

DANOS FOLIARES EM GENÓTIPOS DE CAFÉ EXPOSTOS A TEMPERATURAS NEGATIVAS

Juliandra Rodrigues Rosisca²; Getúlio Takashi Nagashima³; Heverly Morais⁴; Paulo Henrique Caramori⁵; Gustavo Hiroshi Sera⁶; Carolina Maria Gaspar de Oliveira⁷; Elder Andreazi⁸; Marcelo Augusto de Aguiar e Silva⁹; Inês Cristina de Batista Fonseca¹⁰; Tumoru Sera¹¹

¹ Trabalho financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – Consórcio Pesquisa Café

² Bióloga, Bolsista Consórcio Pesquisa Café, BS, juliandrarisca@gmail.com

³ Pesquisador, DSc, IAPAR, Londrina, PR, gtnagashima@iapar.br

⁴ Pesquisadora, DSc, IAPAR, Londrina, PR, heverly@iapar.br

⁵ Pesquisador, PhD, IAPAR/SIMEPAR, pcaramori@gmail.com

⁶ Pesquisador, DSc, IAPAR, Londrina, PR, gustavosera@iapar.br

⁷ Pesquisadora, DSc, IAPAR, Londrina, PR, carolina@iapar.br

⁸ Doutorando em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, Bolsista CAPES, elderfsp@yahoo.com.br

⁹ Docente, DSc, Universidade Estadual de Londrina, aguiariesilva@uel.br

¹⁰ Docente, DSc, Universidade Estadual de Londrina, inescbf@uel.br

¹¹ Pesquisador, PhD, IAPAR, tsera@uol.com.br

RESUMO: As geadas (temperaturas negativas) podem comprometer a viabilidade econômica da cultura, pois provocam danos na folha e nos frutos nos anos de ocorrência, porém também pode afetar as produções subsequentes. Até o momento, não existem cultivares de café arábica com um bom nível de tolerância às temperaturas negativas. Apesar dos estudos já efetuados, é necessário confirmar a tolerância a temperaturas negativas em genótipos de café e verificar em quais temperaturas os diferentes cafeeiros são afetados. Portanto, o objetivo desse estudo foi avaliar os danos foliares provocados pelas temperaturas negativas em *C. racemosa* e em genótipos de café arábica portadoras de genes de *C. racemosa* e *C. liberica*. O experimento foi conduzido no IAPAR em uma câmara de crescimento, onde cafeeiros foram submetidos às temperaturas -2 °C, -3 °C, -4 °C e -5 °C, por um período de 1 hora. Os experimentos foram instalados no delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições de uma planta. As mudas foram submetidas por um período de aclimatização de 24h, com temperatura mínima de 5°C e 60% de umidade relativa. Após a aclimatização, a temperatura foi reduzida linearmente, para atingir as temperaturas mínimas. Foram avaliados 10 genótipos, sendo quatro genótipos de *Coffea arabica* portadores de genes de *C. racemosa*, ‘H147/1’, ‘IPR 100’, ‘IPR 105’, *C. racemosa*, ‘Catuaí Vermelho IAC 81’ (testemunha sensível) e ‘Mundo Novo IAC 376-4’ (testemunha sensível). As avaliações dos danos foram efetuadas 24hs e 15 dias após a exposição às temperaturas negativas. Essas avaliações foram visuais utilizando uma escala de notas de 1 a 5, onde: 1 = ausência de dano; 5 = 100% da área foliar danificada. *Coffea racemosa* foi mais tolerante às temperaturas de -4°C e -5°C do que os demais cafeeiros, que foram todos sensíveis nessas temperaturas. Os cafeeiros arábicos portadores de genes de *C. racemosa* e *C. liberica* não foram tolerantes ao frio. ‘H 147/1’, que é um cafeeiro arábico portador de genes de *C. liberica*, foi mais sensível ao frio do que as testemunhas sensíveis. ‘Catuaí Vermelho IAC 81’ e ‘Mundo Novo IAC 376-4’ não apresentaram diferenças quanto à tolerância ao frio. As notas médias dos danos foliares foram maiores nas avaliações após 15 dias das plantas serem submetidas ao frio do que após 24 horas. Quando as plantas foram submetidas à temperatura de -4°C, por 1 hora, foi possível separar melhor o genótipo tolerante das sensíveis. Em avaliações após 15 dias, a -3°C, alguns genótipos não foram danificados. No geral, após 15 dias, danos foliares leves a moderados foram observados nas temperaturas de -2°C e -3°C, porém somente foram severos a partir de -4°C, sendo que a -5°C os danos foram muitos severos.

