

Variação de temperatura na obtenção de Silica Amorfa e os benefícios no recobrimento de sementes como alternativa sustentável na produção

Elva María Benítez Herrera ^a, Daisy Leticia Ramirez Monzon ^a, Lucia Simeona Rios Valiente ^a, Ernesto José Bernal Gini ^a.

^a Facultad de Ingeniería Agronómica-Universidad Nacional del Este, Km 17/2 Ruta Internacional, Minga Guazú, Paraguay.

***Autor correspondente:** Daisy Leticia Ramirez Monzon, Doutor em Agornomia, Facultad de Ingeniería Agronómica-Universidad Nacional del Este. Telefone de contato; +595981175546, E-mail: daisyrami@gmail.com.

Data de submissão: 29-06-2022

Data de aceite: 19-08-2022

Data de publicação: 13-10-2022



10.51161/editoraime/108/88



RESUMO

Introdução: O uso de cinza de casca de arroz (CCA) no recobrimento de sementes de arroz, procurando o controle de doenças, mantendo a produção e diminuindo o uso de produtos químicos, vem sendo alvo de estudo no Paraguai. **Objetivo:** Avaliar o efeito de diferentes temperaturas de calcinação para a obtenção de cinza de casca de arroz (CCA), sobre a qualidade fisiológica e o controle dos fungos *Aspergillus* sp. e *Penicillium* sp. e *Alternaria*, em sementes de arroz. **Material e Métodos:** O experimento foi realizado na Faculdade de Engenharia Agrônômica, UNE-Paraguai. Foi utilizada 4 temperaturas diferentes para a obtenção de sílice amorfa, T0: 400 ≈500°C; T1: 550 ≈600°C; T2: 650 ≈700°C; T3:750 ≈800°C, o delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 5 repetições. Para a avaliação da qualidade fisiológica foram realizados os testes, germinação, comprimento da plântula, largura da parte aérea e raiz, massa fresca e seca, teste de frio e sanidade. Foi efetuado análise de variância e os dados comparadas pelo teste Duncan a 5%. **Resultados:** Para a variável largura da parte aérea, massa fresca e seca, e teste de frio, apresentaram diferenciais significativas, onde o T3 apresentou-se diferentes aos demais tratamentos, para a variável germinação, largura da raiz e total não foram observadas diferenciais significativas. **Conclusão:** A aplicação de cinza de casca de arroz no recobrimento das sementes de arroz, não afetando a qualidade fisiológica, assim também, controla os fungos *Penicillium* sp. *Aspergillus* sp. e *Alternaria*, podendo ser considerado como uma alternativa viável com miras na diminuição de produtos químicos.

Palavras-chave: CCA, Controle, Resíduos agroindustriais.

1 INTRODUÇÃO

Paraguai tem tido um aumento significativo nos últimos tempos na produção de arroz, alcançando na safra 2019/20 uma área semeada de 162.328ha, e rendimento de 6,60t/ha (MAG, 2020 & ENCISO, 2020). Esse aumento gera um grande volume de resíduos agrícolas.

A casca de arroz é um dos principais subprodutos aproveitadas na indústria, este material tem a capacidade de ser utilizada em diferentes formas. Na indústria moderna, a casca é usada como fonte de combustível para a secagem de grãos e geração de energia (COLTRO et al., 2017). Entre outros sub produtos resultantes da agroindústria, encontra-se a cinza de casca de arroz (CCA), o qual dependendo da combustão contém um conteúdo de aproximadamente 85-95% de sílica amorfa (SiO_2) (TASHIMA, 2012; GONZALVES & BERGMANN, 2007), além de substâncias orgânicas 70-80%, principalmente celulose e lignina.

A cinza de casca de arroz, tem na sua composição o silício (Si), este elemento capaz de aumentar a resistência natural das plantas, possibilitando uma agricultura mais sustentável, com menor custo e ecologicamente correta (FERNANDES et al., 2009). O silício é considerado como um elemento essencial e não essencial para as plantas, isto porque não é necessário para a sobrevivência da mesma, no entanto existe evidência dos benefícios em diferentes condições bióticas e abióticas quando utilizado (LUYCKX *et al.*, 2017; HUSSAIN *et al.*, 2021). Esse elemento depositado nas paredes das células hospedeiras é a primeira barreira física presentes para os fungos induzindo restrição para a colonização (NING et al., 2014).

