

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/268516567>

Métodos não sulfúricos para superação de dormência de sementes de mucuna-preta (*Mucuna aterrima*)

Article · January 2013

CITATIONS

15

READS

643

3 authors:



Nilce Kabori

University of São Paulo

26 PUBLICATIONS 684 CITATIONS

SEE PROFILE



Gabriel Moura Mascarin

Brazilian Agricultural Research Corporation (EMBRAPA)

133 PUBLICATIONS 3,092 CITATIONS

SEE PROFILE



Silvio Moure Cicero

University of São Paulo

179 PUBLICATIONS 2,071 CITATIONS

SEE PROFILE

Métodos não sulfúricos para superação de dormência de sementes de mucuna-preta (*Mucuna aterrima*)¹

Nilce Naomi Kobori^{2*}, Gabriel Moura Mascarin³, Silvio Moure Cicero²

RESUMO – A mucuna-preta [*Mucuna aterrima* (Piper et Tracy) Holland] é uma leguminosa empregada para adubação verde e como forrageira, cujas sementes apresentam dormência causada pela impermeabilidade do tegumento à água. O objetivo deste trabalho foi estudar métodos não sulfúricos para superar a dormência de sementes de mucuna-preta. Foram avaliados dois métodos físicos (calor seco em estufa a 55 °C por 24 horas e imersão em água quente a 60 °C por 5 minutos), um químico (imersão em hipoclorito de sódio comercial a 2,5% por 45 minutos) e um mecânico (escarificação com lixa). Como não houve plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação, realizou-se uma contagem intermediária no sétimo dia, de modo a correlacionar a emissão de raiz primária no terceiro dia, com formação de plântulas normais no sétimo e no décimo quarto dia. A correlação de Pearson indicou que a emissão da raiz primária (no terceiro dia) teve relação positiva na formação de plântulas normais (no sétimo dia). Os tratamentos mais eficientes para superar a dormência de mucuna-preta são água quente a 60 °C por 5 minutos, escarificação com lixa no lado oposto ao hilo e água sanitária comercial (2,5%) por 45 minutos. A avaliação da germinação no terceiro dia permite antecipar o resultado do teste de germinação. O teste de raios X mostra que as sementes são bem formadas morfológicamente, mas não germinam devido ao tegumento impermeável à água.

Termos para indexação: calor seco, água quente, hipoclorito de sódio, escarificação, raios X

Introdução

A mucuna-preta [*Mucuna aterrima* (Piper et Tracy) Holland] é uma leguminosa anual ou bianual, de crescimento indeterminado, porte baixo, hábito rasteiro e com ramos trepadores vigorosos e bem desenvolvidos (Wutke, 1993). É cultivada para adubação verde, mas pode ser utilizada na alimentação animal como forrageira, em pastejo direto e na forma de silagem ou feno; seus grãos triturados constituem suplemento protéico aos animais (Calegari, 1995).

As sementes de mucuna-preta apresentam dormência causada pela impermeabilidade do tegumento à água (Brasil, 2009), ou seja, sementes duras, cuja proporção é elevada em sementes recém-colhidas (Wutke, 1993), atingindo valores de 60% a 80% (Maeda e Lago, 1986a), mas que diminui com o armazenamento (Maeda e Lago, 1986b). É uma característica associada a espécies de diversas famílias botânicas, sendo mais frequente nas Leguminosae (Carvalho e Nakagawa, 2000). A dureza do tegumento é atribuída especialmente à camada de células em paliçada, que é constituída de paredes espessas e recobertas externamente por uma camada cuticular cerosa (Popinigis, 1985), o que impede a absorção de

água e impõe uma restrição mecânica ao crescimento do embrião, retardando, assim, o processo germinativo. No habitat natural, esta dormência é removida por processos de escarificação, termo este que se refere a qualquer tratamento que resulte na ruptura ou no enfraquecimento do tegumento. Dessa maneira, permite-se a passagem de água e gases e pode ainda induzir a um aumento da sensibilidade à luz e temperatura, da remoção de inibidores e promotores, dando início ao processo germinativo. Todas essas alterações possuem expressiva influência no metabolismo das sementes e, consequentemente, na dormência (Mayer e Poljakoff-Mayber, 1989).

Do ponto de vista ecológico, a dormência é um dos principais mecanismos de preservação das espécies, por permitir a distribuição da germinação ao longo do tempo (Eira e Caldas, 2000). Porém, torna-se um problema na agricultura por causar desuniformidade na germinação e dificuldade na obtenção de população de plantas adequadas na implantação da cultura. Caso haja o manejo inadequado da cultura, sementes podem permanecer nas camadas do solo, formando um banco de sementes, que germinam nas culturas subsequentes como plantas invasoras.

¹Submetido em 07/11/2012. Aceito para publicação em 31/01/2013.

²Departamento de Produção Vegetal, USP/ESALQ, Caixa Postal 9,13418-900 - Piracicaba/SP, Brasil.

