ExD) nas variáveis altura, número de nós da haste principal (NN), diâmetro da haste principal (DHP) e peso de cem grãos (PCG). Foi observada interação tripla (CxExD) para o comprimento médio dos entrenós (CE) e número de vagens por planta (NVP), enquanto apenas para o índice de colheita houve efeito isolado da cultivar, logo a aplicação não demonstrou efeito para esta variável, bem como nas variáveis ramos por planta

(RP) e número de grãos por vagem (NGV), que não foram influenciadas por nenhum dos fatores.

Tabela 1. Resumo da análise de variância das variáveis: Altura, NN, RP, CE, DHP, NVP, NGV, PCG e IC obtidos de plantas de soja em função das cultivares testadas, estágio e dose de aplicação do regulador de crescimento cloreto de cloromequate, em ambiente de casa de vegetação. Lages (SC)

FV ^{1/}	GL	ALTURA	NN	RP	CE	DHP	NVP	NGV	PCG	IC
Bloco	4	8,62	0,92	0,68	0,01	0,10	0,190	0,1	2,8	<0,001
Cultivar	1	14800,66*	798,10 *	0,10 ^{ns}	0,34*	2,46*	2939,3 *	0,01 ^{ns}	7,8 ^{ns}	0,200*
Estádio	2	179,48*	0,32 ^{ns}	5,60 ^{ns}	2,25*	1,27*	28,9 ^{ns}	0,03 ^{ns}	2,0 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Dose	4	101,82*	2,35 ^{ns}	1,85 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,33 ^{ns}	119,3 ^{ns}	0,07 ^{ns}	4,9 ^{ns}	0,001 ^{ns}
C x E	2	36,68 ^{ns}	0,88 ^{ns}	4,48 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,23 ^{ns}	62,3 ^{ns}	0,02 ^{ns}	1,4 ^{ns}	0,003 ^{ns}
C x D	4	96,13 ^{ns}	0,99 ^{ns}	2,09 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,33 ^{ns}	66,6 ^{ns}	0,8 ^{ns}	1,8 ^{ns}	0,001 ^{ns}
E x D	8	67,11*	9,50*	4,04 ^{ns}	0,47*	0,55*	42,2 ^{ns}	0,08 ^{ns}	7,0*	0,001 ^{ns}
C x E x D	8	32,92 ^{ns}	1,39 ^{ns}	3,37 ^{ns}	0,21*	0,17 ^{ns}	43,5 *	0,08 ^{ns}	4,5 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Resíduo	116	19,91	1,05	2,32	0,08	0,19	20,1	0,06	3,0	0,001
Efeito de cultivar		(cm)	(n°)	(n°)	(cm)	(mm)	(n°)	(n°)	(g)	(-)
TMG 7062		72,28a	18,68a	4,96	3,31a	6,62a	36,40b	2,41	18,43	0,55b
BMX ZEUS		52,41b	14,06b	4,90	3,22b	6,37b	45,25a	2,42	17,86	0,62a
Média		62,34	16,37	4,93	3,26	6,49	40,8	2,41	18,09	0,58
CV (%)		7,16	6,27	30,88	8,99	6,73	10,99	9,86	9,62	5,06

^{1/} Fontes de variação (FV); número de nós (NN); número de ramos por planta (RP); comprimento médio de entrenós (CE); diâmetro da haste principal (DHP); número de vagens (NV); número de grãos por vagem (NGV); peso de cem grãos (PCG); e índice de colheita (IC).

ns - não significativo a $P > 0,05$; * - significativo a $P < 0,05$.

Foi observada interação entre estágio e dose, além do efeito isolado da cultivar na altura final de plantas, a aplicação do regulador no estágio V9 apresentou redução linear de altura, na ordem de 7,44 cm a cada 100 g i.a. ha⁻¹. No estágio R1 foi observada resposta quadrática, onde a altura mínima estimada foi de 58,74 cm, com a dose de 55,09 g i.a. ha⁻¹ do cloreto de cloromequate (altura mínima = $-b/2*a$), e houve a redução de 9,90% em relação à testemunha. As aplicações no estágio R3 não tiveram efeito significativo na altura de plantas (Figura 1).