Em contrapartida estimasse que aproximadamente 20% do peso do grão a granel é o volume de produção da casca de arroz (HOSSAIN et al., 2018). O tipo de queima da casca de arroz, está relacionado com a morfologia da sílica presente na cinza, a temperatura que se obtém durante a combustão é o fator que determina a presença da sílica no estado amorfo (mas ativa) ou no estado cristalino (TASHIMA, 2012), se estima que a queima da casca de arroz, produz 18% de cinza com uma concentração de sílica >92,8% aproximadamente(SANDRINI, 2010).

Entre as preocupações existentes no cultivo de arroz, pode ser destacado a temperatura média para a produção de micotoxinas e os fungos (KJER et al., 2010). Conhecer a temperatura adequada que contenha o conteúdo de sílica apropriado para o recobrimento de sementes de arroz, vem sendo alvo de pesquisas, em busca de uma agricultura mais sustentável.

Assim, destaca-se que uma das condições que favorecem o aparecimento de fungos, é, o clima subtropical além da umidade relativa do ar o qual é muito alta em nosso ambiente. Espécies como a *Alternaria* estão associadas ao escurecimento e manchas dos grãos. Com o crescimento de micélio abundante e a produção de conidióforos e conídios,

que posteriormente se tornam manchas. Tanto que, infecções graves podem causar sérios impactos na lavoura. Da mesma forma, fungos relacionados à produção de micotoxinas (*Aspergillus* sp. e *Penicillium* sp.), têm impacto significativo na saúde humana e animal (LIMA et al., 2000), sendo motivo de preocupação para os produtores.

Entre os métodos e tecnologia de produção que existe encontra-se o recobrimento de sementes, o qual tem como finalidade a proteção das sementes durante o estabelecimento inicial e durante o ciclo do cultivo (BAUDET & PESKE, 2006). Sendo que, a avaliação tanto fisiológica como sanitária depois do recobrimento de sementes é um componente essencial para os programas de controle de qualidade adaptados pelas instituições produtoras, o qual permite a adoção de práticas de manejo para garantir o bom rendimento (TUNES, 2014).

Como alternativa pode ser utilizado a CCA no recobrimento de sementes, podendo minimizar o uso de defensivos agrícolas, contribuindo por produtos de qualidade. É por isso, que avaliar a qualidade fisiológica e sanitária de sementes de arroz recobertas com cinza de casca de arroz (CCA), pode ser considerada como uma alternativa eficiente no tratamento dessas sementes.

Posto isso, o objetivo do trabalho é avaliar o efeito de diferentes temperaturas de calcinação para a obtenção de cinza de casca de arroz (CCA), sobre a qualidade fisiológica e controles de fungos *Aspergillus* sp. e *Penicillium* sp. e *Alternaria*, em sementes de arroz.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Sementes da Faculdade de Engenharia Agrônômica da Universidad Nacional del Este, Paraguai. A variedade de arroz utilizada foi IRGA 424 RI.

A fonte utilizada foi a casca de arroz carbonizada (CCA) com um 95% aproximadamente de (SiO_2) sílica amorfa, os tratamentos foram as diferentes temperaturas os quais consistiram em T0: 400 \approx 500°C; T1: 550 \approx 600°C; T2: 650 \approx 700°C; T4:750 \approx 800°C, os quais foram obtidos por meio de mufas. Foi realizada a quantificação do Si para confirmar a existência do elemento nas cinzas obtidas pela calcinação, pela técnica de fonte isotópica de nêutrons conforme metodologia proposta por Michajluk et al. (2012).

O tratamento consistiu em recobrir as sementes de arroz com CCA a 90g por kg de sementes conforme metodologia descrita por Tunes et al. (2014) e Della et al. (2006), com algumas modificações, o produto utilizando para o recobrimento foi um polímero de *coating* o qual foi misturada com a CCA na dose de 300ml por 100kg de sementes.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro tratamento e com cinco repetições. Para a análise de qualidade fisiológica foram utilizadas 1000 sementes por tratamento, cada repetição com 200 sementes cada, semeadas em papel *germitest*, o qual foi umedecido com água destilada com 2,5 vezes o peso do papel, a temperatura utilizada foi de 25°C conforme as ISTA (2021).