³Departamento de Entomologia, USP/ESALQ.

*Autor para correspondência <nnaomik@yahoo.com.br>

Os métodos para a superação de dormência vêm sendo continuamente estudados de modo que sejam de fácil execução, rápidos e eficientes. Os trabalhos sobre superação de dormência geralmente utilizam ácido sulfúrico concentrado (P.A. 98%) por um período pré-determinado, em condições de laboratório. De acordo com Maeda e Lago (1986a), a imersão em ácido sulfúrico concentrado por cinco a 20 minutos e a escarificação mecânica (remoção de pequena porção do tegumento) são os métodos comprovadamente mais efetivos para superar a dormência de sementes de mucuna-preta. No entanto, os cuidados durante a manipulação, associados ao descarte do resíduo deste produto químico (altamente corrosivo), torna-o perigoso e ecologicamente não sustentável. Além disso, este tratamento químico, também chamado de escarificação ácida, pode ocasionar danos aos tecidos da semente, principalmente no eixo embrionário, resultando em plântulas anormais (Rodrigues et al., 1990).

A superação da dormência de sementes de mucuna-preta pode ser obtida por meio de métodos mecânicos e químicos (Maeda e Lago, 1986a), além de físicos (Wutke et al., 1995). A escarificação mecânica por meio do atrito das sementes contra superfícies abrasivas, como a lixa, vem sendo recomendada, para pequenos lotes de sementes, principalmente de espécies florestais (Perez et al., 1998). Os métodos químicos envolvem a utilização do ácido sulfúrico ou qualquer outro produto químico, enquanto os métodos físicos envolvem o efeito de temperaturas, como a utilização de calor seco (55 °C por 16 a 24 horas), que simula a secagem das sementes ao sol, um método prático e não prejudicial para a germinação de sementes de mucuna-preta (Wutke et al., 1995).

O teste de raios X é considerado um método simples, rápido e não destrutivo que tem como objetivo detectar sementes vazias, cheias e com danos internos causados por insetos, patógenos ou danos mecânicos, e pode contribuir para a seleção de lotes em programas de controle de qualidade e, consequentemente, aumentar a eficiência do sistema de produção (ISTA, 2004). Este teste tem sido utilizado em pesquisas com sementes desde a década de 1950, quando Simak e Gustafsson (1953) demonstraram sua viabilidade para a avaliação da qualidade de sementes de *Pinus sylvestris* L. Assim, essa técnica foi empregada na orientação de trabalhos de melhoramento genético, possibilitando a detecção de anormalidades em embriões e a determinação do seu estágio de desenvolvimento, bem como no isolamento de embriões mutantes de *Arabidopsis thaliana* (Bino et al., 1993). A técnica de raios X também permitiu relacionar a morfologia de sementes com a germinação ou morfologia das plântulas de diversas espécies agrícolas e florestais (Van der Burg et al., 1994; Battisti et al., 2000; Machado e Cicero, 2003; Oliveira et al., 2003;

Mondo e Cicero, 2005; Pupim et al., 2008; Santos et al., 2009; Pinto et al., 2009; Gagliardi e Marcos Filho, 2011; Gomes Junior e Cicero, 2012; Kabori et al., 2012; Menezes et al., 2012).

O objetivo deste estudo foi verificar a eficácia de métodos não sulfúricos para superação da dormência de sementes de mucuna-preta.

Desenvolvimento

A pesquisa foi realizada nos Laboratórios de Análise de Sementes e de Análise de Imagens no Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, em Piracicaba, SP. Sementes de mucuna-preta, com cerca de seis meses após a colheita e provenientes da empresa Pirai Sementes Ltda. (Piracicaba, SP), foram submetidas a cinco tratamentos: calor seco em estufa com circulação forçada de ar (55 °C por 24 horas); escarificação do tegumento com lixa fina (no lado oposto ao hilo até o tecido branco); imersão em água sanitária comercial (2,5% por 45 minutos, seguido de enxágue em água corrente); imersão em água quente (60 °C durante 5 minutos); e controle (testemunha).

O *teor de água* das sementes foi determinado por meio do método da estufa, a 105 °C \pm 3 °C durante 24 horas (Brasil, 2009), com duas subamostras de 10 sementes. Os resultados foram expressos em porcentual médio, tendo como base a massa úmida.

