

Adequação do teste de lixiviação de potássio em sementes de *Moringa oleifera*

Adequacy of potassium leaching test in *Moringa oleifera* seeds

Maria Luiza Souza Medeiros^I, Andréa Celina Ferreira Demartelaere^{II}, Márcio Dias Pereira^{III}, Guilherme Vinicius Gonçalves de Pádua^{IV}

Resumo

Os métodos que possibilitam a rápida avaliação do vigor são de grande interesse no controle de qualidade em empresas produtoras de sementes, visto que o teste de lixiviação de potássio tem se mostrado uma ferramenta eficiente na avaliação de lote de sementes, como da espécie *Moringa oleifera*, a qual apresenta alto potencial nos diferentes subprodutos da planta, podendo ser empregado na agricultura e indústria farmacêutica. O objetivo do trabalho foi adequar a metodologia do teste de lixiviação de potássio em sementes de moringa. Os experimentos foram realizados em laboratório e em casa de vegetação, utilizando-se quatro lotes de sementes, submetidos aos testes de germinação, emergência de plântula, comprimento total e massa seca de plântulas além do teste de frio, para a caracterização fisiológica, e do teste de lixiviação de potássio. Este último foi realizado com amostras de 25 e 50 sementes, colocadas em copos plásticos contendo 70 e 100 mL de água destilada a 25 °C por períodos de 1, 2, 3, 4, 5 e 6 horas. O delineamento empregado foi inteiramente casualizado com quatro repetições por tratamento. Pode-se afirmar que, em todas as avaliações realizadas, apenas um lote se destacou em relação aos demais, pois, apresentou menor quantidade de lixiviados de potássio e maior potencial fisiológico em condições de laboratório e em campo. Os testes de emergência e de frio e as combinações de amostras de 50 sementes e os volumes 70 mL de água destilada por 1, 5 e 6 horas, 50 sementes em volumes de 100 de água destilada por 1, 2, 3, 4, 5 e 6 horas de embebição, foi a metodologia do teste de lixiviação de potássio mais adequado para classificar lotes de sementes de *Moringa oleifera* em função de sua qualidade fisiológica.

Palavras-chave: Moringa; Extração de íons; Vigor

Abstract

Methods that allow rapid evaluation of the vigor are of great interest in the quality control seeds used in the companies, since the potassium leaching test has been shown as being an efficient tool in the evaluation of many species such as *Moringa oleifera*. This species presents high potential in the different byproducts of the plant, being able to be used in agriculture and pharmaceutical industry. The objective of this work was to adapt the methodology of potassium leaching test in moringa seeds. The experiments were carried out in a seed laboratory and in a greenhouse, using four lots of seed, submitted to germination tests, seedling emergence, total length and dry mass of seedlings and the cold test, for the physiological characterization, besides the potassium leaching test. The latter was performed with samples of 25 and 50 seeds, placed in plastic cups containing 70 and 100 mL of distilled water at 25 °C for periods of 1, 2, 3, 4, 5 and 6 h. The design was in DIC with four replicates per treatment, and the results submitted to ANOVA, when significant by the F test, the means compared by the Tukey test at 5 %. It can be affirmed that in all the evaluations carried out, only one lot stood out in relation to others, because it presented less amount of potassium leachate and greater physiological potential under laboratory and field conditions. The emergency and cold tests and combinations of samples of 50 seeds and volumes 70 mL of distilled water for 1, 5 and 6 hours, 50 seeds in volumes of 100 distilled water per 1, 2, 3, 4, 5 and 6 hours of imbibition, was the methodology of the potassium leaching test more adequate to classify lots of seeds of *Moringa oleifera* due to their physiological qualities.