PALAVRAS-CHAVE: Aramosa, *Coffea arabica*, *C. racemosa*, *C. liberica*, cultivares, frio, geada, melhoramento, resistência.

LEAF DAMAGES IN COFFEE GENOTYPES EXPOSED TO NEGATIVE TEMPERATURES

ABSTRACT: Frosts (negative temperatures) can compromise the economic viability of the coffee crop, because they cause damage in leaves and fruit in the years of the occurrence, but may also affect subsequent yields. Arabica coffee cultivars with a good level of tolerance to freezing temperatures not exist. Although the studies already carried out, it is necessary to confirm the tolerance to frost in coffee genotypes and check in which temperatures the different coffees are affected. Therefore, the aim of this study was to evaluate the leaf damage caused by negative temperatures in *C. racemosa* and Arabica coffee genotypes carrying *C. racemosa* and *C. liberica* genes. The experiment was conducted at IAPAR in a growth chamber, where coffees were submitted to temperatures -2°C, -3°C, -4°C and -5°C for a period of 1 hour. The experiments were conducted in a completely randomized design with four replications of one plant. The plants were submitted by an acclimatization period of 24 hours, with a minimum temperature of 5 °C and 60% relative

humidity. After acclimatization, the temperature was reduced linearly to reach the minimum temperature. We evaluated four genotypes of *Coffea arabica* carrying *C. racemosa* genes, “H147/1”, ‘IPR 100’, ‘IPR 105’, *C. racemosa*, ‘Catuaí Vermelho IAC 81’ (sensitive control) and ‘Mundo Novo IAC 376-4’ (sensitive control). Assessments of leaf damage were made 24 hours and 15 days after exposure to negative temperatures. These evaluations were visually using a grading scale varying from 1 to 5, where: 1 = no leaf damages; 5 = 100% of leaf area damaged. *Coffea racemosa* was more tolerant to temperatures of -4°C and -5°C than other coffees, which were all sensitive to these temperatures. The Arabica coffees carrying *C. racemosa* and *C. liberica* genes were not cold tolerant. “H 147/1”, which is a Arabica coffee carrying *C. liberica* genes was more sensitive to cold than the sensitive check ‘Catuaí Vermelho IAC 81’ and ‘Mundo Novo IAC 376-4’. These two checks showed no differences in cold tolerance. Mean grades of leaf damage were higher at the assessments after 15 days the plants were exposed to cold than after 24 hours. When the plants were exposed to temperature -4°C, during 1 hour, it was the best to separate the tolerant genotype and the sensitives. At the assessments after 15 days, with 3°C, some genotypes were not damaged. In general, after 15 days, slight to moderate leaf damages were observed at temperatures -2°C and -3°C, but were severe at -4°C and very severe at -5°C.

KEYWORDS: Aramosa, breeding, *Coffea arabica*, *C. racemosa*, *C. liberica*, cold, cultivars, frost, resistance.

INTRODUÇÃO

A cultura do café está limitada à zona inter-tropical 20-25 °N no Havaí até a 24 °S no Brasil, principalmente devido a fatores ecológicos relacionados com a temperatura e umidade (SMITH, 1989). Tanto as temperaturas baixas como as elevadas, podem afetar o rendimento da cultura, embora isto nem sempre seja facilmente percebido. No entanto, dentro da zona referida, as mais fortes limitações climáticas para o café são secas e geadas.

