



SOBREVIVÊNCIA E DANOS POR GEADAS EM PLÂNTULAS DE CANOLA ACLIMATADAS AO FRIO

Jorge A. de Gouvêa¹, Genei A. Dalmago², Gilberto R. da Cunha³, Astor H. Nied⁴, Samuel Kovaleski⁵, Elizandro Fochesato⁶, Matheus B. Vicari⁷, Daniele G. Pinto⁸

¹ Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador da EMBRAPA Trigo, Passo Fundo, E-mail: jorge.gouvea@embrapa.br.

² Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador da EMBRAPA Trigo, Passo Fundo, RS, Brasil, Bolsista PQ2 CNPq.

³ Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador da EMBRAPA Trigo, Passo Fundo, RS, Brasil, Bolsista DT1 CNPq.

⁴ Eng. Agrônomo, Dr., Professor da UNEMAT Tangará da Serra, MT, Brasil.

⁵ Eng. Agrônomo, Mestrando em Engenharia Agrícola da UFSM, Santa Maria, RS, Brasil, Bolsista Capes.

⁶ Eng. Agrônomo, Mestrando em Fitotecnia da UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, Bolsista FAPERGS.

⁷ Eng. Ambiental, Mestrando em Sensoriamento Remoto, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, Bolsista CNPq.

⁸ Eng. Agrônoma, Mestranda em Fitotecnia, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, bolsista CNPq.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a sobrevivência e a resposta nos danos causados por geadas, em plântulas de canola aclimatadas ao frio. Para tanto, um genótipo de canola foi submetido a um experimento em câmara de crescimento com condições controladas, em que plântulas de canola foram aclimatadas ao frio e submetidas à simulação de duas geadas consecutivas, com diferentes intensidades de temperaturas congelantes do ar, de -4°C e -6°C. As variáveis avaliadas foram: queima de folhas, massa de matéria seca das plântulas, número de folhas, área foliar e a sobrevivência das plântulas. Após a aplicação da simulação de geada foi observado que a aclimação das plântulas ao frio, em comparação com as plântulas não aclimatadas, resultou em menor queima de folhas e, maior massa de matéria seca de plântulas, número de folhas e da área foliar, nas duas intensidades de frio aplicadas. Na primeira simulação de geada com temperatura de -4 °C não houve morte de plântulas em nenhum tratamento (aclimatadas ou não), entretanto na segunda simulação de geada realizada a -6 °C, apenas 13% das plântulas não aclimatadas ao frio sobreviveram, contra 100% de sobrevivência das plântulas aclimatadas. A aclimação de plântulas de canola ao frio reduziu de forma significativa os danos causados por geadas e, preservou a sobrevivência das plântulas submetidas a duas geadas consecutivas de -4 e -6 °C.

PALAVRAS CHAVE: canola, aclimação, geada.

INTRODUÇÃO

No sul do Brasil, onde a produção de canola está concentrada, o estado do Rio Grande do Sul é o que cultiva a maior área com cerca de 65 % (30 mil/ha) da área total do país cultivados com canola na safra 2010/2011, contra 27,5% (12,6 mil/ha) no Paraná, o segundo maior estado produtor (CONAB, 2011). Em algumas regiões nestes estados, o risco de ocorrência de geadas é elevado e pode comprometer o rendimento da cultura. A sensibilidade aos danos causados por geada é especialmente crítico em duas fases, no início do ciclo de desenvolvimento das plântulas e por ocasião do florescimento e do enchimento de grãos (Robertson et al., 2002, 2004; McClinchey & Kott, 2008). Temperaturas de -3 a -4 °C podem ser letais para plântulas, sobretudo no estágio cotiledonar. Gusta et al. (2004) observaram que, em plântulas não

