

Qualidade fisiológica de sementes de crambe com e sem pericarpo

Claudia Tatiana Araujo da Cruz-Silva¹; Ana Paula Moraes Mourao Simonetti¹; Lúcia Helena Pereira Nóbrega¹

Resumo: O crambe é uma planta da família Brassicaceae, que devido a seu ciclo curto, baixo custo, rusticidade e alto teor de óleo com qualidade para a produção de biodiesel, vem sendo cada vez mais pesquisado. Trata-se de uma alternativa ao petróleo, que não gera impactos ambientais. Para um bom desenvolvimento de uma cultura, a qualidade fisiológica da semente é um fator fundamental; assim, o presente trabalho teve o objetivo avaliar a qualidade fisiológica de sementes de crambe com ou sem pericarpo. As sementes de crambe, com e sem pericarpo, da cultivar FMS brilhante, foram submetidas aos seguintes testes: pureza, massa de 1000 sementes, primeira contagem de germinação, teste de germinação, índice de velocidade de germinação, emergência em areia, índice de velocidade de emergência, crescimento de plântulas, teste de frio, teste de condutividade elétrica e teste de tetrazólio. Nas condições em que os testes foram realizados conclui-se que as sementes de crambe com pericarpo apresentaram um melhor desempenho nos testes de qualidade fisiológica de sementes.

Palavras-chave: *Crambe abyssinica*; germinação; pureza; tetrazólio; vigor.

Physiological quality of crambe seeds with and without pericarp

Abstract: The crambe is a plant of Brassicaceae family, which due to its short cycle, low cost, ruggedness and high oil content with quality for biodiesel production, has been increasingly researched because it is an alternative to oil, that does not generate environmental impacts. For a good development of a culture, the seed quality is a factor that makes a big difference, thus the present study was the objective to evaluate the physiological quality of crambe seed with or without pericarp. Crambe seeds, with and without pericarp, FMS Brilhante cultivar, were subjected to the following tests: purity, weight of 1000 seeds, first count, germination test, germination speed index, emergence in sand, emergence speed index, seedling growth, cold test, electrical conductivity and tetrazolium test. In the conditions where the tests were conducted, it was concluded that crambe seed with pericarp showed performed better in the tests of seed quality.

Key Words: *Crambe abyssinica*, germination, purity, tetrazolium, vigor.

Introdução

A qualidade da semente é avaliada por um somatório de índices determinados pela análise de uma amostra representativa de um lote de sementes. Através dos diferentes testes, obtém-se informações sobre a semente para as diferentes culturas quando em multiplicação, produção ou, ainda, por ocasião da colheita, secagem, beneficiamento, tratamento e

¹ Programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Campus Cascavel, Rua Universitária, 2069 – JD. Universitário. Prédio de Desenvolvimento de Protótipos, Cascavel - PR – Cep: 85819-110.
E-mails: claudia_petsmart@hotmail.com; anamourao@fag.edu.br; lucia.nobrega@unioeste.br

armazenamento. Essas informações são de grande valia na aferição da tecnologia empregada e/ou identificação de problemas e suas possíveis causas (TILLMANN *et al.*, 2003).

O potencial fisiológico de sementes ainda encontra-se como o principal foco de atenção dos tecnologistas de sementes, sendo representado pela viabilidade e pelo vigor das sementes, determinando a capacidade da semente em estabelecer uma plântula normal (MONDO *et al.*, 2012). A avaliação do potencial fisiológico da semente é essencial em um programa de controle de qualidade, informações adicionais durante o processo de produção aumentam a qualidade final das sementes. O teste de germinação é o procedimento oficial para avaliar o potencial de sementes produzirem plântulas normais em condições ideais. Entretanto, o teste nem sempre revela diferenças de desempenho entre os lotes durante o armazenamento ou no campo (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). Em função disso, é importante avaliar o vigor da semente como um complemento para adicionar informações ao teste de germinação (TORRES e NEGREIROS, 2008).

Uma cultura que vem se destacando é o crambe (*Crambe abyssinica* Hochst. ex R. E. Fr.) em função do alto potencial para a produção de óleo vegetal, as pesquisas acabaram direcionando à sua utilização como matéria-prima para o biodiesel, que até pouco tempo, era utilizada apenas como forrageira na rotação de culturas e coberturas de solos (VARISCO e SIMONETTI, 2012). O crambe é uma planta de ciclo anual, pertencente à família Brassicaceae, apresenta altura entre 70 e 90 cm, florescimento aos 35 dias após a semeadura, com teor de óleo de 35 a 60% (PITOL *et al.*, 2010).