A geada causa danos com facilidade ao cafeeiro, eventualmente, causando a morte das plantas, como, aliás, tem ocorrido ao longo do tempo tanto no sul do Brasil, como em regiões próximas ao equador, em altitudes de cerca de 2000 m e acima (DAMATTA & CARVALHO, 2006). As frequentes geadas que ocorrem em grande parte das áreas produtoras de café nos estados do Paraná representa um fator que estimula os cafeicultores a abandonarem a atividade (CARAMORI & MANETTI FILHO, 1993). As geadas (temperaturas negativas) podem comprometer a viabilidade econômica da cultura, pois provocam danos na folha e nos frutos nos anos de ocorrência, porém também pode afetar as produções subsequentes (ANDROCIOLI-FILHO et al., 1986). O levantamento da safra 2013/14 no Paraná aponta diminuição de aproximadamente 50% da área plantada e queda de 70% na produtividade em relação a safra 2012/13 (SEAB, 2014).

Quando as plantas são submetidas a temperaturas de congelamento por longos períodos, a formação de cristais de gelo extracelulares gera um processo contínuo de transferência de água da região intracelular para a região extracelular provocando a desidratação do protoplasto e o congelamento do conteúdo intracelular. A formação de cristais de gelo interiormente provoca extensos danos às células, sendo geralmente letais (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Variabilidade genética foi observada em *Coffea* sp. onde *C. canephora* foi muito mais sensível ao frio que *C. arabica* (JOUVE et al., 1993). Avaliação do mecanismo fotoprotetor de cafeeiros mostraram maior capacidade em suportar o estresse por frio na cultivar IPR 102 (*C. arabica*) do que em clones de Conilon (*C. canephora*) (PARTELLI et al., 2009).

Cafeeiros avaliados em campo, após a geada ocorrida no ano de 2000 em Londrina-PR, apresentaram variabilidade genética para tolerância a temperaturas de congelamento. Foi observada alta tolerância às temperaturas negativas em *C. racemosa*, híbrido triploide entre *C. arabica* e *C. racemosa*, *C. liberica* var. *dewevrei* e em um genótipo de “Piatã” ((*C. liberica* var. *dewevrei* x *C. arabica*) x *C. arabica*). Também foi observado que “Arabusta” (*C. arabica* x *C. canephora* var. *robusta*) e *C. canephora* var. *kouillou* foram os que apresentaram maiores danos, sendo esta última a mais sensível (PETEK et al., 2005a, b).

Até o momento, não existem cultivares de café arábica com um bom nível de tolerância às temperaturas negativas. Apesar dos estudos já efetuados, é necessário confirmar a tolerância a temperaturas negativas em genótipos de café e verificar em quais temperaturas os diferentes cafeeiros são afetados. Portanto, o objetivo desse estudo foi avaliar os danos foliares provocados pelas temperaturas negativas em *C. racemosa* e em genótipos de café arábica portadoras de genes de *C. racemosa* e *C. liberica*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR, Londrina, Paraná. Foram avaliados dez genótipos de cafeeiros de 7 meses de idade, sendo quatro genótipos de *C. arabica* portadores de genes de *C. racemosa* (H0104-11-1, H0105-4-10, H0108-17-3, H0113-11-7); três genótipos de *C. arabica* portadores de genes de *C. liberica* (H147/1; IPR 100; IPR 105); *Coffea racemosa*; ‘Catuaí Vermelho IAC 81’ e ‘Mundo Novo IAC 376-4’. O genótipo “H147/1” é um híbrido F1 do cruzamento “34/13 - S353 4/5” x “110/5 - S4 Agaro”, sendo “34/13 - S353 4/5” um híbrido tetraploide entre *C. arabica* e *C. liberica*. Os genótipos ‘IPR 100’ e ‘IPR 105’ são cultivares de café derivadas de “Catuaí” x (“Catuaí” x “BA10”), sendo “BA10” um cafeeiro arábico portador de genes de *C. liberica*. Os quatro genótipos de *Coffea arabica* portadores de genes de *C. racemosa* são progênies F2RC5, derivadas de retrocruzamentos