Na avaliação da superação de dormência das sementes de mucuna-preta, foram utilizados os *testes de germinação e de primeira contagem de germinação*, utilizando os critérios prescritos nas Regras para Análise de Sementes - RAS (Brasil, 2009), com oito repetições de 50 sementes. Utilizou-se como substrato o papel toalha “germitest” umedecido com água na proporção de três vezes a massa do papel seco, mantido em germinador a 20-30 °C. A primeira contagem ocorreu no terceiro dia e a contagem final no décimo quarto dia. Visando à maior precisão dos dados, uma contagem intermediária foi feita, no sétimo dia, para verificar a germinação no intervalo de tempo recomendado pelas RAS. Na primeira contagem do teste de germinação, realizada no terceiro dia, o critério de avaliação considerado foi a emissão da raiz primária, pois nesse período ainda não havia plântulas normais, embora esta seja a recomendação das Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). Nas demais contagens, levou-se em consideração a formação de plântulas normais, que é o critério de avaliação adotado em tecnologia de sementes, que considera a capacidade da semente em gerar uma plântula que contenha todas as estruturas essenciais ao desenvolvimento e estabelecimento da cultura no campo. Determinou-se o total de plântulas normais, anormais, sementes duras e mortas. Os resultados foram expressos em porcentagem.

O experimento seguiu um delineamento inteiramente casualizado com oito repetições. Os dados de germinação das sementes foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, em seguida, compararam-se as médias dos tratamentos pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). O conjunto de dados das variáveis que não apresentou homocedasticidade recebeu transformação, conforme recomendação do programa estatístico Statistical Analysis System [SAS 9.1. (SAS, 2004)]. Para verificar a existência de uma relação entre a emissão de raiz primária no terceiro dia e a formação de plântula normal no sétimo e no décimo quarto dia, utilizou-se a correlação de Pearson, que determina o grau de dependência entre duas variáveis. Em seguida, efetuou-se a análise de regressão linear para cada correlação.

O teste de raios X foi realizado no Laboratório de Análise de Imagens apenas para sementes escarificadas com lixa, no lado oposto ao hilo, utilizando-se de duas repetições de 50 cada. As sementes foram colocadas sobre um recipiente plástico transparente, especialmente desenvolvido para a condução da análise. O recipiente foi colocado diretamente sobre um filme de raios X (Kodak MIN-R EV, tamanho de 18 cm x 24 cm), no escuro, a uma distância de 53 cm da fonte de raios X. As imagens foram obtidas com intensidade de 20 kV e tempo de exposição de 60 segundos, estabelecidos em testes preliminares, utilizando-se um equipamento FAXITRON X-Ray, modelo MX-20. A revelação do filme foi efetuada numa processadora Hope X-Ray, modelo 319 Micromax. Posteriormente, as imagens dos filmes de raios X foram capturadas por um Scanner Umax, modelo PowerLook 1100, para ampliação e visualização em computador Pentium III (600 MHz, memória de 256 MB, HD Ultra SCSI de 20 GB e monitor de 21"). Em seguida, as sementes, previamente identificadas, foram colocadas para germinar do mesmo modo descrito para o teste de germinação, distribuídas em grupos de 10, sendo duas fileiras de cinco sementes espaçadas, no terço superior do substrato e os rolos foram mantidos em germinador a 20-30 °C por um período de quinze dias. As plântulas normais, bem como as plântulas anormais e as sementes mortas foram fotografadas, por meio de uma câmera fotográfica digital Nikon, modelo D1, acoplada ao computador. Para as avaliações, as imagens de raios X das sementes foram disponibilizadas em computador, possibilitando o confronto da análise das imagens radiográficas com as respectivas imagens de plântulas normais, anormais ou sementes mortas resultantes do teste de germinação, relacionando-os com a morfologia interna. Os dados obtidos no teste de raios X não foram submetidos à análise estatística.

O teor de água das sementes de mucuna-preta utilizado nesta pesquisa foi de 7,9%.

Os resultados da análise de variância e comparação das médias pelo teste de Tukey são apresentados em valores

originais, juntamente com o erro padrão da média, nas Tabelas 1 e 2. A interação dos tratamentos para superação da dormência de sementes de mucuna-preta com os períodos de avaliação foi significativa, pois ambos influenciaram a germinação de sementes desta espécie. Dos tratamentos testados, a maior porcentagem de sementes germinadas foi obtida com a escarificação com lixa e a água quente, independente do período de avaliação. O tratamento usando calor seco apresentou as menores médias nas duas primeiras contagens avaliadas, não diferindo do controle (testemunha) na contagem final. O tratamento escarificação com lixa apresentou o melhor resultado na primeira contagem do teste de germinação (88%) no terceiro dia, indicando maior velocidade de germinação. Nesta avaliação, considerou-se a emissão da raiz primária como critério de germinação e, desse modo, a escarificação com lixa diferiu estatisticamente do controle, evidenciando que a retirada de parte do tegumento impermeável à água possibilitou uma rápida entrada de água e a reativação do metabolismo das sementes, resultando em maior porcentagem de sementes germinadas nesta contagem. O tratamento com água sanitária não diferiu estatisticamente em relação aos tratamentos escarificação com lixa e água quente, na contagem intermediária (sétimo dia) e na contagem da germinação final (décimo quarto dia), em que estes tratamentos diferiram do controle e do calor seco. Houve menor germinação apenas na primeira contagem (terceiro dia) para água sanitária e calor seco, provavelmente devido a um atraso no sistema de reparo de membranas ocasionado pelo tratamento químico. O aumento da germinação de sementes de mucuna-preta foi diretamente proporcional ao período de avaliação, independente do tratamento. Na primeira contagem (terceiro dia), os tratamentos calor seco e água sanitária apresentaram as menores médias, enquanto na última contagem, a diferença entre os tratamentos foi menor, embora não significativa estatisticamente.