Para a avaliação da qualidade fisiológica foram realizados os testes, germinação (G),

comprimento da plântula (CPA), largura da parte aérea (LPA), largura da raiz (LR), massa fresca (MF), massa seca (MS), teste de frio (TF) e sanidade. Para a realização do teste de germinação foram efetuadas duas contagens, aos sete e 14 dias, e a apresentação dos resultados foi feita pela média aritmética das quatro repetições, em números percentuais inteiros (Brasil, 1992). O vigor foi estimado utilizando o mesmo procedimento para o teste de germinação o qual foi efetuado a contagem aos sete dias. A apresentação dos resultados foi feita pela média aritmética das quatro amostras, em números percentuais inteiros.

O comprimento da plântula foi realizado após 14 dias, com régua métrica, no qual foi medido o comprimento total da plântula. Largura da plântula da parte aérea e raiz, foi realizado aos 14 dias com auxílio de uma régua milimétrica. Largura total, foi calculada com a somatória da parte aérea y a raiz. A massa fresca foi determinada utilizando as mesmas plantas selecionadas para o comprimento das plântulas o qual foi pesado com balança de precisão. A massa seca foi determinada colocando em estufa a 60°C por 24 horas posteriormente pesadas em balança de precisão. Para o teste de frio, os rolos permaneceram por sete dias a 10°C. Após esse período, foram transferidas para um germinador e mantidas nas mesmas condições do teste de germinação, sendo avaliadas após sete dias (CICERO E VIEIRA, 1994).

Para o teste de sanidade foi utilizado o método sobre papel filtro. As sementes foram incubadas à temperatura de $20 \pm 2^\circ \text{C}$, no regime de 12 horas de luz e 12 horas de escuro, após sete dias cada semente foi examinada separadamente sob microscópio estereoscópico. A identificação foi feita com base na esporulação dos fungos.

Foi efetuada análise de variância e os dados foram comparadas pelo teste Duncan a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 são apresentados os dados das variáveis avaliadas, onde pode ser observado que para largura da parte aérea, massa fresca, massa seca e teste de frio teve diferenças estatísticas significativas.

Para as variáveis germinação (G), largura de raiz (LR), largura total (LT) não foi observada diferenças significativas entre os tratamentos testados. Corroborando com os dados obtidos por Oliveira (2016), ao avaliar a qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com CCA, não observou diferenças significativas para as variáveis primeira contagem de germinação e comprimento da raiz. Do mesmo modo, Santos et al. (2010), não encontrou diferenças significativas na variável de germinação em sementes recobertas com silicato de cálcio. Resultados semelhante foi encontrado por Matichenkov et al. (2005), em sementes de trigo verificaram aumento constante no teste de germinação com aumento das doses de silício via tratamento de semente.

Tabela 1. Dados das variáveis avaliadas

TEMP (C°)	G^{ns} %	LPA cm	LR^{ns} cm	LT^{ns} Cm	MF gr	MS gr	TF %
T0	89	9.67 AB	9.42	19.00	0.31 B	0.070 AB	82 A
T1	89	8.53 AB	9.20	17.73	0.29 B	0.068 B	74 B
T2	89	8.13 B	9.66	17.73	0.28 B	0.070 AB	81 A
T3	90	10.20 A	9.00	19.20	0.36 A	0.076 A	82 A

*As medias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Duncan (P<0,05).

Legenda: Germinação (G), comprimento da plântula (CPA), largura da parte aérea (LPA), largura da raiz (LR), massa fresca (MF), massa seca (MS), teste de frio (TF) em sementes de arroz recobertas com sílica amorfa obtidas da CCA a diferentes temperaturas.

Para as variáveis comprimento da parte aérea (LPA), massa fresca (MF), massa seca (MS) e teste de frio (TF), apresentaram diferenças significativas para Duncan a 5% (Tabela 1). Na variável comprimento da parte aérea (LPA), o T3 se apresentou estatisticamente diferente ao T2 onde se observa 2,07 cm mais com relação ao tratamento com menor média. A diferença dos dados obtidos por Tunes et al. (2014), que observou para a variável de comprimento da parte aérea não encontrou diferenças significativas, quando utilizou cinza de arroz carbonizada, o qual propiciou em aumento à medida que aumentou a doses de silício obtendo um aumento de até 20%.