aclimatadas e sob condições de baixas temperaturas, a morte de folhas é rápida à $-4,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Porém, plântulas com cinco ou mais folhas, quando crescem em ambiente com temperatura média do ar inferior a $18\text{ }^{\circ}\text{C}$, podem resistir a geadas de $-8,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Rapacz, 1999; Hawkins et al., 2002) e $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$, no caso de canola de inverno (Rife & Zeinali, 2003). A aclimação induz mudanças morfológicas, fisiológicas, bioquímicas e moleculares que tornam as plântulas resistentes não somente a temperaturas congelantes, mas especialmente à desidratação provocada pelo congelamento (Rapacz, 1999; Hawkins et al., 2002; Gusta et al., 2004). O efeito de aclimação de plântulas também foi observado por Dalmago et al. (2010), quando a aclimação ao frio, antes da geada, resultou em menor queima de folhas e maior massa de matéria seca, em comparação a plântulas não aclimatadas. Considerando a importância da capacidade de sobrevivência de plântulas de canola submetidas à geadas consecutivas, o objetivo deste trabalho foi o de avaliar o efeito da aclimação de plântulas ao frio para a redução de danos causados por geadas, especialmente nas fases iniciais da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Embrapa Trigo, em Passo Fundo, RS, em câmara de crescimento com condições controladas entre julho e setembro de 2012. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com nove repetições e três tratamentos: (A) Aclimação (sem geada), (AG) Aclimação + Geada e (G) Geada (sem aclimação). Dez sementes do genótipo de canola Hyola 61 foram semeadas em vasos de PVC (unidade experimental) com 0,5 kg de solo. O solo foi extraído do horizonte A de um Latossolo Vermelho distrófico típico, textura argilosa (Santos et al., 2006), e peneirado, homogeneizado e corrigido conforme análise química e indicação para a cultura (Tomm, 2007). Após a emergência das plântulas, foi executado desbaste deixando três plântulas de tamanho uniforme por vaso. A adubação e o controle fitossanitário foram realizados conforme as recomendações para a cultura. A câmara de crescimento (Conviron) utilizada possui amplitude térmica de -10 a 50°C ($\pm 0,5^{\circ}\text{C}$), intensidade máxima de luz de $1.225\text{ }\mu\text{mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$, e foi ajustada para um fotoperíodo de 16 horas e UR entre 40 a 60%. Cinco programas de ciclos térmicos diários foram inseridos no Conviron: (I) crescimento, com amplitude térmica de 12 a $24\text{ }^{\circ}\text{C}$; (II) aclimação, de 2 a $12\text{ }^{\circ}\text{C}$; (III) geada ($-4\text{ }^{\circ}\text{C}$), amplitude térmica de $6,5$ a $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$; (IV) recuperação, de -2 a $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ e (V) geada ($-6\text{ }^{\circ}\text{C}$), amplitude térmica de $6,5$ a $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$. As plântulas permaneceram na câmara de crescimento com o programa (I) crescimento por onze dias após a emergência, no estágio de duas folhas verdadeiras (E 1.02). O grupo de plântulas do tratamento sem aclimação + geada (G) foi transferido para outro Conviron auxiliar, com mesmo fotoperíodo e umidade relativa que o Conviron principal, mas com temperatura diária constante de $16\text{ }^{\circ}\text{C}$. A programação do Conviron principal foi então substituída pela programação (II) aclimação, mantida por três dias. Após a aclimação, as plântulas do tratamento aclimatado sem geada (A) foram transferidas para o Conviron auxiliar e as do tratamento sem aclimação + geada (G) retornaram ao Conviron principal. As plântulas no estágio de três folhas expandidas (E 1.03) foram submetidas ao programa (III) geada (-4°C) no Conviron principal e uma hora antes da temperatura mínima, as plântulas foram aspergidas com água para a simulação de geada, permanecendo por 60 minutos a -4°C . Após o congelamento, o programa (IV) recuperação foi acionado e 24h depois substituído pelo programa (I) crescimento. As plântulas do tratamento aclimação sem geada (A) foram removidas do Conviron auxiliar para o principal onde permaneceram com os demais tratamentos por nove dias. Dez dias após a primeira simulação de geada (-4°C) as plântulas foram submetidas novamente ao mesmo procedimento e ciclos térmicos de aclimação, geada e recuperação, entretanto para esta segunda geada consecutiva, o programa de ciclo térmico diário utilizado foi o (V) geada (-6°C), com amplitude térmica de $6,5^{\circ}\text{C}$ a -6°C . As avaliações foram realizadas sete dias após a aplicação da geada para ambas intensidades de frio (-4 e -6°C) e se basearam na contagem das plântulas sobreviventes e na queima das folhas (lesões). A avaliação das lesões foi feita pela atribuição de notas por observação visual de três pessoas. A escala das notas foi adaptada do método de