A Tabela 2 apresenta as porcentagens médias das sementes não germinadas (mortas ou duras) e das plântulas anormais, observadas na contagem final do experimento (décimo quarto dia). De modo geral, os tratamentos controle e calor seco apresentaram maiores médias de plântulas anormais, sementes mortas e sementes duras. O tratamento com água sanitária apresentou menor porcentagem média de plântulas anormais e de sementes mortas, provavelmente devido ao fato de este produto químico possuir propriedades desinfetantes e, desse modo, reduziu a quantidade de plântulas anormais. Com exceção do tratamento escarificação com lixa, todos os demais tratamentos apresentaram sementes duras, evidenciando que este tratamento promove a ruptura da camada impermeável do tegumento, proporcionando a entrada da água no interior das sementes.

Tabela 1. Porcentagem média de germinação - primeira contagem de germinação (PCG), contagem intermediária (CI) e contagem final (CF), seguidos de erro padrão da média (EPM) de sementes de mucuna-preta submetidas a tratamentos para superação da dormência.

Tratamentos	Germinação \pm EPM (%) ⁽¹⁾		
	PCG - 3º dia ⁽²⁾	CI - 7º dia ⁽³⁾	CF - 14º dia ⁽⁴⁾
Calor seco	32 \pm 7,09 bD	50 \pm 5,72 bC	76 \pm 0,92 aB
Água quente	83 \pm 2,63 aAB	83 \pm 1,44 aA	89 \pm 2,56 aAB
Escarificação - lixa	88 \pm 2,27 aA	82 \pm 1,44 aAB	86 \pm 2,54 aAB
Água sanitária	73 \pm 1,80 bBC	81 \pm 0,48 aAB	86 \pm 1,58 aAB
Controle	71 \pm 1,32 aC	71 \pm 1,33 aB	78 \pm 1,83 aB
F	52,62**	38,87**	7,78**
CV (%)	13,22	13,35	4,79

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

²Critério considerado: emissão de raiz primária; dados transformados por x^2 .

³Critério considerado: formação de plântulas normais; dados transformados por x^3 .

⁴Critério considerado: formação de plântulas normais; dados transformados por $x+0,5$.

Tabela 2. Porcentagem média de plântulas anormais, sementes mortas e duras, seguido do erro padrão da média (EPM), de sementes de mucuna-preta.

Tratamentos	Média \pm EPM (%) ⁽¹⁾		
	Plântulas anormais	Sementes mortas ⁽²⁾	Sementes duras ⁽³⁾
Calor seco	10 \pm 0,86 A	7 \pm 2,12 A	4 \pm 1,38 B
Água quente	4 \pm 1,47 AB	3 \pm 1,11 AB	3 \pm 0,75 B
Escarificação- lixa	6 \pm 2,06 AB	8 \pm 2,06 A	0 \pm 0,00 A
Água sanitária	2 \pm 0,82 B	1 \pm 0,58 B	9 \pm 1,55 B
Controle	9 \pm 1,73 A	6 \pm 0,86 A	8 \pm 1,26 B
F	5,46**	5,75**	74,65**
CV (%)	44,23	21,81	19,43

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

²Dados transformados por $(x+0,5)^{0,4}$; ³Dados transformados por $(x+0,5)^{0,6}$.

Os tratamentos água quente a 60 °C e água sanitária apresentaram menor incidência fúngica durante a condução do ensaio, ao contrário do verificado no tratamento calor seco, o qual apresentou menor germinação (Tabela 1) e maior contaminação por fungos. Provavelmente, esses tratamentos inviabilizaram os agentes patogênicos associados às sementes, devido à ação do produto químico e da hidrotermoterapia. O tratamento com água quente apresentou as maiores médias em praticamente todos os períodos avaliados (Tabela 1), com exceção da primeira contagem, no terceiro dia, em que o tratamento escarificação com lixa apresentou maior número de sementes que emitiram raiz primária. No entanto, dessas sementes escarificadas que germinaram no terceiro dia, nem todas produziram plântulas normais nas demais contagens, dando continuidade ao processo germinativo para resultar em uma plântula normal.