O comprimento da parte aérea (LPA), e considerado um parâmetro fisiológico muito importante, isto porque, quanto maior a aérea foliar maior será a área para a captação da luz e a realização dos processos fotossintéticos, assim também raízes mais largas resultam em maior captação de nutrientes e água (TAIZ & ZEIGER, 2012), corroborando com os dados obtidos nesta pesquisa onde a média na variável de largura da raiz (LR) foi observada no tratamento T2. Podendo afirmar que o recobrimento de sementes de arroz com cinza de casca de arroz a diferentes temperaturas não afeita o desenvolvimento das plântulas.

Com relação a variável massa fresca, o tratamento que se apresentou estatisticamente diferente foi T3 com relação aos demais tratamentos, com uma diferença de 0,05g com relação ao T0. Lu e Cao (2001), utilizando silicato de sódio em cultivo hidropônico de melão, observaram um aumento no desenvolvimento da parte aérea o qual influenciou positivamente.

Quando observado a massa seca se apresenta diferenças significativas entre o T3 e o T1 com 0,008 g de diferença entre tratamento (Tabela 1). Para medir o efeito de silício via recobrimento de semente Sousa (2017), observou que a massa seca não foi influenciada pelas doses de silicato de potássio. Do mesmo modo, Sousa et al. (2010), observaram que a aplicação de silicato de cálcio em uma concentração de 12,2% de silício, não afetou o peso de massa seca das raízes em sementes de *Braquiária brizantha*.

Para o teste de frio, foi verificada diferenças significativas com o teste de Duncan ao 5%, onde os tratamentos T0, T2 e T3 não apresentaram diferenças entre eles, mais sim apresentaram diferença com relação ao T1. Em estudos realizados por Oliveira et al. (2016),

quando avaliado o efeito de dose e fonte de silício no tratamento de semente de arroz, na variável de teste de frio encontrou uma relação entre o fator fonte de silício onde a cinza de casca de arroz (CCA) apresentou-se superior em relação as demais fontes. A diferença dos dados obtidos por Tunes et al. (2014), onde trabalharam com fonte e doses de silício em cultivares de arroz, não apresentaram diferenças significativas para o teste de frio. Assim como Fonseca (2012) e Oliveira (2013), que não observaram diferenças significativa nesta variável no tratamento de sementes com silício em cultivos de trigo e soja, respectivamente.

A presença de silício pode propiciar o aumento da capacidade biológica das sementes e plântulas em resistência a condições adversas do ambiente (Rafi et al., 1997). No entanto, sabendo que o fator determinante e a qualidade fisiológica das sementes são intrínsecos e depende do controle genético as características próprias do cultivar, podemos afirmar que a qualidade fisiológica também é influenciada pelas condições ambientais prevaletentes onde as características benéficas do silício podem contribuir (OLIVEIRA, 2013).

Pode ser observados os benefícios que o silício tem trazido às plantas na resistência ao estresse abiótico são divididos em dois grupos: físicos e fisiológicos (CANTUÁRIO *et al.*, 2014). Sendo que, o acúmulo do Si na parede celular das plantas se relaciona aos benefícios físicos, assim, criando uma barreira contra a perda de água e melhorando a arquitetura das plantas (KORNDORFER et al., 2002). Segundo Baudet e Peske (2006), o tratamento de sementes é um processo para melhorar o desempenho das sementes, onde o principal objetivo é a proteção das sementes, melhorando o desempenho no campo, assim como o estabelecimento inicial ou durante o ciclo da cultura.

Na tabela 2 apresentam-se a presença dos fungos de interesse *Aspergillus* sp. e *Penicillium* sp. e *Alternaria*, em sementes de arroz, como a frequência foi pouco frequente não foi possível realizar análise estatística, mesmo assim são apresentados, onde é possível observar as colônias de maior importância nos tratamentos.

Tabela 2. Incidência de fungo, em teste de sanidade de sementes de arroz recobertas com CCA, obtidas em diferentes temperaturas.