de diferentes genótipos de café arábica com uma planta F2 derivada da progênie F1RC2 denominada C1195-5-6-2 c.950 Ep209 no Instituto Agrônômico (IAC). Esse genótipo foi obtido no Instituto Agrônômico (IAC) a partir da identificação de um híbrido F1 natural (C1195-5) entre *C. arabica* cv. Blue Mountain e *C. racemosa* (C1195). O híbrido C1195-5 foi retrocruzado, naturalmente, duas vezes com *C. arabica* originando as progênies F1RC2 denominadas C1195-5-6-1 e C1195-5-6-2 (MEDINA FILHO et al., 1977), as quais foram utilizadas nos programas de melhoramento do Brasil visando transferir a resistência ao bicho-mineiro (*Leucoptera coffeella*) para cultivares de café arábica por meio de retrocruzamentos. No IAPAR, uma planta F2 (IAPAR 81185) do genótipo F1RC2 (C1195-5-6-2 c.950 Ep209) foi identificada como sendo tolerante às baixas temperaturas (SERA, 2015 comunicação pessoal) e efetuados vários retrocruzamentos de diferentes cultivares, visando transferir tolerância ao frio, bem como tolerância à seca e resistência ao bicho-mineiro (Tabela 1).

Os dez genótipos foram submetidos a quatro tratamentos (temperaturas mínimas): -2°C, -3°C, -4°C e -5°C. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições (plantas) por tratamento. Para a avaliação foi utilizada uma câmara de crescimento (S.S. Scientific). As mudas foram submetidas a um período de aclimatização de 24 horas, com fotoperíodo de 12 horas, temperaturas máxima de 18°C, mínima de 5°C e 60% de umidade relativa. Após a aclimatização, a temperatura foi reduzida até atingir as temperaturas mínimas propostas, permanecendo nas respectivas temperaturas por um período de 1 hora.

Foram realizadas avaliações visuais dos danos foliares, 24 horas e 15 dias após a exposição às temperaturas negativas, utilizando uma escala de notas de 1 a 5, na qual: 1 = ausência de dano; 2 = dano leve (25% da área foliar danificada); 3 = dano moderado (50% da área foliar danificada); 4 = dano severo (75% da área foliar danificada) e 5 = morte (100% da área foliar danificada) (MANETI FILHO & CARAMORI, 1986).

A análise de variância (ANOVA) e o teste de agrupamento de médias Scott-Knott a 5%, foram efetuados pelo programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011), para os seguintes tratamentos/variáveis: temperatura a -2°C e avaliação após 15 dias; -3°C e avaliações após 24hs e 15 dias; -4°C e avaliações após 24hs e 15 dias. Não foi possível efetuar a ANOVA para os tratamentos/variáveis: -2°C e avaliação após 24 horas; -5°C e avaliações após 24 horas e 15 dias, pois não foi observada variância. Para essas variáveis foi efetuado o teste de Kruskal-Wallis com pontos médios comparados por Student-Newman-Keuls a 1%.

Tabela 1. Identificação dos genótipos de café arábica portadores de genes de *Coffea racemosa* e *C. liberica* e testemunhas sensíveis e tolerantes testadas para tolerância a temperaturas negativas.

Genótipos	Descrição ⁽¹⁾
H0104-11-1 ⁽²⁾	F2 de 'Catuaí IAC 81' x ['Tupi' x (C1195-5-6-2 x 'Tupi')]
H0105-4-10 ⁽²⁾	F2 de 'Acaia IAC 474-19' x ['Tupi' x (C1195-5-6-2 x 'Tupi')]
H0108-17-3 ⁽²⁾	F2 de 'IPR 108' x ['Tupi' x (C1195-5-6-2 x 'Tupi')]
H0113-11-7 ⁽²⁾	F2 de 'IPR 104' x ['Tupi' x (C1195-5-6-2 x 'Tupi')]
H 147/1 ⁽³⁾	"34/13 - S353 4/5" x "110/5 - S4 Agaro"
'IPR 105' ⁽³⁾	"Catuaí" x ("Catuaí" x "cafeeiro BA10")
'IPR 100' ⁽³⁾	"Catuaí" x ("Catuaí" x "cafeeiro BA10")
'Catuaí Vermelho IAC 81' ⁽⁴⁾	"Caturra" x "Mundo Novo"
'Mundo Novo IAC 376-4' ⁽⁴⁾	"Sumatra" x "Bourbon Vermelho"