Do mesmo modo que as escarificações mecânica e química, a imersão em água quente provoca uma alteração

no tegumento das sementes, aumentando a permeabilidade e permitindo a embebição e, consequentemente, o início do processo germinativo, comprovando a eficiência desses tratamentos em romper a camada impermeável das sementes (Marcos Filho, 2005). Alves et al. (2007) observaram que a imersão em água a 80 °C por 1 minuto foi eficiente para superar a dormência de sementes de *Caesalpinia pyramidalis* Tul, enquanto para *Peltophorum dubium* (Spreng.) Oliveira et al. (2003) relataram que a imersão das sementes em água a 95 °C e posterior permanência na mesma água por mais 24 h, foram eficientes para promover a germinação. Segundo Mayer e Poljakoff-Mayber (1989), a água fervente pode desnaturar as proteínas do tegumento e aumentar a capacidade de absorção de água; no entanto, temperaturas muito elevadas por um período de tempo maior pode resultar em efeitos deletéreos, como observado por Santarém e Aquila (1995) em sementes de *Senna macranthera* (Colladon) Irwin e Barneby (fedegoso) e por Grus et al. (1984) para *Caesalpinia leiostachya* (Benth.)

(pau-ferro) e *Cassia javanica* Ried. (cássia-javanesa). Assim, conclui-se que a temperatura da água e o tempo em que as sementes devem ficar imersas varia com a espécie. Linhares et al. (2007) obtiveram bons resultados com a imersão em água sanitária, para sementes de jitrana (*Merremia aegyptia* (L.) Urban), uma convolvulácea utilizada como adubo verde, em que o aumento de tempo de imersão (até 45 minutos) proporcionou aumento na porcentagem de germinação e no índice de velocidade de germinação, indicando que, possivelmente, a água sanitária desestruturou a camada impermeável do tegumento das sementes sem causar danos ao embrião. O tratamento calor seco reduziu a germinação em relação ao controle, apesar de ser considerado um método eficiente para superação da dormência causada pela impermeabilidade do tegumento em sementes recém-colhidas (Maeda e Lago, 1986b). Este método provavelmente causou às sementes uma dormência secundária, induzida pela alta temperatura, em resposta a determinada condição do ambiente, com germinação lenta e demorada e com a presença de sementes duras. Além disso, é conveniente ressaltar que houve maior contaminação por patógenos e maior número de plântulas anormais (Tabela 2), possivelmente por causar danos nos sistemas de reparo das membranas das sementes. Resultado semelhante foi obtido por Jeller e Perez (1999), em que a exposição de sementes de *Cassia excelsa* ao calor seco (65 °C durante 24 horas), foi inócua para superação da dormência, provavelmente por induzir uma dormência secundária. Fatores genéticos e fatores ambientais vigentes durante a produção (Argel e Humphreys, 1983), o estágio de desenvolvimento das sementes no momento da secagem e o tipo de secagem podem afetar a permeabilidade do tegumento, determinando a porcentagem e a intensidade de dormência (Marcos Filho, 2005; Nakagawa et al., 2005).

A correlação de Pearson (Figuras 1 e 2) mostra que existe uma dependência positiva entre os critérios de germinação pela emissão de raiz primária e plântula normal no sétimo dia ($r = 0,92$), ou seja, essas duas variáveis são diretamente proporcionais (Figura 1). A Figura 2 apresenta a correlação entre emissão de raiz primária e plântula normal no décimo quarto dia ($r = 0,56$), indicando uma dependência positiva, porém de menor intensidade entre as variáveis. Portanto, verifica-se que há uma forte evidência de que a formação de raiz primária está mais diretamente relacionada à formação de plântulas normais no sétimo dia do que no décimo quarto dia de avaliação. O coeficiente de determinação (R^2) da regressão linear da correlação entre emissão de raiz primária e plântula normal no sétimo dia foi alto ($> 80\%$); portanto, pode-se fazer uma estimativa segura da porcentagem de germinação no sétimo dia com base na avaliação da contagem de sementes

com raiz primária (terceiro dia). Como o R^2 da equação de correlação entre emissão de raiz primária e plântula normal no décimo quarto dia foi baixo ($< 50\%$), não se recomenda prever a germinação no décimo quarto dia com base na avaliação da emissão de raiz primária.

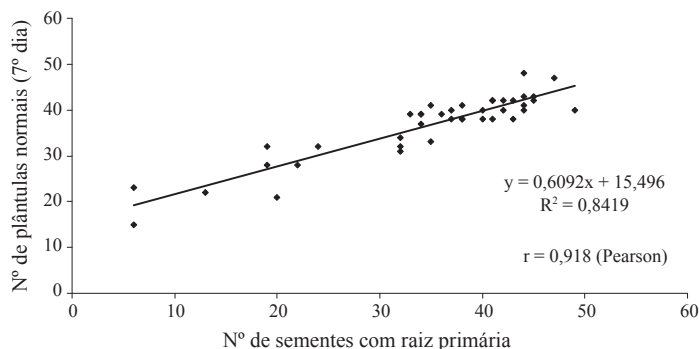


Figura 1. Correlação entre emissão de raiz primária (terceiro dia) e plântula normal no sétimo dia de avaliação.