A maior eficiência na redução de altura final de plantas sob aplicações no estágio V9, e a ausência de diferença significativa no estágio R3, demonstram a ausência de efeito do regulador quando aplicado em estádios mais tardios. Souza *et al.* (2013) observaram redução significativa na altura de plantas de soja sob aplicação de reguladores de crescimento no estágio R1, quando comparada à aplicação no estágio R3. Ao testar 5 reguladores de crescimento Marianno (2016) obteve maior redução de altura com o uso do cloreto de cloromequate no estágio R1, enquanto as aplicações nos estádios mais tardios, R3 e R5, não apresentaram redução significativa. No estágio V9 as doses 75 e 100 g i.a. ha⁻¹ foram as mais efetivas na redução na altura final de plantas, enquanto no estágio R1 houve redução significativa apenas

na dose 50 g i.a. ha⁻¹, sendo que as doses superiores não foram eficientes em reduzir a altura de plantas.

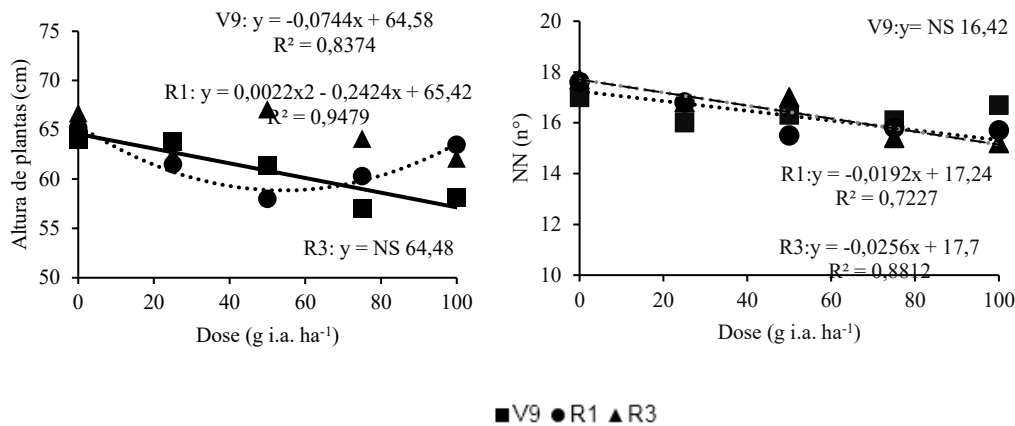


Figura 1. Altura de plantas e número de nós na haste principal (NN) em função do estágio e dose de aplicação do cloreto de cloromequate na média das cultivares de soja testadas em casa de vegetação. Lages (SC).

Para o número de nós também houve interação entre estágio e dose de aplicação do cloreto de cloromequate; o incremento das doses nos estádios mais tardios, R1 e R3, reduziu o número de nós. No estágio R1 houve taxa de decréscimo de 2 nós a cada 100 g i.a. ha⁻¹, enquanto no estágio R3 esta foi de 2,5 nós para cada 100 g i.a. ha⁻¹ do regulador. O número de nós é proporcional à altura de plantas, desde que associado ao comprimento de entrenós (MARQUES, 2019).

Nos estádios R1 e R3 não foram observadas reduções significativas na altura, porém o aumento das doses do regulador influenciou no número de nós, e houve aumento do comprimento dos entrenós apicais, como forma de compensação. A aplicação mais precoce, no estágio V9, não teve efeito significativo sobre o número de nós. Os resultados sugerem que nas plantas submetidas à aplicação do regulador no estágio V9, o comprimento dos entrenós foi menor, uma vez que houve redução de altura, porém o número de nós não teve redução significativa. Tal característica pode ser considerada positiva, uma vez que o número de nós é considerado um componente de rendimento secundário e está correlacionado ao número de vagens por planta (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005; OKI *et al.*, 2018). Embora Moreira *et al.* (2020) não tenham encontrado efeito do regulador cloreto de cloromequate (aplicado sobre plantas nos estádios V5, V9 e R1) sobre os caracteres NN, NGP, PCG e IC, ressalta-se que é importante manter constante o NN nas plantas visando-se manter o potencial produtivo das cultivares em decorrência de alteração de ambiente ou de algum tratamento específico (YANG *et al.*, 2021).

A fim de melhor observar o efeito dos reguladores no comprimento de entrenós, foi analisada para cada cultivar a interação entre dose e estágio de aplicação (Figura 2). Na cultivar BMX Zeus as aplicações no estágio V9 reduziram o comprimento de entrenós na ordem de 0,5 cm a cada 100 g de i.a. ha⁻¹, esse decréscimo pode ser explicado pela redução de altura sem reduzir o número de nós.