Cada fruto contém uma única semente esférica, envolvida por uma estrutura denominada pericarpo, de cor verde ou marrom esverdeado (DESAI *et al.*, 1997, RUAS *et al.*, 2010). De modo geral, a função básica do pericarpo é proteger as sementes contra abrasões e choques, funcionando como barreira para a entrada de microrganismos, permitindo que as sementes possam ser armazenadas por longos períodos, sem perda significativa do poder germinativo (PEREZ, 1998).

Em alguns casos, a presença do pericarpo pode proporcionar falta de uniformidade da germinação de certas espécies. Uma das causas desse fenômeno é a limitação no processo de absorção de água pela semente, ou dificuldade de rompimento pelo hipocótilo-radicular. Essa absorção está diretamente associada a disponibilidade hídrica, potencial mátrico do substrato, potencial osmótico da solução que umedece o substrato, temperatura e características intrínsecas da semente (POPINIGIS, 1985). Ruas *et al.* (2010) verificaram que apesar do

pericarpo das sementes de crambe ser permeável a água, a sua retirada total por escarificação duplicou o percentual de germinação em relação as sementes com pericarpo.

Segundo Masetto *et al.* (2009) as pesquisas com o crambe, especialmente sobre o controle de qualidade de suas sementes, são fundamentais para a utilização da cultura e justificam-se pela potencialidade da espécie e pela escassez de informações referentes à qualidade fisiológica e sanitária com que suas sementes são produzidas.

Assim, este trabalho objetivou avaliar o efeito da presença do pericarpo na qualidade fisiológica de sementes de crambe.

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Sementes e Plantas (LASP), na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Campus Cascavel, entre setembro a dezembro de 2012. Foram utilizadas sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst. ex R. E. Fr.), cultivar FMS Brilhante, da safra 2011, sem tratamento prévio, oriundas de campos experimentais da Faculdade Assis Gurgacz (FAG), localizada em Cascavel (PR). As sementes permaneceram até o início dos testes, armazenadas em sacos de papel permeável, a temperatura ambiente.

A qualidade fisiológica foi avaliada em sementes de crambe, com e sem pericarpo, sendo efetuados os seguintes testes e análises:

- Pureza: A amostra de trabalho foi obtida por homogeneização e divisão da amostra média, em duas repetições de 50 sementes, onde foram obtidas as sementes com e sem pericarpo que constituíram os tratamentos para os testes realizados;
- Massa de 1000 sementes: Para obter a média da massa de 1000 sementes em gramas, quatro repetições de 100 sementes de cada tratamento foram pesadas, e a média calculada pela multiplicação por dez (modificado a partir de TOLEDO *et al.*, 2011);
- Teor de umidade: Determinado pelo método da estufa, a 105°C, durante 24 horas, com utilização de duas repetições de 5 g para sementes com e sem pericarpo, acondicionadas em cápsula de alumínio conforme metodologia prescrita nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), os resultados foram expressos em porcentagem;
- Primeira contagem de germinação: Realizada juntamente com o teste de germinação, sendo o registro da percentagem de plântulas normais verificado aos cinco dias após a instalação do teste. As sementes foram consideradas germinadas quando apresentaram comprimento da raiz primária superior ou igual a 2,0 mm;