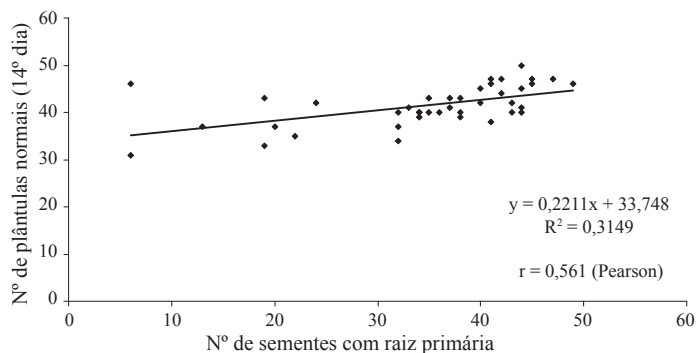


Figura 2. Correlação entre emissão de raiz primária (terceiro dia) e plântula normal no décimo quarto dia de avaliação.

O tempo de condução do teste de germinação, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009), com primeira contagem no terceiro dia e contagem final no décimo quarto dia, ocorre em um intervalo de tempo (dias) muito grande, de onze dias. Na primeira contagem, as sementes apresentavam-se apenas com a emissão da raiz primária e não uma plântula normal. No décimo quarto dia, apesar da formação de plântulas normais, o substrato (papel) apresentava-se seco, mesmo tendo sido reumedecido na contagem intermediária (no sétimo dia). Com base nos resultados obtidos e nas observações, sugere-se uma alteração do tempo da experimentação, com primeira contagem após o terceiro dia e contagem final antes do décimo quarto dia, de modo a atenuar problemas com o reumedecimento do substrato, contaminação por patógenos, assim como a obtenção

mais rápida do resultado final do teste de germinação.

O teste de raios X das sementes escarificadas com lixa no lado oposto ao hilo apresentou sementes bem formadas morfológicamente (Figura 3), sem indícios de danos mecânicos ou tecidos deteriorados nos cotilédones ou no eixo embrionário. Este resultado corrobora com o fato de que o tegumento impermeável à água é a causa da baixa germinação das sementes desta espécie, um fator determinante que limita a entrada de água nos tecidos da semente. Pinto et al. (2009), estudando a viabilidade de sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), verificaram ocorrência acentuada de sementes mortas e plântulas anormais, provenientes de sementes sem danos tanto no embrião quanto no endosperma, atribuindo à alta incidência de patógenos nas sementes a explicação desta diferença. Do mesmo modo, Kobori et al. (2012) verificaram que sementes de mamona classificadas como cheias e opacas resultaram em plântulas anormais ou sementes não germinadas. Segundo Carvalho e Oliveira (2006), a técnica de radiografia não detecta todos os problemas de qualidade da semente, mas permite, na maioria dos casos, avaliar de forma rápida e não destrutiva, a morfologia interna, fornecendo informações atuais, úteis e essenciais para a pesquisa e controle de qualidade de sementes.

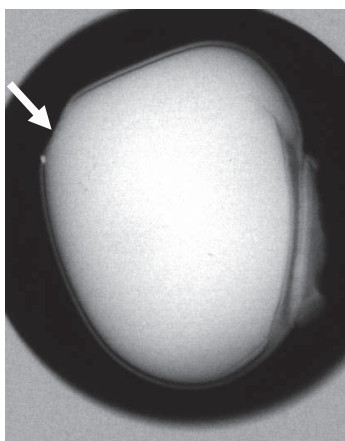


Figura 3. Imagem radiográfica de uma semente de mucuna-preta, submetida ao processo de escarificação do tegumento com lixa, no lado oposto ao hilo. A seta indica a área escarificada, com remoção de parte do tegumento, permitindo a entrada de água nos tecidos da semente.

Os tratamentos escarificação com lixa, água quente e água sanitária são métodos práticos, rápidos e de grande facilidade para o agricultor, que pode fazer uso antes da semeadura em sua propriedade, com produtos de fácil obtenção, sem a utilização de produtos químicos tóxicos, que necessitem de manuseio cuidadoso e gerem passivo ambiental. Além disso, a avaliação

da germinação no terceiro dia, considerando a protrusão da raiz primária pode proporcionar uma avaliação segura do potencial germinativo de sementes de mucuna-preta.

Conclusões

Os tratamentos não sulfúricos mais eficientes para superar a dormência de sementes de mucuna-preta são: água quente a 60 °C por 5 minutos, a escarificação com lixa no lado oposto ao hilo e água sanitária comercial (2,5%) por 45 minutos. A avaliação da germinação no terceiro dia, considerando-se a protrusão da raiz primária, pode proporcionar uma avaliação segura do potencial germinativo das sementes. Pelo teste de raios X é possível verificar que as sementes são bem formadas morfológicamente, mas não germinam devido ao tegumento impermeável à água.