Fungos			
Tratamentos	<i>Penicillium</i> sp.	<i>Alternaria</i>	<i>Aspergillus</i> sp.
T0	2	8	0
T1	2	8	7
T2	0	0	0
T3	2	2	1
T4	1	4	2

No caso do *Penicillium* sp. *Aspergillus* sp e *Alternaria* o T2 foi o que não apresentou incidência destes fungos, já o T4 que foi a temperatura de (750 ≈800°) apresentou-se com o número de colônias menor. Estudos tem demonstrado que o fornecimento de Silício, de forma

isolada, tem contribuído significativamente com a relação da intensidade de inumeráveis enfermidades de importância econômica (DATNOFF et al., 2007). E por isso, que o fator biótico que mais influi na perda de qualidade é a relacionada aos microrganismos na semente, motivo pelo qual a proteção das sementes é uma prática de suma importância (ZORATTO & HENNING, 2001). Por que o recobrimento de sementes de arroz com cinza de casca de arroz (CCA), aumenta a proteção contra doenças nas mesmas sementes, já que as sementes que apresentaram menos colônias foram as que tiveram os tratamentos com o CCA.

4 CONCLUSÃO

O uso da cinza de casca de arroz (CCA) como uma alternativa no recobrimento de sementes de arroz mostrou que não afeta a qualidade fisiológica, assim também, teve controle dos fungos de importância agrícola como *Penicillium* sp. *Aspergillus* sp. e *Alternaria*, deixando evidente que o CCA pode ser considerado como uma alternativa viável no tratamento de sementes em vista da diminuição de produtos químicos utilizados na produção.

REFERÊNCIAS

[BAUDET, L. E PESKE, T.S. A logística do tratamento de sementes. *Revista Seed News*, ano X, n 1, p. 22-25. 2006](#)

CANTARELLI, L. D., SCHUCH, L. O. B., DE ARAUJO RUFINO, C., TAVARES, L. C., & VIEIRA, J. F.. Physiological seeds quality: spatial distribution and variability among soybean plant population. **Bioscience Journal**, n.31, v.2, 2015. Disponível em: < <https://doi.org/10.14393/BJ-v31n2a2015-22274> >. Acesso em: 25 maio 2022.

CANTUÁRIO, F. S., LUZ, J. M., PEREIRA, A. I., SALOMÃO, L. C. & REBOUÇAS, T. N Podridão apical e escaldadura em frutos de pimentão submetidos a estresse hídrico e doses de silício. **Horticultura Brasileira**, n.32, p.215-219. 2014. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/S0102-05362014000200017> > Acesso em: 25 maio 2022.

CÍCERO, S.M. E VIEIRA, R.D. Teste de frio. In: Vieira, R.D. e Carvalho, N.M. (Eds.) Testes de vigor em sementes. Jaboticabal, FUNEP, p.151-164. 1994

COLTRO, L.; MARTON, L. F. M.; PILECCO, F. P.; PILECCO, A. C. & MATTEI, L. F. Environmental profile of rice production in Southern Brazil: A comparison between irrigated and subsurface drip irrigated cropping systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 153, n. 1, p. 491-505. 2017 Disponível: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.207>> Acesso em: 20 maio 2022.

DATNOFF, L. E.; RODRIGUES, F. A.; SEEBOLD, K. W. Silicon and plant disease. In: DATNOFF, L. E.; ELMER, W. H.; HUBER, D. M. Mineral nutrition and plant disease. St. Paul: **The American Phytopathological Society Press**, p. 233- 246. 2007. ISBN 978-0-89054-346-7

DELLA, V. P., HOTZA, D., JUNKES, J. A., & OLIVEIRA, A. P. N. D. Estudo comparativo entre sílica obtida por lixívia ácida da casca de arroz e sílica obtida por tratamento térmico da cinza de casca de arroz. **Química Nova**, v.29, n.6, p.1175-1179. 2006 Disponível:< 10.1590/S0100-40422006000600005 > Acesso em: 18 maio 2022

ENCISO, V (2020) Arroz: Datos, estadísticas y comentarios. Boletín informativo. Disponível: <http://www.agr.una.py/ecorural/ecorural_arroz.php> Acesso em: 20 maio 2022.

FERNANDES, A. L. T., MERRIGHI, A. L. N., SILVA, G. A., & FRAGA JÚNIOR, E. F. F.. Utilização do silício no controle de pragas e doenças do cafeeiro irrigado. FAZU em **Revista, Uberaba**, n.6, p.11-52. 2009. Disponível: <<https://www.researchgate.net/publication/277794891> > Acesso em: 20 maio 2022.