- Teste de germinação: Realizado com quatro repetições de 100 sementes para cada tratamento (sementes com e sem pericarpo), distribuídas em caixas “gerbox”, forradas com duas folhas de papel germitest, umedecidas com solução de nistatina a 2%, equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco, sendo posteriormente mantidas em germinador com temperatura regulada em 25 ± 5 °C, no escuro, com umidade relativa em torno de 100%. Após oito dias o resultado de germinação foi expresso em porcentagem média de plântulas normais e anormais, sementes duras e mortas;
- Índice de velocidade de germinação (IVG) e velocidade de germinação (VG): Determinado a partir de contagens do quinto ao oitavo dia do teste de germinação, sendo calculado segundo fórmula proposta por Maguire (1962) e Edmond e Drapala (1958), respectivamente;
- Emergência em areia: O teste foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento, distribuídas em caixas plásticas preenchidas com areia umedecida. Cada uma das repetições foi preparada com o auxílio de perfurador com profundidade de um cm, após semeadas as sementes de crambe e cobertas com areia. Foram mantidas em bancada em temperatura ambiente, sendo umedecidas diariamente. Após 18 dias o resultado de germinação foi expresso em porcentagem média de plântulas emergentes, comprimento da raiz e parte aérea (cm);
- Índice de velocidade de emergência (IVE) e velocidade de emergência (VE): Determinado a partir de contagens do quinto ao 18º dia do teste de emergência em areia, sendo calculado segundo fórmula proposta por Maguire (1962) e Edmond e Drapala (1958), respectivamente;
- Crescimento de plântulas: Para este teste foram utilizadas quatro repetições de 20 sementes de crambe para cada tratamento. Em papel germitest devidamente umedecido, foram distribuídas as sementes sobre a linha demarcada a 1/3 da extremidade superior do papel. Acondicionadas em germinador com temperatura regulada em 25 ± 5 °C, no escuro, com umidade relativa em torno de 100%. Após oito dias as variáveis avaliadas foram: comprimento da raiz e parte aérea (cm) e percentual de plântulas normais, anormais, sementes duras e mortas;
- Teste de frio: Foram utilizadas quatro repetições de 100 sementes para cada tratamento; as quais foram distribuídas em papel germitest umedecido com água destilada, equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco, sendo posteriormente acondicionadas em saco plástico e mantidas em refrigerador por 48 h, a temperatura aproximada de 10 °C. Posteriormente, as sementes foram submetidas ao teste de germinação como descrito anteriormente. Após oito

dias o resultado de germinação foi expresso em porcentagem média de plântulas normais e anormais, sementes duras e mortas;

- Teste de condutividade elétrica: Foram separadas quatro repetições de 50 sementes de crambe para cada tratamento (sementes com e sem pericarpo), embebidas em 75 mL de água deionizada por 24 h a 25 °C. As soluções contendo as repetições foram levemente agitadas para uniformização dos lixiviados e, imediatamente, procedeu-se à leitura em condutivímetro digital portátil, a temperatura ambiente, sendo os resultados expressos em $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$;
- Teste do tetrazólio: Consistiu de quatro repetições de 50 sementes de cada tratamento, mantidas em papel umedecido por 16 h a 25 °C. Posteriormente, as sementes foram cortadas manualmente, em sentido longitudinal, com o auxílio de bisturi, sendo uma das partes imersa em solução de 2,3,5 trifenil cloreto de tetrazólio 0,075%, por três horas a 35 °C. Posteriormente, as sementes foram lavadas em água corrente e mantidas submersas em água, até o momento da avaliação. As mesmas foram avaliadas internamente, verificando-se a intensidade da coloração e, portanto, a viabilidade das sementes, sendo classificadas como viáveis (coloridas de vermelho) e não viáveis (incolores), de acordo com a recomendação para *Brassica* spp (BRASIL, 2009), sendo o resultado expresso em percentagem.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), com dois tratamentos e quatro repetições para cada teste realizado. Os dados foram previamente submetidos aos testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (Bartlett) para análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando-se o software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2014), exceto para pureza e massa de 1000 sementes.

Resultados e Discussão

Com relação à pureza, verificou-se que 61,72% da amostra, era composta por sementes com pericarpo (semente pura) e 12,58% por sementes sem pericarpo (Tabela 1), que foram selecionadas em função do foco deste trabalho. Segundo Brasil (2009) para o crambe considera-se semente pura o fruto tipo síliqua lomentácea, com ou sem pedúnculo, a menos que seja óbvio que não contenha semente.

Tabela 1 - Teste de pureza nas sementes de crambe (%).

Sementes com pericarpo	Sementes sem pericarpo	Pericarpo manchado	Pericarpo chocho	Pericarpo trincado	Material inerte
61,72	12,58	16,74	1,27	6,41	1,28

Nas sementes com pericarpo, foram separadas as manchadas, trincadas e chochas, com percentual de 16,74; 6,41 e 1,27%, respectivamente. O material inerte incluiu outras sementes, pedaços de unidades de dispersão quebrados ou danificados iguais ou menores do que a metade de seu tamanho original e ciscos, perfazendo um baixo percentual da amostra (1,28%).

A massa de mil sementes com pericarpo foi de 10,32 e 6,63 g para sementes sem pericarpo, diferença essa provavelmente associada a presença do envoltório seco ao redor da semente; já que segundo Falasca *et al.* (2010) a massa de sementes de crambe varia de 6 a 10 g.