Keywords: Moringa; Extraction of ions; Vigor

^I Engenheira Agrônoma, MSc., Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Agronomia, Campus II, Rod. PB 079 - Km 12, Caixa Postal 66, CEP 58397-000, Areia (PB), Brasil. luizamedeiros30@hotmail.com (ORCID: 0000-0001-9109-4839)

^{II} Engenheira Agrônoma, Dra., Professora de Agroecologia e Meio Ambiente, Escola Estadual Senador Jessé Pinto Freire, Rua Monsenhor Freitas, 648, CEP 59586-000, Parazinho (RN), Brasil. andrea_celina@hotmail.com (ORCID: 0000-0003-0427-0916)

^{III} Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Associado da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias, Rod. RN 160 - Km 03, s/n, Caixa Postal 07, Distrito de Jundiá, CEP 59280-000, Macaíba (RN), Brasil. marcioagron@yahoo.com.br (ORCID: 0000-0001-9729-6503)

^{IV} Engenheiro Agrônomo, MSc., Pesquisador Autônomo, Rua Professora Dirce Coutinho, 1732, Bairro Capim Macio, CEP 59082-180, Natal (RN), Brasil. guilhermegpadua@yahoo.com.br (ORCID: 0000-0001-6616-724X)



Introdução

A *Moringa oleifera* Lamarck pertence à família Moringaceae, composta apenas de um gênero (*Moringa*) e quatorze espécies. Por ser de fácil adaptação às condições semiáridas, vem se destacando nas pesquisas científicas, por apresentar alto potencial nos diferentes subprodutos da planta (RODRIGUES et al., 2016).

De acordo com Rodrigues et al. (2016), a moringa possui múltiplos usos, principalmente pelo seu valor medicinal (todas as partes da planta), como forrageira (folhas, frutos e sementes), condimentar (principalmente as raízes), na indústria de cosméticos (óleo extraído das sementes), melífero (flores), combustível (madeira e óleo), e também no tratamento de purificação da água através da solução coagulante feita a partir de sementes, proporcionando eficiência no clareamento com turbidez variando de 50 até 100 NTU (Unidades Nefelométrica de Turbidez) (PATERNIANI; MANTOVANI; SANT'ANNA, 2009).

A qualidade da semente é compreendida por quatro atributos: genético, sanitário, físico e fisiológico, e ela constitui o principal insumo no processo de propagação das espécies de plantas. Uma das formas de se assegurar a produção e a comercialização de sementes de qualidade é por meio da análise de sementes, utilizando testes que permitam inferir sobre esses atributos. Os resultados desses testes permitem que as empresas produtoras de sementes tomem decisões importantes sobre a utilização e o descarte de lotes. Entre os testes rápidos que mais têm se destacado na análise de sementes, é o teste de lixiviação de potássio mostrando-se uma ferramenta eficiente na avaliação do vigor de lotes de espécies cultivadas como o milho (*Zea mays* L.) (MIGUEL; MARCOS FILHO, 2002), tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) (PANOBIANCO; MARCOS FILHO, 2001) e também espécies florestais, como exemplo o eucalipto-limão (*Corymbia citriodora*) (Hook.) K.D.Hill & L.A.S.Johnson (GONZALEZ; VALERI; PAULA, 2011).

O princípio desse teste é semelhante ao de condutividade elétrica, baseando-se na integridade das membranas celulares das sementes. Porém, enquanto no de condutividade elétrica determina-se a quantidade total de íons liberados durante a embebição, no de lixiviação de potássio, quantifica-se somente o potássio, principal íon inorgânico lixiviado pelas sementes (KIKUTI et al., 2008). De acordo com Rosa et al. (2015), dentre os fatores que podem afetar a lixiviação de íons destacam-se a quantidade de água utilizada, período de imersão, umidade das sementes, quantidade e integridade das sementes e temperatura. Por isso, são necessárias adequações para o teste de lixiviação que irão depender da espécie estudada.

Diante do exposto, objetivou-se adequar a metodologia do teste de lixiviação de potássio para sementes de moringa.