C. racemosa

⁽¹⁾ C1195-5-6-2 c.950 Ep209 = planta F2 do cruzamento [(*Coffea arabica* x *C. racemosa* C1195) x *C. arabica*] x *C. arabica*; 'Tupi' = 'Tupi IAC 1669-33'; 'Catuaí IAC 81' = 'Catuaí Vermelho IAC 81'.

⁽²⁾ Genótipos portadores de genes de *C. racemosa*.

⁽³⁾ Genótipos portadores de genes de *C. liberica*.

⁽⁴⁾ Testemunha sensível.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi possível observar danos e diferenças estatísticas entre os genótipos testados na temperatura de -2°C e avaliados 24hs após as plantas sofrerem o estresse. Nessa mesma temperatura, porém avaliando 15 dias após o estresse, as testemunhas sensíveis não diferiram estatisticamente dos genótipos H0104-11-1 e H0105-4-10 e foram mais tolerantes ao frio em comparação com os demais genótipos. Observou-se que o dano foi moderado para todos os cafeeiros (Tabela 2).

Na temperatura de -3°C, com avaliação 24hs após, não foram observados danos em todos os genótipos e esses não diferiram estatisticamente das testemunhas sensíveis, com exceção do H 147/1, que foi mais sensível ao frio do que essas testemunhas e mostrou dano leve. A -3°C e avaliação após 15 dias, somente H0105-4-10 não diferiu das testemunhas sensíveis, enquanto que os demais genótipos foram todos mais sensíveis do que as testemunhas. Apesar das testemunhas serem menos sensíveis do que a maioria dos genótipos, os danos foram leves, exceto para H 147/1 que foi moderado.

Quando os cafeeiros foram testados a -4°C, tanto nas avaliações após 24 horas quanto na de 15 dias, *Coffea racemosa* foi o mais tolerante e os demais genótipos não diferiram das testemunhas sensíveis. O mesmo aconteceu nos dois períodos de avaliação na temperatura de -5°C.

Tabela 2. Reação de 10 genótipos de *Coffea Sp* a danos foliares e para tolerância ao frio, submetidas a temperaturas negativas e avaliados 24 horas e 15 dias após o estresse.

Genótipos ¹	Temperatura							
	-2 °C		-3 °C		-4 °C		-5 °C	
	24 hs ²	15 dias ³	24 hs ³	15 dias ³	24 hs ³	15 dias ³	24 hs ²	15 dias ²
	Mediana ⁴	Média	Média	Média	Média	Média	Mediana(PM)	Mediana(PM)
H0104-11-1	1,00	3,00a	1,00a	2,00b	3,50b	3,75b	4,00 (21,5b)	5,00 (21,5b)
H0105-4-10	1,00	2,50a	1,00a	1,00a	4,00b	4,00b	4,00 (21,5b)	5,00 (21,5b)
H0108-17-3	1,00	3,00b	1,00a	2,00b	3,50b	3,50b	4,00 (21,5b)	5,00 (21,5b)
H0113-11-7	1,00	3,00b	1,00a	2,00b	3,75b	3,75b	4,00 (21,5b)	5,00 (21,5b)
H 147/1	1,00	3,00b	1,75b	2,75c	3,50b	4,50b	4,00 (21,5b)	5,00 (21,5b)
IPR 100	1,00	3,00b	1,00a	2,00b	3,50b	4,00b	4,00 (21,5b)	5,00 (21,5b)
IPR 105	1,00	3,00b	1,00a	2,00b	3,25b	3,50b	4,00 (21,5b)	5,00 (21,5b)
Catuai	1,00	2,25a	1,00a	1,00a	3,25b	3,75b	4,00 (21,5b)	5,00 (21,5b)
M. Novo	1,00	2,50a	1,00a	1,00a	3,50b	3,50b	4,00 (21,5b)	5,00 (21,5b)
<i>C. racemosa</i>	1,00	3,00b	1,00a	2,00b	1,50a	1,50a	3,00 (2,5a)	3,00 (2,5a)
CV%		10,72	14,71	8,91	24,54	24,42		
p-valor K-W	1,00						0,000	0,000