A aplicação do regulador no estádio R3 apresentou resposta cúbica entre as doses aplicadas, na dose 25 g i.a. ha⁻¹ houve redução de 10,91% em relação à dose 0, porém na aplicação das doses 50 e 75 g i.a. ha⁻¹ observou-se aumento de 7,37 e 6,19%, respectivamente, em relação à testemunha, enquanto na dose 100 g i.a. ha⁻¹ não houve diferença significativa, tal comportamento pode evidenciar um efeito compensatório de doses mais elevadas em estádios mais tardios de aplicação do regulador, relacionado ao menor número de nós neste estádio.

Na cultivar TMG 7062 sob aplicação do regulador nos estádios V9 e R1 foi observado encurtamento dos entrenós, com o incremento das doses na taxa de 0,38 cm a cada 100 g i.a. ha⁻¹ em ambos os estádios. A aplicação no estádio R3 resultou em comportamento quadrático, com ponto de mínima de 3,38 cm, na dose 20 g i.a. ha⁻¹ (menor comprimento = $-b/2*a$), enquanto as doses 75 e 100 g i.a. ha⁻¹ demonstraram aumento significativo de 8,38 e 10,69% no tamanho de entrenós quando comparadas à testemunha.

Observou-se comportamento similar entre as cultivares nos estádios V9 e R1, o comprimento de entrenós menor ocorreu em consequência da menor altura, e não houve redução no número de nós em relação ao tratamento no estádio R3, sendo observado aumento do comprimento de entrenós em ambas as cultivares, no entanto de forma mais expressiva na cultivar TMG 7062, tal resposta pode ocorrer em virtude do atraso na senescência foliar dessa cultivar em relação à BMX Zeus, que tem ciclo mais precoce devido ao seu grupo de maturação inferior (5.5).

O incremento das doses no estádio R3 apresentou maior redução no número de nós, porém como resposta compensatória os entrenós apicais apresentaram maior alongação. Souza *et al.* (2013) observaram correlação linear positiva entre o comprimento de entrenós e altura de planta, tal relação pode explicar o comportamento desta variável. O alongamento dos entrenós pode tornar o caule mais frágil pela redução de lignina e celulose na sua estrutura, tal característica não é desejada, e pode aumentar o risco de acamamento (LIU *et al.*, 2017).

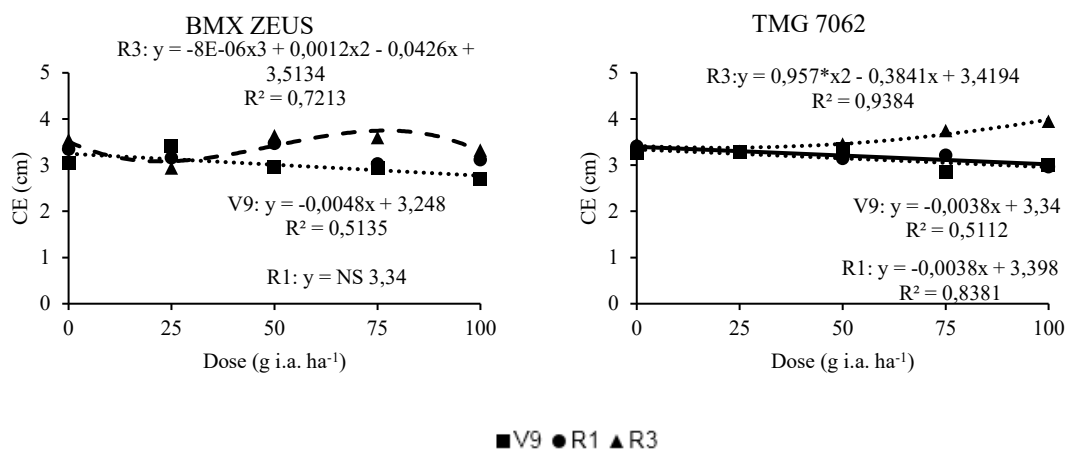


Figura 2. Comprimento de entrenós (CE) das cultivares de soja BMX Zeus e TMG 7062 em função do estádio e dose de aplicação do cloreto de clomequate em ambiente de casa de vegetação. Lages (SC).