Material e métodos

Os trabalhos foram realizados no Laboratório de Sementes e em casa de vegetação, na Escola Agrícola de Jundiá/Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Quando as sementes das matrizes de *Moringa oleifera* apresentavam o quarto estágio de maturação, com frutos do tipo epicarpo de coloração marrom-escura e deiscência, foram realizadas as coletas manualmente em quatro localidades distintas: Lote 1: Caiçara do Norte – RN (05°03'52" S e 36°03'21" W), Lote 2: Natal – RN (-05°47'42" S e -35°12'34" W), Lote 3: Bom Jesus – RN (05°59'02" S e 35°34'53" W) e Lote 4: São Paulo – SP (23°32'51" S e 46°38'10" W). Cada lote era composto por 1.100 sementes.

A determinação do teor de água das sementes (TA) foi realizada com duas subamostras de aproximadamente 4,5 g de cada lote pelo método padrão da estufa a uma temperatura de 105 ± 3 °C por 24 h, e os resultados expressos em porcentagem de base úmida (BRASIL, 2009).

No teste de germinação (G) foram utilizadas quatro subamostras de 50 sementes por lote, distribuídas em folhas de papel (Germitest®) com duas camadas e cobertas com uma terceira previamente umedecidas com água destilada na quantidade equivalente a 3 vezes seu peso seco. Os rolos contendo as sementes foram acondicionados em sacos de polietileno transparentes e

incubados em B.O.D. (*Biochemical Demand Oxygen*) a 25 ± 2 °C (BEZERRA, 2004). As avaliações foram realizadas aos quatro e dez dias após a semeadura, sendo determinada a porcentagem de plântulas normais, de acordo com Noronha, Medeiros e Pereira (2018).

O teste de emergência de plântulas (E), foi feito com quatro subamostras de 25 sementes, utilizando-se bandejas de polietileno de coloração preta com capacidade volumétrica aproximada de 9 L, contendo areia previamente lavada, peneirada, e esterilizada, umedecida inicialmente com 60 % de sua capacidade retenção máxima, conforme sugerido por Brasil (2009). As irrigações foram realizadas sempre que necessário para manter o substrato na umidade descrita. As avaliações foram feitas diariamente até o décimo quarto dia após a semeadura, pelas contagens diárias do número de plântulas emergidas e os resultados foram expressos em porcentagem.

O comprimento (CPL) e massa seca das plântulas (MSL) foram realizados em laboratório e determinados após a contagem final do teste de germinação. Em casa de vegetação foram realizados o comprimento (CPC) e a massa seca (MSC), obtidos de plantas cultivadas após a emergência, na qual foram destorroadas, lavadas e secadas. Para ambas as análises, as medições foram feitas com o auxílio de uma régua graduada e os resultados expressos em centímetros. Em seguida, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel do tipo Kraft e levadas à estufa com temperatura de 65 °C até obtenção de peso constante (48 h) e, decorrido esse período, foram pesadas em balança analítica de precisão de 0,001 g e os resultados expressos em gramas (NAKAGAWA, 1999).

Para o teste de frio (TF) utilizaram-se quatro repetições de 50 sementes para cada lote, seguindo-se o mesmo procedimento descrito acima no teste de germinação. Os rolos contendo as sementes foram mantidos em câmara fria por 10 dias, em uma temperatura de 15 °C, e após este período, transferidos para germinador previamente regulado a 25 °C, no qual permaneceram por mais seis dias, conforme sugerido por Dias e Barros (1995) e Hampton e Tekrony (1995). Ao término deste período, foi realizada a contagem do número de plântulas normais, cujos resultados foram expressos em porcentagem.

No teste de lixiviação de potássio utilizaram-se quatro subamostras de sementes fisicamente puras para cada lote, em cada combinação de número de sementes e quantidades de água para a imersão (25 sementes/70 mL, 50 sementes/70 mL, 25 sementes/100 mL e 50 sementes/100 mL), e em seis períodos de embebição (1, 2, 3, 4, 5 e 6 horas). Para tanto, antes de serem imersas, as sementes foram previamente pesadas em balança analítica com precisão de 0,001 g e, colocadas em recipientes (copos) plásticos com capacidade para 400 mL, contendo as quantidades de água destilada e deionizada citadas anteriormente, cobertos com papel alumínio e, posteriormente, mantidos em germinador previamente regulado a 25 °C, durante cada período de imersão.