¹ Catuai = 'Catuai Vermelho IAC 81' (testemunha sensível); M. Novo = 'Mundo Novo IAC 376-4' (testemunha sensível).

² Teste de Kruskal-Wallis (K-W) com postos médios (PM) comparados por Student-Newman-Keuls. Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si a p-valor <0,01.

³ Teste de agrupamento de médias de Scott Knott. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si à 5% de probabilidade.

⁴ Os postos médios não diferem.

Como já relatado anteriormente, vários genótipos foram mais sensíveis ao frio do que as testemunhas nas temperaturas -2°C e -3°C, porém em nenhum deles os danos foram severos. Com exceção de *C. racemosa* que apresentou danos leves, a -4°C, todos apresentaram danos severos e em H147/1 os danos foram muito severos, na avaliação após 15 dias. O dano foi severo em todos os genótipos na temperatura de -5°C, avaliados após 24 horas, e muito severo nessa mesma temperatura, avaliados após 15 dias, com exceção de *C. racemosa* que mostrou dano moderado nos dois períodos de avaliação (Tabela 2).

No geral foi observado que as notas médias dos danos foliares foram maiores nas avaliações após 15 dias do estresse do que após 24 horas. Nas temperaturas de -2°C e -3°C, os genótipos não foram danificados quando avaliados após 24 horas. Nas avaliações após 15 dias, não ocorreram danos foliares em alguns genótipos, porém, no geral foram observados danos foliares leves a moderados nas temperaturas de -2,0°C e -3,0°C. Os danos foram severos somente a partir de -4°C, sendo que a -5°C os danos foram muitos severos, com exceção de *C. racemosa* que tolerou essas duas últimas temperaturas. Em outro estudo em condições de campo foi observado que os primeiros sintomas de danos apareceram nas folhas quando a temperatura atingiu -2,0°C, enquanto que danos severos e generalizados só ocorreram quando a temperatura mínima foi inferior a -3,0°C. Quando a temperatura alcançou -4,5°C os danos foram totais (CAMARGO; SALATI, 1966). Resultados similares em ambiente controlado foram obtidos por Maneti-Filho e Caramori (1986), que observaram, em 'Catuai Vermelho IAC 81', danos leves a moderados na temperatura -2°C, moderados a severos no -3°C e severos no -4°C e, além disso, demonstraram que o efeito das temperaturas negativas é agravado com aumento do tempo de exposição.

Os resultados deste estudo indicam que temperaturas inferiores a -3°C seriam melhores para separar os genótipos mais tolerantes dos sensíveis, pois os danos foliares foram severos e mesmo assim foi possível separar *C. racemosa* como sendo mais tolerante do que os outros cafeeiros. Na temperatura de -5°C, os danos foram muitos severos nos cafeeiros arábicos e moderados em *C. racemosa*, podendo fazer com que genótipos mais tolerantes sejam descartados no processo de seleção dos cafeeiros. Portanto, para avaliações de tolerância às temperaturas negativas em café, é possível que seja melhor utilizar temperaturas inferiores a -3°C, porém sem ultrapassar o limite de -4°C e, além disso, as plantas devem ser avaliadas após 15 dias de serem submetidas ao frio por 1 hora.