O teor de água obtido nas sementes de crambe com pericarpo foi de 7,0% (Tabela 2), valor esse semelhante ao encontrado por Werner *et al.* (2013) de 7,17% (amostra 2009) e 9,06% (amostra 2010) e entre 6,5% e 9,4% por Masetto *et al.* (2009) em diferentes lotes, ambos com a mesma espécie. Já o teor de água nas sementes sem pericarpo foi de 4,8%.

Tabela 2- Valores médios da massa, teor de água, primeira contagem, teste de germinação, IVG e VG de em sementes de crambe com e sem pericarpo.

Teste	Com pericarpo	Sem pericarpo	Média	CV %
Massa de 1000 sementes (g)	10,32	6,63	8,47	-
Teor de água (%)	7,0	4,8	5,90	-
Primeira contagem (%) ^{ns}	77,00	70,50	73,75	8,69
Plântulas normais (%)	76,25a	62,25b	69,50	14,74
Plântulas anormais (%) ^{*ns}	2,25	5,13	3,69	48,72
Sementes duras (%)*	21,25a	5,25b	13,25	35,66
Sementes mortas (%)*	0,25b	23,75a	12,00	69,58
IVG (plântulas/dia) ^{ns}	15,90	14,53	15,21	9,43
VG (dias) ^{ns}	4,69	5,08	4,89	13,75

IVG: Índice de velocidade de germinação (expressa em número de plântulas germinadas por dia); VG: velocidade de germinação (expressa em número de dias que as plântulas levaram para germinar), CV: coeficiente de variação, ns: não significativo. Médias seguidas de letras diferentes na linha indicam diferença estatística significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *dados transformados $\sqrt{x+1}$.

A viabilidade das sementes e, consequentemente, sua maior ou menor longevidade dependem da interação de vários fatores, entre os quais o teor de água ocupa um lugar de indiscutível destaque. O grau de umidade influencia no comportamento da semente quando ela é submetida às mais diferentes situações que acompanham todas as etapas de produção, da colheita à comercialização. Portanto, determinações frequentes do grau de umidade são

necessárias para estabelecer e adotar procedimentos adequados para evitar, ou pelo menos minimizar, os danos que frequentemente ocorrem nas sementes (TILLMANN *et al.*, 2003). Porém, segundo Werner *et al.* (2013) o teor de água das sementes não é eficiente para diferenciar a qualidade fisiológica das sementes de crambe.

Entretanto Marcos-Filho (1987) salienta que o ponto de colheita de grande número de espécies é determinado com base no teor de água das sementes, principalmente quando se efetua colheita mecanizada. Além disso, a atividade fisiológica da semente depende fundamentalmente do grau de umidade. O conhecimento deste parâmetro permite a escolha do procedimento mais adequado para a colheita, secagem, beneficiamento, armazenamento da semente, preservação de sua qualidade física, fisiológica e sanidade.

Apesar de não existir diferença significativa na porcentagem de sementes com e sem pericarpo germinadas aos cinco dias, os resultados encontrados demonstram uma tendência de maior porcentagem de germinação para sementes com pericarpo (77,0%) em comparação as sem pericarpo, que apresentaram 70,5%. Pilau *et al.* (2012) verificaram que sementes de crambe submetidas a temperatura de 25 e 30°C em papel germitest apresentaram média de germinação de 71 e 73%, respectivamente. Costa *et al.* (2010) estudando a frequência de germinação de sementes de crambe intacta, escarificada e sem tegumento sob influência de tratamentos pré-germinativos (ácido giberélico, nitrato de potássio e água) e de temperaturas (25 e 30°C) concluíram que as sementes crambe descascadas apresentaram maiores frequências de germinação em ambas as temperaturas e tratamentos químicos; discordando da tendência encontrada neste experimento.

Segundo Brasil (2009) nos testes de laboratório a porcentagem de germinação de sementes corresponde à proporção do número de sementes que produziu plântulas classificadas como normais. Após oito dias de instalação do experimento, foi observado que 76,25% das sementes de crambe com pericarpo se desenvolveram em plântulas normais, detectando diferença significativa das sementes sem pericarpo que formaram 62,25% de plântulas normais (Tabela 2).

Entretanto, Carvalho e Nakagawa (2000) afirmam que quando há presença do pericarpo, ocorre maior demanda de energia para o seu rompimento, o que pode retardar o processo de geminação.