Transcorrido o período de imersão, a solução contendo as sementes foi colocada em frascos de vidro, identificados e encaminhados para a determinação de íons. A determinação de potássio foi feita empregando-se o método de fotometria de chama, realizadas em fotômetro de chama da marca Micronal®, modelo B462, e as unidades expressas em mg dm^{-3} . Para o cálculo da lixiviação de potássio, foi realizada a multiplicação da leitura obtida no fotômetro de chama (potássio mL^{-1}) pelo volume de água destilada (mL) e dividido pela massa da amostra (g), com os resultados expressos em mg L^{-1} semente.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Os dados obtidos em cada teste foram analisados pela análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Para a execução das análises estatísticas foi utilizado o programa estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 2011).

Resultados e discussão

Observaram-se variações nos teores de água das sementes, entre 7,32 e 8,53 % (Tabela 1). Esta é considerada uma baixa variação, visto que, apesar da ocorrência de diferentes percentagens

de teores de água nos lotes avaliados no presente estudo, não se verificou influência na alta qualidade fisiológica dos lotes estudados, como pode ser observado nas avaliações apresentadas na Tabela 1. Tal fato pode ser explicado por Lima Junior (2010) quando afirmou que o baixo teor de água presente em sementes ortodoxas é de grande importância para sua conservação e manejo, uma vez que a atividade fisiológica está diretamente relacionada com o teor de água, além de ser um importante critério para o estabelecimento das sementes, proporciona alto poder germinativo das plântulas.

Tabela 1 – Teor de água (TA), germinação (G), emergência (E), comprimento de plântulas em laboratório (CPL) e em campo (CPC), massa seca de plântulas em laboratório (MSL), e em campo (MSC), e teste de frio (TF) em sementes de *Moringa oleifera*.

Table 1 – Water content (TA), germination (G), emergency (E), length of seedlings in laboratory (CPL), length of field seedlings (CPC), dry mass of seedlings in the laboratory (MSL), dry mass of field seedlings (MSC) and cold test (TF) on *Moringa oleifera* seeds.

Lotes	TA (%)	G (%)	E (%)	CPL (cm)	CPC (cm)	MSL (g)	MSC (g)	TF (%)
1	8,31	99,00 a*	92,00 a	13,16 ab	16,03 ab	35,37 a	188,83 a	97,00 a
2	8,53	94,00 ab	78,00 b	14,33 ab	13,81 b	38,93 a	118,58 b	89,50 a
3	7,32	90,00 b	79,00 b	12,28 b	19,56 a	31,38 b	179,84 a	71,00 b
4	8,00	94,00 ab	69,00 c	16,48 a	16,46 ab	38,03 a	112,7 b	60,00 c
CV (%)	6,83	7,37	12,96	15,38	13,81	16,42	15,49	9,45

*As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Na germinação das sementes de moringa dos quatro lotes, observaram-se diferenças estatísticas entre as médias, indicando que os mesmos apresentavam viabilidade distintas. O lote 1 apresentou a maior média de germinação, e o lote 3 a menor, enquanto os lotes 2 e 4 não apresentaram diferença significativa dos lotes 1 e 3 (Tabela 1).

Esses resultados concordam com Augustini *et al.* (2013) quando estudaram o potencial fisiológico em sementes de *Moringa oleifera* no estágio quatro de maturação, observaram percentuais de germinação acima de 80 %. Pereira *et al.* (2015) também verificaram altas percentagens de germinação em sementes de *Moringa oleifera* que variaram entre 80 a 97 %, visto que os lotes estudados apresentaram alta viabilidade. Esse comportamento pode ser explicado por França-Neto, Krzyzanowski e Henning (2011) quando afirmaram que durante o processo de germinação de sementes ocorre uma série de atividades metabólicas, durante as quais apresenta uma sequência programada de reações bioquímicas, morfológicas e fisiológicas, resultando no desenvolvimento de plantas vigorosas e produtivas.