FONSECA, Daniel Andrei Robe. **Desempenho de sementes de trigo recobertas com silicato de alumínio**. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Pelotas, 2012 Disponível:<<http://hdl.handle.net/123456789/1404>> 2013.

GONÇALVES M.R.F, BERGMANN C.P. Thermal insulators made with rice husk ashes: production and correlation between properties and microstructure. **Construction and Building Materials**. v.21, n. 12, p. 2059–2065, 2007. Disponível:<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061806002248>> Acesso em: 20 maio 2022.

HOSSAIN, S. S., MATHUR, L., & ROY, P. K. Rice husk/rice husk ash as an alternative source of silica in ceramics: A review. **Journal of Asian Ceramic Societies**, v.6, n.4, p.299-313. 2018. Disponível:< <https://doi.org/10.1080/21870764.2018.1539210> > Acesso em: 20 maio 2022.

HUSSAIN, S., MUMTAZ, M., MANZOOR, S., SHUXIAN, L., AHMED, I., SKALICKY, M., ... & LIU, W. Foliar application of silicon improves growth of soybean by enhancing carbon metabolism under shading conditions. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.159, p. 43-52, 2021. Disponível:< <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.11.053> > Acesso em: 20 maio 2022.

KJER, J.; DEBBAB, A.; ALY, A. H.; PROKSCH, P. Methods for isolation of marine-derived endophytic fungi and their bioactive secondary products. **Nature Protocols**, London, v. 5, n. 3, p. 479-490, 2010. Disponível:<<http://dx.doi.org/10.1038/nprot.2009.233>> Acesso em: 20 maio 2022.

KORNDORFER G. H., PEREIRA H. S. & CAMARGO M. S. Silicato de cálcio e magnésio na agricultura. Uberlândia: UFU/ICIAG, 3p (GPSi-ICIG-UFU). **Boletim Técnico**, nº 01, 2002

LIMA CAP, ORSI RB, DILKIN P, CORREA B. Mycoflora and aflatoxigenic species in derivatives of milled rice. **Food Science and Technology**. n.20, v.1. 2000. Disponível:< <https://doi.org/10.1590/S0101-20612000000100008>> Acesso em: 21 maio 2022.

LU, G.; CAO, J. S. Effects of silicon on earliness and photosynthetic characteristics of melon. **Acta Horticulturae Sinica**, Wageningen, v. 28, n. 5, p. 421-424. 2001. Disponível:< <https://www.ahs.ac.cn/EN/abstract/abstract3069.shtml> > Acesso em: 21 maio 2022.

LUYCKX M, HAUSMAN JF, LUTTS S, GUERRIERO G. Silicon and plants: current knowledge and technological perspectives. **Front Plant Sci** v.8: p. 411, 2017.

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganaderia). Síntesis estadísticas. Producción agropecuaria. 2020. Disponível:< <http://www.mag.gov.py/indx.php/institucion/dependencias/sintesis-estadistica> > Acesso em: 21 maio 2022.

MATICHENKOV, V.V.; KOSOBROUKHOV, A.A.; SHABNOVA, N.I. E BOCHARNIKOVA, E.A. - **Plant response to silicon fertilizers under salt stress**. *Agrokhimiya*, vol.. 10, p. 59-63. 2005.

MICHAJLUK B. GÓMEZ, R. BÓVEDA, L, GONZALEZ, Y., CABELLO J. Evaluación preliminar del contenido de silicio en hojas y tallos de *Saccharum officinarum*, “caña de azúcar” a través de técnicas analíticas nucleares. **ROJASIANA**. v.18, n.1, p.9-14, 2019. Disponível:< <https://www.researchgate.net/publication/337498680> > Acesso em: 21 maio 2022.

NING, D., SONG, A., FAN, F., LI, Z., & LIANG, Y. Effects of slag-Based silicon fertilizer on rice growth and brown-spot resistance. **Plos One**. v.9, 2014. Disponível:< <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0102681> > Acesso em: 20 maio 2022.

OLIVEIRA FILHO, F. S., CASSIMIRO, C. A. L., DA SILVA SOUSA, P., ALENCAR, L. V. C., DOS SANTOS FEITOSA, S., & DA SILVA, E. A. Biofertilizante como solução nutritiva para produção de alface hidropônica no Alto Sertão paraibano. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.15; n.1, p.111-117, 2013. Disponível:< [doi: 10.18378/rvads.v15i1.6440](https://doi.org/10.18378/rvads.v15i1.6440)> Acesso em: 20 maio 2022.