Agradecimentos

À empresa Piraí Sementes Ltda. (Piracicaba, SP) pela doação das sementes, ao CNPq e CAPES pelas bolsas de pós-graduação do primeiro e segundo autor, respectivamente e à FAPESP pelo auxílio financeiro.

Referências

- ALVES, E.U.; CARDOSO, E.A.; ALCANTARA, R.L.; ALVES, A.U.; ALVES, A.U.; GALINDO, E.A.; BRAGA JUNIOR, J.M. Superação da dormência em sementes de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. Revista Árvore, v.31, n.3, p.405-415, 2007. <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v31n3/06.pdf>
- ARGEL, P.J.; HUMPHREYS, L.R. Environmental effects on seed development and hardseedness in *Stylosanthes humata* cv. Verano. I. Temperature. Australian Journal of Agricultura Research, v.34, p.261-270, 1983.
- BATTISTI, A.; CANTINI, R.; FECI, E.; FRIGIMELICA, G.; GUIDO, M.; ROQUES, A. Detection and evaluation of seed damage of cypress, *Cupressus sempervirens* L., in Italy: Seed Science and Technology, v.28, n.3, p.729-738, 2000.
- BINO, R.J.; AARTSE, J.W.; BURG, W.J. van der. Non-destructive X-ray of Arabidopsis embryo mutants. Seed Science Research, v.3, n.2, p.167-170, 1993. <http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=1353120&fulltextType=RA&fileId=S0960258500001744>
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília. MAPA/ACS. 2009. 395p. <http://www.bs.cca.ufsc.br/publicacoes/regras%20analise%20sementes.pdf>
- CALEGARI, A. Leguminosas para adubação verde de verão no Paraná. Londrina: IAPAR, 1995. 118p. (Circular, 80).

- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.
- CARVALHO, M.L.M.; OLIVEIRA, L.M. Raios-X na avaliação da qualidade de sementes. Informativo Abrates, v.16, n.1/ 2/3, 2006.
- Eira, M.T.S.; Caldas, L.S. Seed dormancy and germination as concurrent processes. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, v.12, n.1, p.85-104. 2000. (Edição especial).
- GAGLIARDI, B.; MARCOS FILHO, M. Relationship between germination and Bell pepper seed structure assessed by the X-ray test. Scientia Agricola, v.68, n.4, p.411-416, 2011. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162011000400004&lng=en&nrm=iso
- GOMES-JUNIOR, F.G.; CICERO, S.M. X-Ray analysis to assess mechanical damage in sweet corn seeds. Revista Brasileira de Sementes, v.34, n.1, p.78-85, 2012. <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v34n1/a10v34n1.pdf>
- GRUS, V.M.; DEMATTÊ, M.E.S.P.; GRAZIANO, T.T. Germinação de sementes de pau-ferro e cássia-javanesa submetidas a tratamentos para quebra da dormência. Revista Brasileira de Sementes, v.6, n.2, p.29-35, 1984. <http://www.abrates.org.br/revista/artigos/1984/v6n2/artigo03.pdf>
- ISTA. International rules for seed testing association, Zurich, 174p. 2004.
- JELLER, H.; PEREZ, S.C.J.G.A. Estudo da superação da dormência e da temperatura em sementes de Cassia excelsa Schrad. Revista Brasileira de Sementes, v.21, n.1, p.32-40, 1999.
- KOBORI, N.N.; CICERO, S.M.; MEDINA, P.F. Teste de Raios-X na avaliação da qualidade de sementes de mamona. Revista Brasileira de Sementes, v.34, n.1, p.125-133, 2012. <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v34n1/a16v34n1.pdf>
- LINHARES, P.C.F.; BEZERRA NETO, F.; RIBEIRO, M.C.C.; MARACAJÁ, P.B.; LIMA, G.K.L. Métodos de superação de dormência em sementes de jitirana. Caatinga, v.20, n.4, p.61-67, 2007. <http://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/sistema/article/download/61/221>
- MACHADO, C.F.; CICERO, S.M. Aroeira-branca (*Lithraea molleoides* (Vell.) Engl. - Anacardiaceae) seed quality evaluation by the X-ray test. Scientia Agricola, v. 60, n. 2, p. 393-397, 2003. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162003000200026&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- MAEDA, J.A.; LAGO, A.A. Germinação de sementes de mucuna preta após tratamento para superação de impermeabilidade do tegumento. Revista Brasileira de Sementes, v.8, n.1, p.79-84, 1986a. <http://www.abrates.org.br/revista/artigos/1986/v8n1/artigo08.pdf>
- MAEDA, J.A.; LAGO, A.A. Longevidade de sementes de algumas espécies de mucuna. Bragantia, v.45, n.1, p.189-194, 1986b.
- MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.
- MAYER, A.M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. The germination of seeds. 4.ed. New York: Pergamon Press, 1989. 270p.
- MENEZES, N.L.; CICERO, S.M.; VILLELA, F.A.; BORTOLOTO, R.P. Using X-Rays to evaluate fissures in Rice seeds dried artificially. Revista Brasileira de Sementes, v.34, n.1, p.70-77, 2012. <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v34n1/a09v34n1.pdf>
- MONDO, V.H.V.; CICERO, S.M. Análise de imagens na avaliação da qualidade de sementes de milho localizadas em diferentes posições na espiga. Revista Brasileira de Sementes, v.27, n.1, p.9-18, 2005. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222005000100002&lng=en&nrm=iso&tlng=pt
- NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.; ZUCARELI, C. Maturação, formas de secagem e qualidade fisiológica de sementes de mucuna-preta. Revista Brasileira de Sementes, v.27, n.1, p.45-53, 2005. <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v27n1/25180.pdf>
- OLIVEIRA, L.M.; DAVIDE, A.C.; CARVALHO, M.L M. Avaliação de métodos para quebra da dormência e para a desinfestação de sementes de canafistula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert). Revista Árvore, v.27, n.5, p.597-603, 2003. <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v27n5/a01v27n5.pdf>
- PEREZ, S.C.J.G.A.; FANTI, S.C.; CASALI, C.A. Limites de temperatura e estresse térmico na germinação de sementes de *Peltophorum dubium* (spreng) taubert. Revista Brasileira de Sementes, v.20, n.1, p.134-142, 1998.
- PINTO, T.L.F.; MARCOS-FILHO, J.; FORTI, V.A.; CARVALHO, C.; GOMES JUNIOR, F.G. Avaliação da viabilidade de sementes de pinhão manso pelos testes de tetrazólio e de raios-X. Revista Brasileira de Sementes, v.31, n.2, p.195-201, 2009. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222009000200023&lng=en&nrm=iso&tlng=pt
- POPINIGIS, E. Fisiologia da semente. 2.ed. Brasília: ABRATES, 1985. 298p.
- PUPIM, T.L.; NOVENBRE, A.D.L.C.; CARVALHO, M.L.M.; CICERO, S.M. Adequação do teste de raios X para avaliação da qualidade de sementes de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec). Revista Brasileira de Sementes, v.30, n.2, p.28-32, 2008. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222008000200004&lng=en&nrm=iso&tlng=pt
- RODRIGUES, E.H.A.; AGUIAR, I.B.; SADER, R. Quebra de dormência de sementes de três espécies do gênero Cassia. Revista Brasileira de Sementes, v.12, n.2, p.17-27, 1990. <http://www.abrates.org.br/revista/artigos/1990/v12n2/artigo02.pdf>
- SANTARÉM, E.R.; AQUILA, M.E.A. Influência de métodos de superação de dormência e do armazenamento na germinação de sementes de *Senna macranthera* (colladon) Irwin & Barneby (Leguminosae). Revista Brasileira Sementes, v.17, n.2, p.205-209, 1995. <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/23261/000221278.pdf?sequence=1>
- SANTOS, S.A.; SILVA, R.F.; PEREIRA, M.G.; MACHADO, J.C.; MACHADO, C.F.; BOREM, F.M.; GOMES, V.M.; TONETTI, O.A.O. X-ray technique application in evaluating the quality of papaya seeds. Seed Science and Technology, v.37, n.3, p.776-780, 2009. <http://www.ingentaconnect.com/content/ista/sst/2009/00000037/00000003/art00025>
- SAS INSTITUTE. SAS/STAT user's guide, version 9.1. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, 2004.

SIMAK, M.; GUSTAFSSON, A. X-ray photography and sensitivity in forest tree species. *Hereditas*, Lund-Sweden, v.39, p.458-468, 1953. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1601-5223.1953.tb03430.x/pdf>.

VAN DER BURG, W.J.; AARTSE, J.W.; VAN ZWOL, R.A.; BINO, R.J. Predicting tomato seedling morphology by X-ray analysis of seeds. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v.119, n.2, p.258-263, 1994. <http://journal.ashspublications.org/cgi/reprint/119/2/258?maxtoshow=&hits=10&RESULTFORMAT=&author1=van+der+burg&searchid=1&FIRSTINDEX=0&sortspec=relevance&resourcetype=HWCIT>.

WUTKE, E.B. Adubação verde: manejo da fitomassa e espécies utilizadas no Estado de São Paulo. In: WUTKE, E.B.; BULISANI, E.A.; MASCARENHAS, H.A.A. (Ed.). *Curso sobre adubação verde no Instituto Agronômico*. Campinas: Instituto Agronômico, 1993. p.17-29. (Documentos, 35).

WUTKE, E.B.; MAEDA, J.A.; PIO, R.M. Superação da dormência de sementes de mucuna-preta pela utilização de “calor seco”. *Scientia Agricola*, v.52, n.3, p.482-450, 1995. <http://www.scielo.br/pdf/sa/v52n3/13.pdf>