Para o teste de emergência (E), também se verificou diferença na qualidade, no entanto, este teste foi mais sensível para detectar diferenças entre os lotes, colocando os mesmos em três grupos distintos. O lote 1 obteve a maior percentagem, os lotes 2 e 3 apresentaram emergência intermediária, enquanto o lote 4, apresentou a menor percentagem de emergência (Tabela 1). Podendo ser explicado por Menezes *et al.* (2007) quando afirmaram que a emergência sob influência das condições ambientais expõe as sementes ao estresse, podendo expressar com precisão a qualidade fisiológica, bem como, permitir a estimativa do desempenho dos lotes.

A variável comprimento de plântulas, cujos testes foram conduzidos em laboratório e

em casa de vegetação, apresentaram diferença estatística, nas quais os lotes 1, 2 e 4 obtiveram os maiores comprimentos quando comparados com o lote 3, respectivamente. Já em condições de campo, os lotes 1, 3 e 4 apresentaram maiores comprimentos quando comparados ao lote 2, (Tabela 1). Resultados próximos ao presente trabalho foram encontrados por Rocha (2015) quando avaliou sementes de *Moringa oleifera* proveniente de quatro lotes, obteve comprimentos de plântulas que variaram de 15,0 a 15,6 cm.

Tal comportamento pode ser explicado por Munizzi *et al.* (2010) quando afirmaram que sementes que apresentam alto vigor, têm maior velocidade nos processos metabólicos, maior translocação das reservas dos tecidos de armazenamento para o crescimento do eixo embrionário, proporcionando emissão mais rápida e uniforme da raiz primária no processo de germinação e maior taxa de crescimento de plântulas.

Tabela 2 – Teste de lixiviação de potássio em quatro lotes de sementes de *Moringa oleifera* utilizando amostras de 25 e 50 sementes imersas em 70 mL de água destilada em diferentes períodos de embebição.

Table 2 – Potassium leaching test in four seed lots of *Moringa oleifera* using a sample of 25 and 50 seeds immersed in 70 mL of distilled water in different periods of soaking.

Lotes	25 sementes/70 mL					
	Períodos de embebição (h)					
	1	2	3	4	5	6
	Lixiviação de potássio (mg L ⁻¹ sementes)					
1	23,08 a	34,45 a	38,12 b	40,67 b	43,95 b	63,26 b
2	25,55 a	36,45 a	40,12 b	42,15 b	47,35 b	73,76 a
3	28,49 a	45,73 a	56,13 a	64,15 a	68,17 a	78,16 a
4	26,72 a	39,56 a	45,15 b	47,13 b	51,89 b	80,90 a
CV (%)	14,05	11,97	10,12	12,11	14,76	13,41
Lotes	50 sementes/70 mL					
	Períodos de embebição (h)					
	1	2	3	4	5	6
	Lixiviação de potássio (mg L ⁻¹ sementes)					
1	23,89 b	38,85 a	50,71 a	55,18 a	61,24 b	63,26 b
2	33,56 b	38,95 a	52,78 a	68,45 a	70,45 a	73,76 a
3	47,07 a	54,28 a	68,79 a	71,98 a	75,47 a	78,16 a
4	30,90 b	51,22 a	65,43 a	69,87 a	73,45 a	80,90 a
CV (%)	16,29	17,03	18,27	16,57	14,23	13,41

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

Observaram-se diferenças estatística quando avaliadas a massa seca em laboratório (MSL) e a massa seca em casa de vegetação (MSC) em sementes de *Moringa oleifera*, cujo os lotes 1, 2, 4 apresentaram as maiores médias de MSL, respectivamente, quando comparadas à média do lote 3. Para a MSC, os lotes 1 e 3 apresentaram os melhores desempenhos quando comparados

com os lotes 2 e 4 (Tabela 1). Também Rocha (2015) avaliando sementes de *Moringa oleifera* obtiveram médias com valores próximos de 80,5 g para massa seca de plantas, o que corrobora os resultados obtidos no presente trabalho. Marcos Filho (2015) explica que quando as sementes são mais vigorosas originam plântulas com maior desenvolvimento (comprimento e massa seca), traduzindo a eficiência da ação de mecanismos de reparo e da mobilização de reservas e de síntese de novos tecidos durante a germinação.