Foi observado comportamento linear crescente entre o aumento da dose do regulador com aumento do diâmetro da haste principal (DHP) no estádio V9, com taxa de acréscimo de 0,57 mm para cada 100 g i.a. ha⁻¹. A aplicação do regulador no estádio R1 teve resposta quadrática, apenas na dose 25 g i.a. ha⁻¹ houve tendência de incremento no DHP, sendo o ponto de máxima o diâmetro 6,67 mm (diâmetro máximo = $-b/2*a$) com a dose 40,5 g i.a. ha⁻¹, as doses 75 e 100 g i.a. ha⁻¹ apresentaram tendência de redução de 3,55 e 6,50%, respectivamente, em relação à dose 25 g i.a. ha⁻¹. No estádio R3 a aplicação não demonstrou efeito significativo (Figura 3).

O resultado corrobora os de Souza *et al.* (2013), que observaram maior aumento do diâmetro da haste principal na primeira época de aplicação (R1), quando comparado à segunda época de aplicação de reguladores de crescimento, também foi observada correlação positiva com o número dos entrenós. Kaur *et al.* (2015) obtiveram incremento de 23,8% no diâmetro da haste com o uso do regulador cloreto de cloromequate em relação à testemunha, porém não observaram diferença significativa entre os estádios de aplicação. Em trabalho com restrição hídrica na cultura da soja, Marianno (2016) obteve incremento no diâmetro da haste com o cloreto de cloromequate aplicado no estádio R3, sinalizando possível efeito mitigatório desse regulador.

O diâmetro da haste pode favorecer a resistência ao acamamento, e os reguladores de crescimento podem atuar desviando os carboidratos que seriam destinados ao aumento de altura para o aumento do diâmetro e aumento da matéria seca na haste (WANG *et al.*, 2016). Ramesh e Ramprasad (2013) observaram incremento de 28,4% no acúmulo de matéria seca da haste de plantas de soja mediante a aplicação da dose 137,5 g i.a. ha⁻¹ do regulador cloreto de cloromequate, em relação à testemunha.

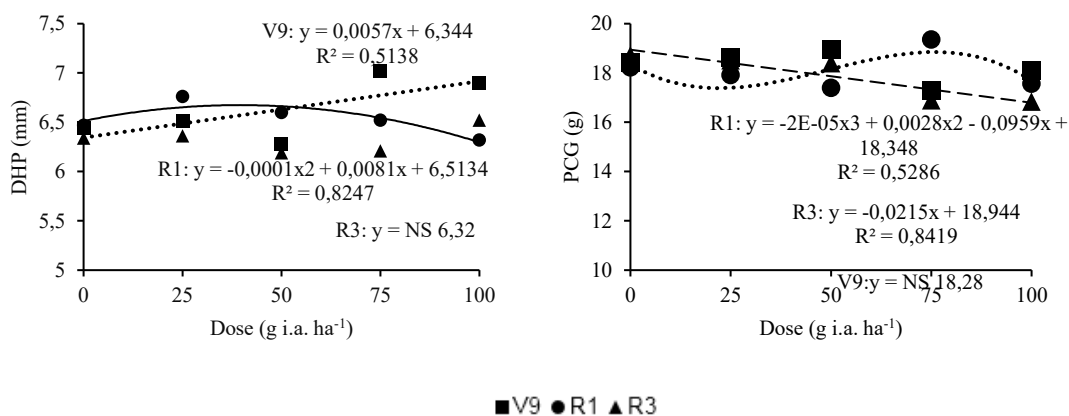


Figura 3. Diâmetro da haste principal (DHP) e peso de cem grãos (PCG) de soja em função do estádio e dose de aplicação do cloreto de cloromequate em ambiente de casa de vegetação. Lages (SC).

Para o peso de cem grãos (PCG) as doses aplicadas no estádio V9 não tiveram efeito significativo, assim como Linzemeyer Júnior *et al.* (2008), que também não observaram efeito

no PCG com a aplicação do regulador de crescimento trinexapac-ethyl em estágio vegetativo. No estágio R1 houve comportamento cúbico, a aplicação da dose 75 g i.a. ha⁻¹ incrementou 6,25% no PCG em relação à testemunha, enquanto as doses 25, 50 e 100 g i.a. ha⁻¹ apresentaram respectivamente redução de 1,70, 4,55 e 3,62% para a variável. Tarun *et al.* (2016) observaram que a aplicação do regulador cloreto de cloromequate incrementou em 17% o PCG de soja em relação à testemunha.