OLIVEIRA, SANDRO DE, BRUNES, ANDRÉ P., LEMES, ELISA S., TAVARES, LIZANDRO C., MENEGHELLO, GERI E., LEITZKE, IGOR D., & MENDONÇA, ANDRÉ O. Tratamento de sementes de arroz com silício e qualidade fisiológica das sementes. **Revista de Ciências Agrárias**, v.39, n.2, p.202-209.2016. Disponível:< <https://doi.org/10.19084/RCA15083> > Acesso em: 20 maio 2022.

RAFI, M. M.; EPSTEIN, E.; FALK. R. H. Silicon deprivation causes physical abnormalities in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Journal of Plant Physiology**, v. 151, n. 4, p.497-501. 1997 Disponível:< [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(97\)80017-X](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(97)80017-X) > Acesso em: 18 maio 2022.

SANDRINI, Wilian Costa. **Alterações químicas e microbiológicas do solo decorrentes da adição de cinza de casca de arroz**. Originalmente apresentado como dissertação de mestrado, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Pelotas. 2010 Disponível:<<http://guaiaca.ufpel.edu.br:8080/handle/123456789/2465>> Acesso em: 16 junho 2022

SANTOS, L. B., PEREIRA DE SOUZA JÚNIOR, J., DE MELLO PRADO, R., FERREIRA JÚNIOR, R., FERNANDES DE SOUZA, V., MACHADO DOS SANTOS, S. M., & MARTINS SOARES, P. L. Silicon Allows Halving Cadusafos Dose to Control Meloidogyne incognita and Increase Cotton Development. **Springer Nature**, v. 14 p. 3809-3816, 2021. Disponível:< <https://doi.org/10.1007/s12633-021-01126-z> > Acesso em: 26 junho 2022

SARANGI M, BHATTACHARYYA S, BEHERA RC. Effect of temperature on morphology and phase transformations of Nano crystalline silica obtained from rice husk. **Phase Transitions**. v.82, n.5, p.377–386, 2009. Disponível: < <https://doi.org/10.1080/01411590902978502> > Acesso em: 20 maio 2022.

SOUSA, Victor Hugo. De Carbalho.. **Efeito do silício aplicado via sementes na emergência e no crescimento inicial de variedades de soja**. Universidade Federal de Paraíba. 34p. 2017 Disponível:<https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/2659>

SOUSA, J. V.; RODRIGUES, C. R.; LUZ, J. M. Q.; CARVALHO, P. C.; RODRIGUES, T. M.; BRITO, C.H. 2010. Silicato de potássio via foliar no milho: fotossíntese, crescimento e produtividade. **Bioscience. Jornal**, v.26, n.4, p.502-513. 2010. Disponível: <<https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7148> > Acesso em: 20 maio 2022.

TASHIMA, M. M., FIORITI, C. F., AKASAKI, J. L., BERNABEU, J. P., SOUSA, L. C., & MELGES, J. L. P. Cinza de casca de arroz (CCA) altamente reativa: método de produção e atividade pozolânica. **Ambiente Construído**, 151-163. 2012. Disponível:< <https://doi.org/10.1590/S1678-86212012000200010> > Acesso em: 20 maio 2022.

TAIZ, L. ZEIGER, E. 2012. Fisiologia Vegetal. 5 ed. Porto Alegre, Artmed. 95p. 2012.

TUNES, L. V. M., FONSECA, D. Â. R., MENEGHELLO, G. E., DOS REIS, B. B., BRASIL, V. D., DE ARAÚJO RUFINO, C., Y VILELLA, F. A. Qualidade fisiológica, sanitária e enzimática de sementes de arroz irrigado recobertas com silício. **Revistas Ceres**, v.61, n.5, 2014. Disponível:< <https://doi.org/10.1590/0034-737X201461050011> >Acesso em: 10 maio 2022.

ZORATO, M. F.; HENNING, A. A. Influência de tratamentos fungicidas antecipados, aplicados em diferentes épocas de armazenamento, sobre a qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**.v.23,n.2, p.236-244, 2001 Disponível:< <http://dx.doi.org/10.17801/0101-3122/rbs.v23n2p236-244> > Acesso em: 23 maio 2022.