Avaliando o teste de frio (TF) verificou-se diferença estatística, sendo os lotes 1 e 2 o que apresentaram desempenho superior, quando comparados aos lotes 3 e 4 (Tabela 1). Pode-se afirmar que esse teste tem maior sensibilidade em colocar os lotes de sementes, por ser conduzido em condições mais estressantes, logo, conclui-se que os lotes que apresentam melhores desempenhos sob baixa temperatura, são considerados os mais vigorosos.

No teste de lixiviação de potássio, avaliando amostras de 25 sementes de *Moringa oleifera*, imersas em um volume de 70 mL de água, em diversos períodos de embebição, nos quatro lotes, verificaram-se diferenças estatísticas entre os lotes para 3, 4, 5 h de embebição, sendo que os lotes 1, 2 e 4 apresentaram as menores taxas de lixiviação de potássio quando comparados com o lote 3, respectivamente (Tabela 2).

Quando utilizaram-se amostras de 50 sementes de *Moringa oleifera* imersas em um volume de 70 mL de água nos quatro lotes, também apresentaram diferenças estatísticas, nos períodos de embebição de 1, 5 e 6 h em relação aos demais tratamentos avaliados, visto que os lotes 1, 2 e 4 no período de embebição de 1 h, e o lote 1 nos períodos de 5 e 6 h de embebição apresentaram as menores taxas de lixiviação de potássio (Tabela 2).

Avaliando amostras de 25 sementes de *Moringa oleifera*, imersas em um volume de 100 mL de água, em diversos períodos de embebição, e em quatro lotes, verificou-se que em todos os períodos os lotes 1 e 2 apresentaram as menores taxas de lixiviação de potássio, quando comparados com os lotes 3 e 4, respectivamente (Tabela 3).

A avaliação das amostras de 50 sementes imersas em um volume de 100 mL de água, nos diversos períodos de embebição apresentou diferença estatística entre os lotes. Nos períodos de 2, 3, 4, 5 e 6 h no lote 1 verificou-se as menores taxas de lixiviados, seguidos pelos lotes 2, 4 e 3 (Tabela 3).

Pode-se afirmar que em todas as avaliações realizadas no presente trabalho, apenas o lote 1, apresentou menor quantidade de lixiviados de potássio de acordo com as Tabelas 2 e 3. De forma geral, para este tratamento, a partir de 3 h de imersão em água foi possível observar diferenciação e superioridade em relação aos demais lotes em níveis de vigor, como mostra a Tabela 1. Resultado próximo ao presente trabalho foi verificado por Guedes *et al.* (2010), quando avaliaram sementes de *Amburana cearensis* (Allem.) A.C.Smith, utilizando o teste de lixiviação, verificaram que o período de imersão de 4 h permitiu identificar alto vigor e desempenho das sementes. Tal fato pode ser explicado por Araújo e Silva (2018) quando afirmaram que o teste de lixiviação de potássio vem se constituindo em uma opção eficiente para a diferenciação de lotes de sementes. São testes rápidos baseados na capacidade de restabelecimento da integridade do sistema de membranas celulares das sementes durante a embebição, quantificando somente o potássio lixiviado na solução, visto que este é o íon inorgânico acumulado em maiores quantidades pelas sementes.

Os lotes 2 e 4 liberaram uma menor quantidade de lixiviados para o meio em todos os tratamentos, com exceção da avaliação das amostras de 50 sementes de *Moringa oleifera*, imersas em um volume de 100 mL de água, com períodos de embebição 2, 3, 4, 5 e 6 h, como mostra a Tabela 3. Porém, estes mesmos lotes também apresentaram menor potencial quando avaliada a emergência e matéria seca em campo, como também o teste a frio (Tabela 1). Entretanto, verifica-se que esses aspectos podem comprometer a qualidade fisiológica das sementes, bem como a rápida deterioração.