Para as aplicações no estágio R3 houve decréscimo no peso de cem grãos na ordem de 2,15 g a cada 100 g i.a. ha⁻¹ de aumento da dose do regulador de crescimento. A redução no estágio mais tardio de aplicação (R3) corrobora com Souza *et al.* (2013), que obtiveram maior redução na massa de mil grãos (MMG) na aplicação mais tardia de reguladores de crescimento. A aplicação mais tardia do regulador de crescimento pode provocar a retenção de fotoassimilados em outros tecidos da planta, ou deslocamento para órgãos vegetativos, em detrimento dos grãos, tornando-os menos pesados (SOUZA *et al.*, 2013). As aplicações mais tardias (R1 e R3) apresentaram maior altura final e maior comprimento de entrenós, em relação às efetuadas no estágio V9, independente da cultivar, sendo assim não houve priorização do enchimento de grãos, logo isso explica a redução no PCG.

No número de vagens por planta (NVP) foi observada interação entre dose e estágio para cada cultivar separadamente. Na cultivar BMX Zeus as aplicações nos estádios V9 e R3 não apresentaram comportamento significativo de dose, apenas efeito simples de estágio, sendo o NVP de 43,7 e 46,7, para V9 e R3, respectivamente. As aplicações no estágio R1 apresentaram comportamento linear positivo entre a dose aplicada e o número de vagens, houve acréscimo na taxa de 15 vagens a cada 100 g i.a. ha⁻¹ de cloreto de cloromequate (Figura 4).

Esses dados corroboram os de Kaur *et al.* (2015), que encontraram incremento significativo no número de vagens por planta sob aplicação do cloreto de cloromequate no início da floração (R1) quando comparado à aplicação no início da formação das vagens (R3). Tarun *et al.* (2016) também obtiveram com o uso do cloreto de cloromequate incremento no número de vagens por planta na ordem de 13,55%, comparado à testemunha, em aplicação no estágio vegetativo. A ausência de resposta na aplicação V9 pode estar relacionada à não ocorrência de efeito significativo no número de nós por planta encontrado nesta condição. A cultivar BMX Zeus apresenta senescência foliar antecipada quando comparada à cultivar TMG 7062, fator que limita a formação de novas vagens após a aplicação em R3.

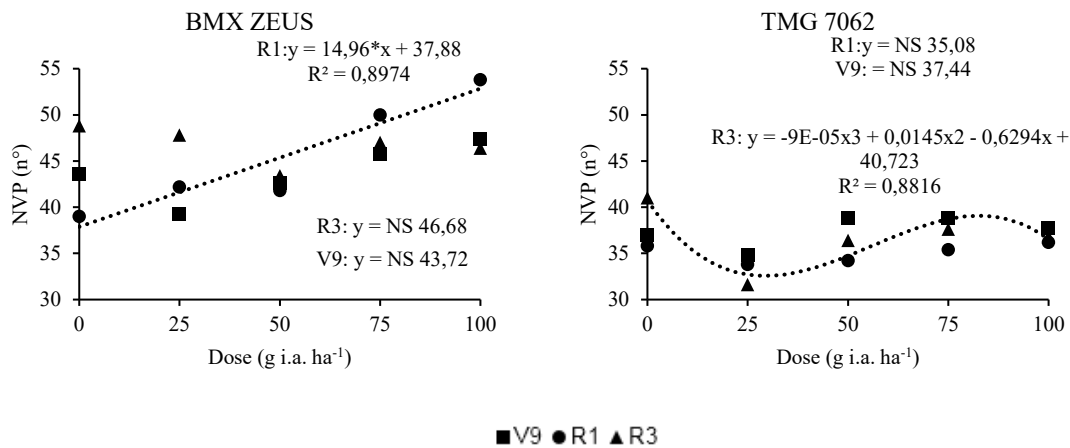


Figura 4. Número de vagens por planta (NVP) em função do estágio e dose de aplicação do cloreto de cloremequate em ambiente de casa de vegetação. Lages (SC).

Para a cultivar TMG 7062, as aplicações no estágio R3 apresentaram resposta cúbica, a dose 25 g i.a. ha⁻¹ teve redução no número de vagens de 13,06% em relação à testemunha, enquanto as doses 50, 75 e 100 g i.a. ha⁻¹ não diferiram da testemunha (P > 0,05).