Houve um pequeno percentual de plântulas anormais para ambos os tratamentos, 2,25% para sementes com pericarpo e 5,13% para sementes sem pericarpo. As plântulas

anormais são aquelas que não mostram potencial para continuar seu desenvolvimento e dar origem a plantas normais, mesmo crescendo em condições favoráveis (BRASIL, 2009).

As sementes mortas se caracterizaram por se apresentarem amolecidas ou atacadas por microrganismos, não apresentando nenhum sinal de inicio de germinação, neste parâmetro avaliativo, as sementes com pericarpo apresentaram um percentual baixíssimo (0,25%), diferindo significativamente das sementes sem pericarpo que apresentaram 23,75% das sementes nesta condição.

As sementes duras foram as que permaneceram sem absorver água por um período mais longo que o normal e se apresentaram ao final do teste com aspecto de sementes recém colocadas no substrato (não intumescidas). Segundo Brasil (2009) esse fenômeno é motivado pela impermeabilidade do tegumento das sementes à água, sendo, portanto, um tipo de dormência. Em contra partida, o aumento de volume da semente, resultante da entrada de água, provoca rompimento da casca, o que facilita a emergência do eixo hipocótilo-radicular do interior da semente (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

Os tratamentos também apresentaram diferença estatística significativa quanto a dureza das sementes, as sementes com pericarpo apresentaram 21,25% de sementes duras e as sem pericarpo um percentual bem menor de 5,25%.

Costa *et al.* (2012) observaram que sementes de crambe apresentaram dormência no início do armazenamento, apresentando um percentual de germinação bastante baixo de 5,56 a 7,50%, ressaltando que o estudo de dormência em sementes de crambe se torna necessário ao considerar-se que a capacidade germinativa aumenta com o tempo de armazenamento (de 2 a 12 meses).

De forma geral as sementes com pericarpo apresentaram um desempenho superior no teste de germinação, com maior percentual de plântulas normais, menor mortalidade de sementes e um número maior de sementes duras, as quais após quebra de dormência podem vir a germinar.

Resultados diferentes foram observados por Ruas *et al.* (2010) que concluíram que a escarificação das sementes de crambe e, consequentemente, ruptura do pericarpo proporcionou aumento na germinação quando comparado as sementes não escarificadas, onde a remoção do pericarpo proporcionou cerca de 90% de germinação das sementes. Ao passo que, Queiroga e Duran (2010) verificaram que não houve influência das sementes de dois genótipos de girassol com e sem pericarpos, sobre as variáveis germinação e comprimento de plântula, exceto para a massa unitária do pericarpo isolado.

Quanto ao índice de velocidade de germinação (IVG) as sementes formaram em média 15,9 e 14,53 plântulas por dia para sementes com e sem pericarpo, respectivamente (Tabela 2). Esses valores foram superiores ao encontrado por Werner *et al.* (2013) de 6,59 plântulas de crambe formadas por dia, indicando que o lote analisado neste trabalho é mais vigoroso. A velocidade média de germinação (VG) foi de 4,69 dias para sementes com pericarpo e 5,08 dias para as sem pericarpo, segundo Borghetti e Ferreira (2004) quanto menor o VG, mais vigorosa poderá ser considerada a amostra; portanto há uma tendência de maior vigor nas sementes com pericarpo.

O teste de emergência em areia é um dos testes utilizados para verificar a qualidade fisiológica das sementes. A emergência das plântulas de crambe foi baixa, embora tenha apresentado diferença estatística significativa entre os tratamentos, com média de 32% para sementes com pericarpo e 18% para sementes sem pericarpo (Tabela 3).

Após o 18º dia, o comprimento da raiz (cm) foi de 1,87 e 1,54 cm, para sementes com e sem pericarpo, respectivamente. O comprimento da parte aérea diferiu significativamente, apresentando 7,57 cm para sementes com pericarpo e 5,93 cm para as sem pericarpo. Cardoso *et al.* (2012) após 8 dias a campo encontraram uma média de desenvolvimento da raiz de 2,32 cm e da parte aérea de 2,47 cm. O desenvolvimento da parte aérea neste trabalho foi superior quando comparado com o encontrado pelos autores acima, mas vale salientar que as plântulas obtidas nesse trabalho apresentaram um aspecto de início de estiolamento, e foram avaliadas com um maior número de dias.