Nas temperaturas de -4°C e -5°C, com exceção de *C. racemosa*, todos os genótipos foram sensíveis, incluindo H0104-11-1, H0105-4-10, H0108-17-3 e H0113-11-7 que são cafeeiros arábicos portadores de genes de *C. racemosa*. Nessas quatro progênies F2RC5 foi utilizada uma planta F2 do genótipo C1195-5-6-2 c.950 Ep209 para transferir a tolerância ao frio para cultivares, pois essa planta foi identificada como sendo tolerante às geadas ocorridas em Londrina-PR-Brasil (Sera T. 2015, comunicação pessoal). Três retrocruzamentos foram efetuados em C1195-5-6-2 e é bem provável que não foram selecionadas plantas tolerantes durante essas gerações de retrocruzamento. Novos genótipos serão testados futuramente visando identificar outras progênies F2RC5 com tolerância ao frio.

'H 147/1', 'IPR 100' e 'IPR 105', todos cafeeiros arábicos portadores de genes de *C. liberica* var. *liberica*, foram sensíveis ao frio, com destaque para 'H 147/1' que apresentou uma tendência de ser mais sensível. É possível que *C. liberica* var. *liberica* seja sensível ao frio, ao contrário de *C. liberica* var. *dewevrei*, que mostrou tolerância em outros estudos (PETEK et al., 2005a, b). Outra hipótese é que durante as várias gerações de autofecundação de 'IPR 100' e 'IPR 105' e hibridações de 'H 147/1' não foram selecionados cafeeiros com tolerância ao frio. Em um estudo efetuado

em condições de campo e com folhas destacadas em câmara fria foi verificado que *C. liberica* var *dewevrei* e um genótipo de “Piatã” (*C. liberica* var. *dewevrei* x *C. arabica*) x *C. arabica*) apresentaram poucos danos, sendo que esses danos foram menores em *C. liberica* var. *dewevrei*, demonstrando que a tolerância ao frio em Piatã, possivelmente está relacionada a expressão de genes dessa espécie, uma vez que os genótipos de *C. arabica* avaliados nessas mesmas condições foram mais suscetíveis (PETEK et al., 2005b).

No nosso estudo *C. racemosa* apresentou tolerância às temperaturas negativas, sendo que essa tolerância foi melhor observada na temperatura de -4°C, quando os danos foram severos em todos cafeeiros arábicos e nessa espécie os danos foram leves. Isso corrobora com resultados observados em avaliações de campo efetuados em julho de 2000, quando ocorreu uma geada severa (temperatura mínima no abrigo meteorológico de -1,3°C) em Londrina-PR, em que *C. racemosa* e um híbrido triploide (*C. arabica* x *C. racemosa*) mostraram alta tolerância ao frio (PETEK et al., 2005b). *C. racemosa* possui tolerância à seca (MEDINA-FILHO et al., 1977) e pode ser que nessa espécie o mesmo mecanismo que promove a tolerância às temperaturas negativas seja o mesmo da tolerância à seca. Estudos fisiológicos deverão ser efetuados para elucidar o mecanismo que promove a tolerância ao frio em *C. racemosa*. Outro fator que pode ter promovido uma maior tolerância ao frio em *C. racemosa* é o tamanho da folha que nessa espécie é muito pequena se comparado com folhas de outras espécies como *C. arabica*.

Foi relatado que a cultivar Catuaí, em condições de campo, sofre maiores danos foliares do que a cultivar Mundo Novo (CARAMORI & MANETTI FILHO, 1993), porém neste trabalho não foram observadas diferenças nessas duas cultivares quanto à tolerância ao frio, pois não diferiram estatisticamente, em todas as temperaturas testadas. O fato de ‘Mundo Novo IAC 376-4’ ser menos danificado pela geada está relacionado com o porte da planta que é alto em comparação com ‘Catuaí Vermelho IAC 81’ que é baixo (CARAMORI & SERA, 1979) e fato de esta vegetar mais intensamente durante o inverno (CARAMORI & MANETTI FILHO, 1993).