A resposta da cultivar TMG 7062 pode estar relacionada ao seu maior número de nós e atraso na senescência foliar que permite maior aporte de fotoassimilados para produção de vagens. Esses resultados divergem de Linzmeyer Júnior *et al.* (2008) e Souza *et al.* (2013), que não observaram efeito significativo nessa variável sob aplicação de reguladores de crescimento.

Não foi observado efeito significativo dos tratamentos no número de ramos por planta, número de grãos por vagem e no índice de colheita, sendo essas características que podem variar mais em função de outros fatores de manejo e genótipo cultivado.

No presente trabalho foram estabelecidas correlações entre as variáveis, a análise de correlação de Pearson (Tabela 2) demonstrou correlação positiva entre a altura com o número de nós e comprimento dos entrenós, como observado a redução de altura nas aplicações no estágio R1 influenciou na redução no número de nós. Segundo a análise de correlação o número de vagens por planta foi o componente que mais influenciou no índice de colheita, segundo Corassa *et al.* (2019) o número de vagens por planta é componente que tem maior influência no rendimento de grãos, e deve ser o de maior atenção em relação ao manejo. Foi observada correlação negativa entre o número de vagens por planta e número de grãos por vagem.

Tabela 2. Correlação de Pearson entre as variáveis altura de plantas, número de nós (NN), comprimento médio de entrenós (CE), número de ramos por planta (NRP), diâmetro da haste principal (DHP), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), peso de cem grãos (PCG) e índice de colheita (IC) mediante aplicação do cloreto de cloromequate. Lages (SC)

	Altura	NN	CE	NRP	DHP	NVP	NGV	PCG	IC
Altura	1,00	0,85**	0,38*	-0,07	0,13	-0,11	0,16	0,08	-0,03
NN	-	1,00	0,02	-0,13	0,32*	-0,14	0,06	0,13	-0,05
CE	-	-	1,00	0,08	-0,21	0,01	0,12	-0,02	0,01
NRP	-	-	-	1,00	0,00	0,03	0,05	-0,09	-0,03
DHP	-	-	-	-	1,00	0,02	-0,08	-0,03	0,01
NVP	-	-	-	-	-	1,00	-0,42*	-0,21	0,57*
NGV	-	-	-	-	-	-	1,00	-0,32	0,02
PCG	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,06
IC	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00

** e * = diferem estatisticamente pelo teste t a 0,01 e 0,05, respectivamente; ns: não significativo.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As aplicações do cloreto de cloromequate no estádio V9 são mais eficazes na redução de altura de plantas, especialmente nas doses 75 e 100 g i.a. ha⁻¹, sem afetar o número de nós, de vagens por planta e o peso de cem grãos, além de incrementar no diâmetro da haste principal, que é uma importante característica de resistência ao acamamento.

Aplicações mais tardias como no estádio R3 se mostram pouco efetivas. Os resultados demonstram que a resposta ao cloreto de cloromequate é influenciada pelo genótipo, sendo distinta entre eles. A cultivar BMX Zeus apresenta maior índice de colheita e de seus componentes e mostra maior equilíbrio na partição entre biomassa reprodutiva e vegetativa. Apesar da eficácia da aplicação no estádio V9, futuros trabalhos podem elucidar dúvidas sobre a aplicação sequencial do cloreto de cloromequate, como é recomendado no seu uso comercial na cultura do algodão (*Gossypium hirsutum* L.). Além de reduzir o risco de acamamento o uso de reguladores nos estádios mais responsivos pode otimizar a partição de fotoassimilados, aumentando a eficiência produtiva da cultura.

5 AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES/PROAP), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação de Santa Catarina (FAPESC), Programa de Apoio à Pesquisa (PAP/UDESC) e FAPESC (Fapesc/PAP/Udesc/) pelo apoio financeiro a pesquisa e as bolsas aos pós-graduandos (Basilio, A.F.; Cigel, C.; Kandler, R.; Pinheiro, M.G.) e ao CNPq pela bolsa de produtividade em pesquisa (Souza, C.A.).