Observou-se diferença estatística significativa para o IVE entre os tratamentos, que foi de 1,84 plântulas emersas por dia para sementes com pericarpo e 0,95 para sementes sem pericarpo. A VE dos tratamentos foi de 9,24 e 9,82 dias, valores considerados baixos, o que era previsto em função do porcentual de plântulas emersas. Quanto maior o IVE, maior a VE e mais vigoroso é o lote (NAKAGAWA, 1999), assim demonstra mais uma vez a tendência de maior vigor nas sementes com pericarpo.

No teste de crescimento de plântulas, 58,75% das sementes com pericarpo se desenvolveram em plântulas normais, diferindo de forma significativa das sementes sem pericarpo que desenvolveram 21,25% de plântulas normais. O percentual restante das sementes, se subdividiram em sementes consideradas duras, mortas e plântulas anormais, que não diferiram em nenhuma dessas variáveis (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores médios do teste de emergência em areia, IVE, VE e crescimento de plântulas de sementes de crambe com e sem pericarpo.

Teste	Com pericarpo	Sem pericarpo	Média	CV %
-------	---------------	---------------	-------	------

	Teste de emergência em areia			
Porcentagem de emergência (%)	32a	18b	12,50	37,03
Comprimento da raiz (cm) ^{1ns}	1,87	1,54	1,71	17,19
Comprimento da parte aérea (cm) ¹	7,57a	5,93b	6,75	14,87
IVE (plântulas/dia)	1,84a	0,95b	1,39	43,81
VE (dias) ^{ns}	9,24	9,82	9,53	6,06
	Teste de crescimento de plântulas			
Plântulas normais (%)	58,75a	21,25b	40,00	54,28
Plântulas anormais (%)* ^{ns}	11,25	48,75	30,00	51,72
Sementes duras (%)* ^{ns}	16,25	1,25	8,75	47,90
Sementes mortas (%)* ^{ns}	13,75	28,75	21,25	26,44
Comprimento da raiz (cm) ^{2ns}	5,38	5,16	5,32	41,88
Comprimento da parte aérea (cm) ²	4,76a	3,32b	4,38	48,97

IVE: Índice de velocidade de emergência (expressa em número de plântulas emersas por dia); VE: velocidade de emergência (expressa em número de dias que as plântulas levaram para emergir), CV: coeficiente de variação, ns: não significativo. Médias seguidas de letras diferentes na linha indicam diferença estatística significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *dados transformados $\sqrt{x+1}$. 1: resultados referentes ao teste de emergência. 2: resultados referentes ao teste de crescimento de plântulas.

O comprimento da raiz apresentou média de 5,38 e 5,16 cm para sementes com e sem pericarpo, respectivamente. Esse valor é próximo ao encontrado no crambe ao 7º dia por Masetto *et al.* (2009) em germinador, que foram entre 3,8 e 5,1 cm de acordo com o lote. O comprimento da parte aérea (hipocótilo) foi de 4,76 cm para as sementes com pericarpo, o qual estimulou o crescimento do hypocótilo de forma estatisticamente significativa quando comparada as sementes sem pericarpo, que apresentaram média de 3,32 cm. Os autores acima encontraram valores entre 3,2 e 5,1 cm, o que pode ser evidenciado que o resultado varia de acordo com o lote de sementes e no caso do trabalho em questão da presença ou ausência do pericarpo.

O teste de frio procura avaliar a resposta de amostras de sementes submetidas a condições de baixa temperatura e alto grau de umidade; assim expõe a semente a dois tipos de estresse, pois a temperatura subótima incentiva a perda de solutos celulares, devido a configuração do sistema de membranas enquanto a atividade de microrganismos exerce efeito prejudicial ao desempenho das sementes (MARCOS-FILHO, 2005), visto que a umidade elevada favorece a proliferação de fungos.

Após este teste foram desenvolvidas 62% de plântulas normais para sementes com pericarpo e 69% para sementes sem pericarpo, com um percentual baixo de plântulas anormais para sementes com pericarpo (6,25%), a qual diferiu significativamente das sementes sem pericarpo formando 17% de plântulas anormais. Também foi observado 31,25% de sementes duras e um baixo percentual (0,5%) de sementes mortas para as sementes

desenvolvidas com pericarpo. As sementes sem pericarpo diferiram de forma significativa das com pericarpo, reduzindo a quantidade de sementes duras, apresentando um percentual de 4,5%. Entretanto as mesmas apresentaram uma quantidade de sementes mortas maior (8,5%). A alta porcentagem de sementes com pericarpo duras pode indicar uma dormência momentânea, que pode ser quebrada.