O lote 3, foi o que apresentou pior desempenho, pois, liberou maior quantidade de potássio para o meio, e, conseqüentemente, houve uma redução do vigor das sementes como

mostra as Tabelas 1, 2 e 3. Este aumento na liberação de solutos é causado pela deterioração e por danos de embebição os quais interagem entre si, pois, sementes mais deterioradas são mais suscetíveis aos danos por embebição e, conseqüentemente, ao aumento de lixiviados na água de imersão (BARBIERI *et al.*, 2012).

Tabela 3 – Teste de lixiviação de potássio em quatro lotes de sementes de *Moringa oleifera* utilizando amostras de 25 e 50 sementes imersas em 100 mL de água destilada em diferentes períodos de embebição.

Table 3 – Potassium leaching test in four seed lots of *Moringa oleifera* using a sample of 25 and 50 seeds immersed in 100 mL of distilled water in different periods of soaking.

Lotes	25 sementes/100 mL					
	Períodos de embebição (h)					
	1	2	3	4	5	6
	Lixiviação de potássio (mg L ⁻¹ sementes)					
1	25,01 b	40,12 b	43,76 b	49,14 b	52,34 b	57,14 b
2	28,29 b	43,45 b	45,11 b	51,22 b	55,23 b	60,17 b
3	54,57 a	68,65 a	73,56 a	78,15 a	82,37 a	85,87 a
4	48,92 a	65,11 a	70,14 a	75,32 a	78,54 a	82,26 a
CV (%)	16,79	18,15	17,12	19,11	15,14	13,23
Lotes	50 sementes/100 mL					
	Períodos de embebição (h)					
	1	2	3	4	5	6
	Lixiviação de potássio (mg L ⁻¹ sementes)					
1	36,12 b	40,54 d	51,13 d	53,52 d	59,11 d	61,45 d
2	39,46 b	52,13 c	63,09 c	67,21 c	70,18 c	72,88 c
3	62,76 a	79,88 a	88,15 a	94,13 a	96,11 a	99,16 a
4	55,15 a	65,64 b	70,76 b	76,13 b	80,34 b	82,31 b
CV (%)	15,04	17,48	19,12	14,49	13,12	16,51

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

É importante ressaltar que o maior tempo de imersão das sementes resultou em maior quantidade de lixiviados (Tabelas 2 e 3) em alguns lotes, isso pode ser explicado pelo fato de que a quantidade de exsudatos das sementes na solução de embebição pode ser influenciada pela incidência de danos causados pela velocidade de embebição, pelo grau de deterioração, pelo estágio de desenvolvimento no momento da colheita, pela temperatura e tempo de embebição e por injúrias no tegumento da semente (GONZALES; VALERI; PAULA, 2011).

A quantidade de sementes e da água em função do tempo de embebição avaliadas no teste de lixiviação possibilitou a diferenciação dos lotes em níveis de vigor. Essa combinação de quantidade de 50 sementes e maior quantidade de água utilizada foi relatada por Barbieri *et al.* (2012), em seu trabalho utilizando o teste de lixiviação de potássio para avaliação do vigor em sementes de *Oryza sativa* L., no qual observaram que a combinação de 50 sementes/50 mL

foi mais eficiente para classificar lotes de sementes de *Oryza sativa* em função de sua qualidade fisiológica.

Conclusão

Os testes de emergência e de frio e as combinações de amostras de 50 sementes e os volumes 70 e 100 mL de água destilada por 1, 5 e 6 horas, 50 sementes em volumes de 70 e 100 mL de água destilada por 1, 2, 3, 5 e 6 horas de embebição, foi a metodologia do teste de lixiviação de potássio mais adequado para classificar lotes de sementes de *Moringa oleifera* em função de sua qualidade fisiológica.