Silva et al. (2008) variando entre 1 e 6 sendo: 1, 0–15%; 2, 16–32%; 3, 33–49%; 4, 50–66%; 5, 67–83% e 6, 84–100% de queima de folhas. O resultado final considerado foi a média das duas avaliações mais próximas. Após cada avaliação de sobrevivência e queima de folhas, as plântulas foram coletadas individualmente e as folhas destacadas e dispostas sobre uma plataforma de PVC branco, de tamanho 25×35 cm, que continha impresso um retângulo medindo 3×10 cm (30 cm²) utilizado para calibração do *software*. Os grupos de folhas de cada planta foi fotografado utilizando uma máquina digital Sony modelo S600 com 5.0 megapixels de resolução. As imagens adquiridas foram submetidas à análise de área através do *software* ImageJ, disponível gratuitamente (<http://rsbweb.nih.gov/ij/>). Para a avaliação de massa de matéria seca as plântulas permaneceram em estufa ventilada (65°C), por 72 horas e depois pesadas em balança de precisão. A análise estatística foi realizada utilizando o *software* Sisvar 5.4 (Ferreira, 1998), disponível gratuitamente (<http://www.dex.ufla.br/~danielff/software.htm>).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeito de aclimação ao frio na sobrevivência das plântulas submetidas a simulação de geada a -4°C, aplicada no estágio de três folhas (E 1.03). Entretanto, as plântulas submetidas à geada sem aclimação, quando comparadas com o tratamento aclimação + geada, apresentaram redução significativa de 39,5% na matéria seca (MS) e de 40% na área foliar total (Aft), soma da área das folhas verdadeiras + área foliar das folhas cotiledonares, (Figura 1a). A aclimação por três dias, anteriormente à geada (Rife & Zeinali, 2003), prepara a planta sob o ponto de vista morfológico, fisiológico, bioquímico e molecular, para resistir ao congelamento e à desidratação pela geada (Hawkins et al., 2002; Gusta et al., 2004). Houve uma diferença significativa no número e na área foliar de folhas verdadeiras e de folhas cotiledonares, entre os tratamentos aclimação + geada (A+G) e o tratamento geada sem aclimação (G) (Tabela 1). Ao se comparar o número de folhas verdadeiras e cotiledonares do tratamento A+G com o número de folhas verdadeiras e cotiledonares do tratamento G, foi verificado que sete dias após o congelamento, o número de folhas verdadeiras do tratamento G reduziu em 16% e, o número de folhas cotiledonares deste mesmo tratamento reduziu 66% em relação ao tratamento A+G (Tabela 1). É possível que a aclimação das plântulas ao frio, do tratamento A+G, possa ter contribuído na preservação das reservas energéticas das folhas cotiledonares. Entretanto, no tratamento geada sem aclimação (G), estas reservas podem ter sido translocadas para as folhas verdadeiras, com consequente perda precoce dos cotilédones, contribuindo assim para a redução do número de folhas totais e da área foliar total (Aft) (Figura 1a). A simulação de geada a -4°C promoveu a queima de algumas folhas no tratamento G, enquanto que a aclimação de plântulas ao frio evitou de forma completa qualquer lesão nas folhas (Figura 1a).

A aclimação ao frio assegurou a sobrevivência total das plântulas aclimatadas e submetidas a duas simulações de geadas consecutivas (-4°C e -6°C), aplicadas nos estádios de três e seis folhas respectivamente, em contraste com a morte de 85,3% das plântulas do tratamento geada sem aclimação (Figura 1b). As plântulas aclimatadas não submetidas às geadas (tratamento A) apresentaram a maior média de massa de matéria seca do experimento, seguidas de uma redução significativa de 22,4% para a média do tratamento A+G, e de 72,4 % para a média do tratamento G (Figura 1b). A massa seca de plântulas do tratamento G, após as duas simulações de geadas foi 63,4% menor que a massa de seca de plântulas do tratamento A+G. Esta diferença expressiva entre as médias de massa seca de plântulas, destes dois tratamentos (A+G e G), pode estar relacionada com a redução significativa de 54,7 % na queima de folhas das plântulas aclimatadas ao frio, do tratamento A+G, (Figura 1b). A menor severidade na queima das folhas causadas pelas geadas no tratamento A+G pode ter permitido uma recuperação das plântulas aclimatadas nos sete dias posteriores as duas geadas (-4°C e -6°C), enquanto que no tratamento Geada, sem aclimação, a maioria das plântulas morreu e o excesso de lesões nas folhas das plântulas sobreviventes pode ter prejudicado a recuperação.

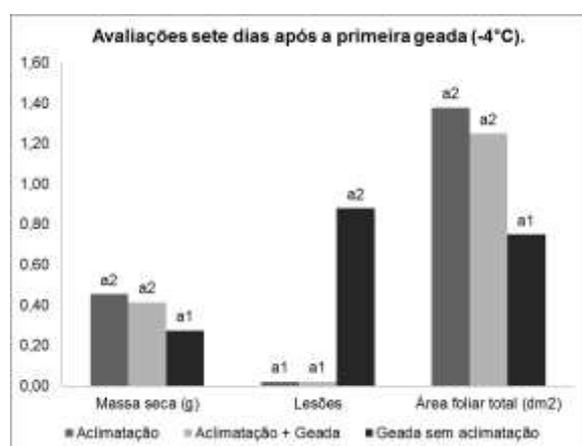
Tabela 1.