CONCLUSÕES

1. *Coffea racemosa* foi mais tolerante às temperaturas de -4°C e -5°C do que os demais cafeeiros, que foram todos sensíveis nessas temperaturas.
2. Os cafeeiros arábicos portadores de genes de *C. racemosa* e *C. liberica* não apresentaram tolerância ao frio.
3. “H 147/1”, que é um cafeeiro arábico portador de genes de *C. liberica*, foi mais sensível ao frio do que as testemunhas sensíveis.
4. ‘Catuaí Vermelho IAC 81’ e ‘Mundo Novo IAC 376-4’ não apresentaram diferenças quanto à tolerância ao frio.
5. As notas médias dos danos foliares foram maiores nas avaliações após 15 dias das plantas serem submetidas ao frio do que após 24 horas.
6. Quando as plantas foram submetidas à temperatura de -4°C, por 1 hora, foi possível separar melhor o genótipo tolerante das sensíveis.
7. Em avaliações após 15 dias, a -3°C, alguns genótipos não foram danificados. No geral, após 15 dias, danos foliares leves a moderados foram observados nas temperaturas de -2,0°C e -3,0°C, porém somente foram severos a partir de -4°C, sendo que a -5°C os danos foram muitos severos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDROCIOFI-FILHO, A.; SIQUEIRA, R.; CARAMORI, P. H.; PAVAN, M. A.; SERA, T.; SODERHOLM, P. K. Frost injury and performance of coffee at 23°S in Brazil. *Exp. Agric.* 22:71-74, 1986.
- CAMARGO, P.; SALATI, E. Determinação da temperatura letal de folhagem de cafeeiro em noite de geada. *Bragantia*, Campinas, v. 25, p. 61-63, 1966.
- CARAMORI, L. P. C.; CARAMORI, P. H.; MANETTI FILHO, J. Effect of leaf water potential on cold tolerance of *Coffea arabica* L. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 45, n. 4, p. 439-443, 2002.
- CARAMORI, P. H.; MANETTI FILHO, J. *Proteção dos cafeeiros contra geadas*: Circular técnica, 79. Londrina, IAPAR, 1993. 28p.
- CARAMORI, P. H.; SERA, T. Influência do porte do cafeeiro no dano provocado por geada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 7, 1979. *Resumos*. Rio de Janeiro: IBC, 1979. p. 133-134.
- DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, Campos dos Goytacazes, v. 18, n. 1, p. 55-81, 2006.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- JOUBE, L.; ENGELMANN, F.; NOIROT, M.; CHARRIER, A. Evaluation of biochemical markers (sugar, proline, malonaldehyde and ethylene) for cold sensitivity in microcuttings of two coffee species. *Plant Science*, v. 91, p. 109-116, 1993.
- MANETTI FILHO, J.; CARAMORI, P. H. Desenvolvimento de uma câmara para simulação de temperaturas baixas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 21, n. 10, p. 1005-1008. 1986.

- PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; VIANA, A. P.; BATISTA-SANTOS, P. RODRIGUES, A. P.; LEITÃO, A. E.; RAMALHO, J. C. Low temperature impact on photosynthetic parameters of coffee genotypes, *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 44, n. 11, p. 1404-1415, nov. 2009.
- PETEK, M. R.; SERA, T.; ALTEIA, M. Z. Selection for frost resistance in *Coffea arabica* progenies carrying *C. liberica* var. *deweyrei* genes. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, Viçosa, v. 5, p. 355-362, 2005a.
- PETEK, M. R.; SERA, T.; ALTEIA, M. Z. Genetic variability for frost resistance among *Coffea* accessions assessed in the field and in a cold chamber. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, v. 48, n. 1, p. 15-21. 2005b.
- SEAB – Secretaria da Agricultura e Abastecimento – Departamento de Economia Rural. *Estimativa de safra: Comparativo de área, produção e produtividade no Paraná nas safras 12/13 - 13/14*. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=74>>. Acesso em: 22 ago. 2014.
- SMITH, A. W. Introduction. In: CLARKE, R. J.; MACRAE, R. (Eds), *Coffee*, v. 1. Chemistry. London: Elsevier, 1989. p. 1-41.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia do Estresse: resfriamento e congelamento. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. (Eds). *Fisiologia Vegetal*. Porto Alegre: Artmed, 2009. p. 738-774.