REFERÊNCIAS

- AGROSTAT BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. **Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro**. Disponível em: <http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>. Acesso em: 20 maio. 2021.
- BALBINOT JÚNIOR, A. A. Acamamento de plantas na cultura da soja. **Revista Agropecuária Catarinense**, v. 25, n. 1, p. 40-42, 2012.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC (CQFS-RS/SC). **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul; UFRGS, 2016. 400p.
- CORASSA, G. M.; SANTI, A. L.; AMADO, T. J. C.; REIMCHE, G. B.; GAVIRAGHI, R.; BISOGNIN, M. B.; PIRES, J. L. F. Performance of soybean varieties differs according to yield class: a case study from Southern Brazil. **Precision Agriculture**, v. 20, n. 3, p. 520-540, 2019.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2017.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11p.
- HOPKINS, W. G.; HÜNER, N. P. **Introduction to plant physiology**. New York: John Wiley, 2004. p. 68-71.
- KAUR, J.; RAM, H.; GILL, B. S. Agronomic performance and economic analysis of soybean (*Glycine max*) in relation to growth regulating substances in Punjab, India. **Legume Research**, v. 38, n. 5, p. 603-608, 2015.
- LINZMEYER JUNIOR, R.; GUIMARAES, V. F.; SANTOS, D.; BENCKE, M. H. Influência de retardante vegetal e densidade de plantas sobre o crescimento, acamamento e rendimento de grãos de soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 3, p. 373-379, 2008.
- LIU, Z.; LI, H.; FAN, X.; HUANG, W.; YANG, J.; ZHENG, Y.; WEN, Z.; LI, Y.-H.; WANG, D.; WANG, S.; QIU, L. Selection of soybean elite cultivars based on phenotypic and genomic characters related to lodging tolerance. **Plant Breeding**, v. 136, n. 4, p. 526-538, 2017.
- MARQUES, L. **Como minimizar os problemas com acamamento em soja?** Disponível em: <https://elevagro.com/materiais-didaticos/como-minimizar-os-problemas-com-acamamento-em-soja/>. Acesso em: 11 fev. 2020.
- MOREIRA, D. G.; SOUZA, C. A.; BASILIO, A. F.; STEFEN, D. L. V. Desempenho produtivo de soja submetida a aplicação de fitorreguladores em diferentes estádios fenológicos. **Acta Iguazu**, v. 9, n. 2, p. 1-15, 2020.
- MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos**. Porto Alegre: Evangraf, 2005. 31p.

OKI, N.; SAYAMA, T.; ISHIMOTO, M.; YOKOTA, Y.; KAGA, A.; TAKAHASHI, M.; TAKAHASHI, M. Quantitative trait loci associated with short inter-node length in soybean. **Breeding Science**, v. 68, p. 554-560, 2018.

RADEMACHER, W. Chemical regulators of gibberellin status and their application in plant production. **Annual Plant Reviews**, chapter 12, v. 49: The Gibberellins. 5. ed. 2016. p. 359-404.

RAMESH, R. E.; RAMPRASAD, E. Effect of plant growth regulators on morphological, physiological and biochemical parameters of soybean (*Glycine max* L. merrill). **Helix**, v. 6, p. 441-447, 2013.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Disponível em: <http://www.R-project.org>. Acesso em: 10 set. 2020.

SOUZA, C. A.; FIGUEIREDO, B. P.; COELHO, C. M. M.; CASA, R. T.; SANGOI, L. Arquitetura de plantas e rendimento de grãos da soja decorrente do uso de redutores de crescimento. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 3, p. 634-643, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

TARUN, K.; SAMAIYA, R. K.; YOGENDRA, S.; DWIVEDI, S. K.; MEENA, K. C. Effect of foliar application of plant growth retardants on growth, yield and yield attributing parameters of soybean (*Glycine max* L.) Merrill. **International Journal of Agriculture Sciences**, v. 50, n. 8, p. 2158-2162, 2016.

WANG, Y.; GU, W.; XIE, T.; LI, L.; SUN, Y.; ZHANG, H.; LI, J.; WEI, S. Mixed compound of DCPTA and CCC increases maize yield by improving plant morphology and up-regulating photosynthetic capacity and antioxidants. **PLOS ONE**, v. 11, n. 2, p. 1-25, 2016.

YANG, Q.; LIN, G.-M.; LV, H.-Y.; WANG, C.-H.; YANG, Y.-Q.; LIAO, H. Environmental and genetic regulation of plant height in soybean. **BMC PLANT BIOLOGY**, v. 21, n. 1, p. 1-15, e63, 2021.