Número e área foliar de plântulas de canola, 7 dias após a simulação de geada (-4°C).				
Tratamento	Folhas Verdadeiras		Folhas Cotiledonares	
	(nº)	Área Foliar (dm ²)	(nº)	Área Foliar (dm ²)
(A) Aclimação (sem geada)	5,00 a2	1,30 b2	2,00 a2	0,07 b2
(A+G) Aclimação + Geada	4,66 a2	1,19 b2	2,00 a2	0,06 b2
(G) Geada (sem aclimação)	3,89 a1	0,72 b1	0,67 a1	0,02 b1

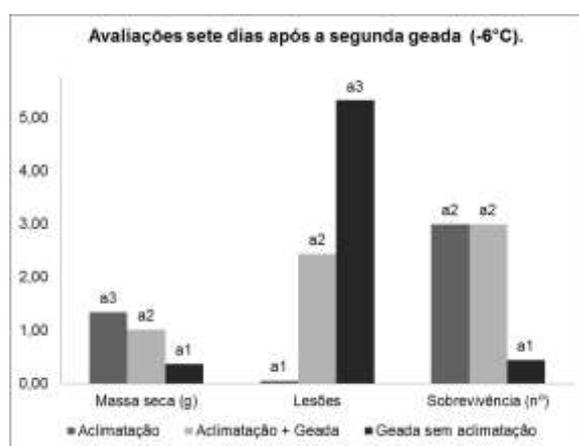
Médias de 9 repetições, em cada coluna letras seguidas de mesmos números não diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott (5%), os valores referentes ao número de folhas verdadeiras e cotiledonares para o teste estatístico foram transformados por SQRT (Y+0,5).

Figura 01.

(a)



(b)



(a) Efeito dos tratamentos, aclimação, aclimação + geada e geada sem aclimação, em plântulas de canola submetidas à simulação de geada (-4°C), para as variáveis massa de matéria seca, queima de folhas (lesões) e área foliar total, considerando as médias de nove repetições. (b) Efeito dos tratamentos A, A+G e G, em plântulas de canola, submetidas à duas simulações de geadas consecutivas (-4°C e -6°C), para as variáveis massa de matéria seca, queima de folhas (lesões) e sobrevivência de plântulas, considerando as médias de nove repetições. Letras seguidas de mesmos números não diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott (5).

CONCLUSÃO

A aclimação de plântulas de canola ao frio reduziu de forma significativa os danos causados por geadas resultando em plântulas com maior área foliar, maior peso de matéria seca e redução da queima de folhas. A aclimação de plântulas ao frio assegurou a sobrevivência de 100% das plântulas submetidas a duas geadas consecutivas de -4 e -6 °C.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, 12º Levantamento.** Companhia Nacional de Abastecimento, 2011. Disponível em: <http://www.granos.agr.br/_arquivos/mapas/7732168424e8c9c0ad60b29.69535319.pdf>. Acesso em: 3 Outubro 2011.

DALMAGO, G. A. et al. **Zoneamento agroclimático para a canola no Rio Grande do Sul.** 2ª. ed. Passo Fundo: [s.n.], 2009. 76 p.

FERREIRA, D. F. Sisvar - sistema de análise de variância para dados balanceados. Lavras: UFLA, 1998. 19 p.

GUSTA, L. V. et al. **The effect of water, sugars, and proteins on the pattern of ice nucleation and propagation in acclimated and nonacclimated canola leaves.** Plant Physiology, v. 135, p. 1642-1653, 2004.

HAWKINS, G. P. et al. **Characterization of freezing tolerance and vernalization in Vern , a spring type Brassica napus line derived from a winter cross.** Planta, v. 216, p. 220-226, 2002.

MCCLINCHEY, S. L.; KOTT, L. S. **Production of mutants with high cold tolerance in spring canola (Brassica napus).** Euphytica, v. 162, p. 52-57, 2008.

RAPACZ, M. **Frost resistance and cold acclimation abilities of spring type oilseed rape.** Plant Science, v. 147, p. 55-54, 1999.

RIFE, C. L.; ZEINALI, H. **Cold tolerance in oilseed rape over varying acclimation durations.** Crop Science, v. 43, p. 96-100, 2003.

ROBERTSON, M. J. et al. **Growth and yield differences between triazine tolerant and non triazine tolerant cultivars of canola.** Australian Journal of Agricultural Research, v. 53, p. 643-651, 2002.

ROBERTSON, M. J.; HOLLAND, J. F.; BAMBACH, R. **Response of canola and Indian mustard to sowing data in the grain belt of Worth Eastern Australia.** Australian Journal of Experimental Agriculture, v. 44, p. 43-52, 2004.

SILVA, E.P. da; CUNHA, G.R. da; PIRES, J.L.F.; DALMAGO, G.A.; PASINATO, A. **Fatores abióticos envolvidos na tolerância de trigo à geada.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.43, p.1257-1265, 2008.

TOMM, G. O.. 6. (. T.). **Indicativos tecnológicos para a produção de canola no Rio Grande do Sul.** Sistema de produção, 4, Passo Fundo, p. 68, 2007.