Se compararmos com o teste de germinação, cujas sementes de crambe com pericarpo do mesmo lote não foram submetidas a esse estresse, estas apresentaram 18% a menos de plântulas normais e 47% a mais de sementes duras (Tabela 2 e 4).

Tabela 4- Valores médios do teste de frio, condutividade elétrica e tetrazólio em sementes de crambe com e sem pericarpo.

Teste	Com pericarpo	Sem pericarpo	Média	CV %
Teste Frio - Plântulas normais (%) ^{ns}	62,00	69,00	65,50	10,79
Teste Frio - Plântulas anormais (%)*	6,25b	17,00a	11,62	38,66
Teste Frio - Sementes duras (%)*	31,25a	4,5b	17,88	54,35
Teste Frio - Sementes mortas (%)* ^{ns}	0,5	8,5	4,5	64,66
Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$)	137,32a	44,82b	91,08	54,47
Teste tetrazólio (cm)	94,50a	91,00b	92,75	2,56

CV: coeficiente de variação, ns: não significativo. Médias seguidas de letras diferentes na linha indicam diferença estatística significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *dados transformados $\sqrt{x+1}$.

Os valores apresentados no teste de condutividade elétrica de sementes de crambe diferiram de forma significativa entre os tratamentos testados, com $137,32 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ para sementes com pericarpo e $44,8 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ sementes sem pericarpo. O princípio desse teste estabelece que sementes menos vigorosas apresentam menor velocidade de restabelecimento da integridade das membranas celulares durante a embebição e, em consequência, liberam maiores quantidades de solutos para o meio exterior (MARCOS-FILHO, 2005).

Desta forma esse teste avalia a qualidade das sementes indiretamente através da determinação da quantidade de lixiviados na solução de embebição das sementes. Os menores valores são correspondentes à menor liberação de exsudatos, indicam alto potencial fisiológico (maior vigor), revelando menor intensidade de desorganização dos sistemas de membranas das células (VIEIRA et al, 2002). Neste contexto, as sementes menos vigorosas apresentam leituras do condutivímetro superiores as mais vigorosas. Entretanto neste trabalho, as sementes com pericarpo resultaram em percentuais melhores de desempenho nos testes e apresentaram maior valor na leitura do condutivímetro, o que provavelmente pode ser justificado pela composição do pericarpo.

As sementes com pericarpo apresentaram também um melhor percentual no teste do tetrazólio, 94,5% das sementes consideradas viáveis; diferindo estatisticamente das sementes sem pericarpo (91,0%). Cardoso *et al.*, (2012) verificaram 97% de viabilidade das sementes de crambe no teste do tetrazólio, valor semelhante ao encontrado por estes autores também para o teste de germinação e de primeira contagem ambos com 96%. Embora neste trabalho as sementes com pericarpo se destacaram, o teste de germinação apresentou resultados inferiores ao teste do tetrazólio.

Conclusão

Nas condições em que os testes foram realizados conclui-se que as sementes de crambe com pericarpo apresentaram desempenho superior nos testes de qualidade fisiológica de sementes.

Agradecimentos

À CAPES pela bolsa de doutorado da primeira autora.

Referências

- BORGHETTI, F.; FERREIRA, A. G. Interpretação de resultados de germinação. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação:** do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 209-222.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes.** Brasília, DF: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 398 p.
- CARDOSO, R. B.; BINOTTI, F. F. S.; CARDOSO, E. D. Potencial fisiológico de sementes de crambe em função de embalagens e armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 3, p. 272-278, 2012.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes:** ciência, tecnologia e produção. 4.ed., Jaboticabal: Funep, 2000. 588p.
- COSTA F. P.; MARTINS, L. D.; LOPES, J. C. Frequência de germinação de sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst.) sob influência de tratamentos pré-germinativos e de temperaturas. **Nucleus**, Ituverava, v.7, n.2, p. 185-193, 2010.
- COSTA, L.M; RESENDE, O; GONÇALVES, D.N.; SOUSA, K.A. Qualidade dos frutos de crambe durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 239-301, 2012.
- DESAI, B. B.; KOTECHA, P.M.; SALUNKHE, D. K. **Seeds handbook: biology, production processing and storage.** New York: Marcel Dekker, 1997. 627 p.