Referências

- AGUSTINI, M. A. B. *et al.* Maturidade fisiológica de sementes de *Moringa oleifera* (Lam). **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 8, n. 3, p. 267-278, 2013.
- ARAÚJO, A. V.; SILVA, M. A. D. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de *Encholirium spectabile* Mart. ex Schult. & Schult. f. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 56-66, jan./mar. 2018.
- BARBIERI, A. P. P. *et al.* Teste de lixiviação de potássio para a avaliação do vigor de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 117-124, 2012.
- BEZERRA, A. M. E. *et al.* Avaliação da qualidade das sementes de *Moringa oleifera* Lam. durante o armazenamento. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 6, p. 1240-1246, 2004.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA; ACS, 2009. 399 p. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/2946_regras_analise__sementes.pdf. Acesso em: 21 jul. 2015.
- DIAS, M. C. L. L.; BARROS, A. S. R. **Avaliação da qualidade de sementes de milho**. Londrina: IAPAR, 1995. 43 p.
- FRANCA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. Sementes de soja de alta qualidade: a base para altas produtividades. In: CONGRESO DE LA SOJA DEL MERCOSUR, 5.; FORO DE LA SOJA ASIA, 5., 2011, Rosario. [Anais]... Rosario: Workshops, 2011. p. 1-4.
- GONZALES, J. L. S.; VALERI, S. V.; PAULA, R. C. Qualidade fisiológica de sementes de diferentes árvores matrizes de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D.Hill & L.A.S. Johnson. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 90, p. 171-181, jun. 2011.
- GUEDES, R. S. *et al.* Umedecimento do substrato e temperatura na germinação e vigor de sementes de *Amburana cearensis* (All.) A.C. Smith. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 32, n. 3, p. 116-122, 2010.
- HAMPTON, J. G.; TEKRONY, D. M. **Handbook of vigor test methods**. 3th ed. Zurich: ISTA, 1995. 117 p.
- KIKUTI, H. *et al.* Teste de lixiviação de potássio para avaliação do vigor de sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 10-18, 2008.
- LIMA JÚNIOR, M. J. **Manual de procedimentos para análise de sementes florestais**. Manaus: UFAM, 2010. p. 58-74.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 2015. 660 p.
- MENEZES, N. L. *et al.* Teste de condutividade elétrica em sementes de aveia preta. **Revista**

Brasileira de Sementes, Brasília, v. 29, n. 2, p. 138-142, 2007.

MIGUEL, M. V. C.; MARCOS FILHO, J. Potassium leakage and maize seed physiological potential. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 315-319, abr./jun. 2002.

MUNIZZI, A. *et al.* Qualidade de sementes de quatro cultivares de soja, colhidas em dois locais no estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 32, n. 1, p. 176-185, 2010.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 2.1-2.24.

NORONHA, B. G.; MEDEIROS, A. D.; PEREIRA, M. D. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Moringa oleifera* Lam. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 1, 2018.

PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Envelhecimento acelerado e deterioração controlada em sementes de tomate. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 525-531, jul./set. 2001.

PATERNIANI, J. E. S.; MANTOVANI, M. C.; SANT'ANNA, M. R. Uso de sementes de *Moringa oleifera* para tratamento de águas superficiais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 6, p. 765-771, 2009.

PEREIRA, K. T. O. *et al.* Germinação e vigor de sementes de *Moringa oleifera* Lam. em diferentes substratos e temperaturas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 2, p. 92-99, abr./jun. 2015.

ROCHA, T. G. F. **Qualidade de sementes e plântulas de *Moringa oleifera* por meio da técnica de análises de imagens**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências florestais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, 2015.

RODRIGUES, L. A. *et al.* Qualidade de mudas de *Moringa oleifera* Lam. cultivadas em substratos com fibra de coco verde e compostos orgânicos. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 63, n.4, p. 545-552, jul./ago. 2016.

ROSA, R. C. T. *et al.* Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de cebola. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, v. 11/12, p. 242-255, 2015.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT Versão 9.3: User's Guide**. [S. l.]: SAS Institute, 2011.