EDMOND, J.B.; DRAPALA, W.J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seed. Proceedings of the **American Society for Horticultural Science**, v.71, p.428-434, 1958.

FALASCA, S.L.; FLORES, N.; LAMAS, M.C.; CARBALLO, S.M.; ANSCHAU, A. *Crambe abyssinica*: An almost unknown crop with a promissory future to produce biodiesel in Argentina. **International Jornal of Hydrogen Energy**, Argentina, v.35, n.11, p. 5808–5812, 2010.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling and vigour. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177. 1962.

MARCOS FILHO, J. Utilização de testes de vigor em programas de controle de qualidade de sementes. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.4, n.2, p.3-35, 1994.

MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S.M.; SILVA, W.R. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230p.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

MASETTO, T. E.; QUADROS, J. B.; MOREIRA, F. H.; RIBEIRO, D. M.; BENITES JUNIOR, I; Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de crambe produzidas no estado de mato grosso do sul. **Revista Brasileira de Oleaginosas Fibrosas**, Campina Grande, v.13, n.3, p.107-113, 2009.

MONDO, V. H. V.; CICERO, S. M.; DOURADO-NETO, D.; PUPIM, T. L.; DIAS, M. A. N. Vigor de sementes e desempenho de plantas de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 143 - 155, 2012.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados do desempenho das plântulas. In: 345 KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (ed.). **Vigor de sementes: 346 conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 2, p. 1-21.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília, DF: Agiplan, 1985. 289p.

PEREZ, S.C.J.G.A. Limites de temperatura e estresse térmico na germinação de sementes de *Peltophorum dubiu*. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.20, n., p. 134-142, 1998.

PILAU, F.G.; SOMAVILLA, L.; BATTISTI, R.; SCHWERZ, L.; KULCZYNSKI, S.M. Germinação de sementes de crambe em diferentes temperaturas e substratos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 5, p. 1825-1830, 2012.

PITOL, C.; BROCH, D. L.; ROSCOE, R. **Tecnologia e produção: crambe 2010**. Maracaju, Fundação MS, 2010, 60 p.

QUEIROGA, V.P.; DURÁN, J.M. **Análise da Qualidade Fisiológica em Sementes de Girassol com e sem pericarpos**. IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio

Internacional de Oleaginosas Energéticas, João Pessoa, PB – 2010. João Pessoa. Inclusão Social e Energia: *Anais...* Campina grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 1944-1950.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, 2014. <http://www.R-project.org>.

RUAS, R. A. A.; NASCIMENTO, G. B.; BERGAMO, E. P.; DAUR JÚNIOR, R. H.; ARRUDA, R. G. Embebição e germinação de sementes de crambe (*Crambe abyssinica*). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 1, p. 61-65, 2010.

TILLMANN, M. A. A.; MELLO, V. D. C.; ROTA, G. R. M. Análise de Sementes. In: PESKE, S.T.; ROSENTHAL, M. D.; ROTA, G.R.M. **Sementes: fundamentos científicos e Tecnológicos**. Pelotas, 2003. p. 138-223.

TOLEDO, M. Z.; TEIXEIRA, R. N.; FERRARI, T. B.; FERREIRA, G.; CAVARIANI, C.; CATANEO, A. C. Physiological quality and enzymatic activity of crambe seeds after the accelerated aging test. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 4, p. 687-694, 2011.

TORRES, S. B.; NEGREIROS, M. Z. Envelhecimento acelerado em sementes de berinjela. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 209-213, 2008.

VARGAS-LOPEZ, J.M.; WIESENBORN, D.; TOSTENSON, K.; CIHACEK, L. Processing of Crambe oil and isolation of erucic acid. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 16, n.7, p.801-809, 1999.

VARISCO, M.R.; SIMONETTI, A.P.M.M. Germinação de sementes de crambe sob influência de diferentes substratos e fotoperíodos. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.1, n.2 p.36-46, 2012.

VIEIRA, R.D.; PENARIOL, A.L.; PERECIN, D.; PANOBIANCO, M. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 9, p. 1333-1338, 2002.

WERNER, E.T.; LOPES, J.C.; GOMES JUNIOR, D.; LUBER, J.; Amaral, J.A.T. Accelerated aging test to evaluate the quality of crambe (*Crambe abyssinica* Hochst - Brassicaceae). **Idesia**, Chile, v.31, n.1, p.35-43, 2013.