



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
CAMPUS DE IPAMERI
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal



DOSES DE SILÍCIO NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA

PAULO HENRIQUE MOREIRA COELHO

**M
E
S
T
R
A
D
O**

**Ipameri-GO
2016**

PAULO HENRIQUE MOREIRA COELHO

**DOSES DE SILICIO NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE
FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA**

Orientadora: Professora. Dra. Katiane Santiago Silva Benett

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás – UEG, Unidade Universitária de Ipameri como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal para obtenção do título de MESTRE.

Ipameri
2016

Coelho, Paulo Henrique Moreira.

Doses de silício na produtividade e qualidade fisiológica de sementes de soja. 2016.

25 f. il.

Orientadora: Professora. Dra. Katiane Santiago Silva Benett.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Goiás – Unidade Universitária de Ipameri, 2016.

Bibliografia.

1. Produção Vegetal. 2. Silício. 3. UEG. I. Título.



Câmpus Ipameri
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Produção Vegetal
Rodovia GO 330, Km 241, Anel Viário, 75780-000 Ipameri-GO
www.ppgpv.ueg.br e-mail: ppgpv.ipameri@gmail.com
Fone: (64)3491-5219



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

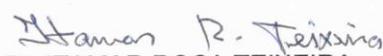
TÍTULO: “DOSES DE SILÍCIO NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA”

AUTOR: Paulo Henrique Moreira Coelho

ORIENTADORA: Katiane Santiago Silva Benett

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM PRODUÇÃO VEGETAL, pela comissão Examinadora:


Prof. Dra. KATIANE SANTIAGO SILVA BENETT
Universidade Estadual de Goiás/Ipameri-GO


Prof. Dr. ITAMAR ROSA TEIXEIRA
Universidade Estadual de Goiás/Ipameri-GO


Prof. Dr. TALLEZ EDUARDO BORGES DOS SANTOS
Universidade Estadual de Goiás/Ipameri-GO

Data da realização: 24 de fevereiro de 2016

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a meus pais, a minha esposa Kely e às minhas filhas Maria Fernanda e Maria Clara que alegram as nossas vidas.

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus, pela vida e pelos cuidados de sempre comigo e com minha família, sempre iluminando nossas vidas, nossos caminhos, nossos passos e nossa saúde. Presente em todos os momentos.

A meus pais, Alvinho e Joaninha, pelo amor de toda vida, as preocupações e os cuidados que temos uns com os outros.

A minha esposa Kely pelo companheirismo, pelo amor, pelos cuidados de sempre e por me proporcionar a maior alegria da minha vida em ser pai.

Aos cunhados Kleiber, Cristiane, Kleber e Vanessa. Ao sogro Silvano, a sogra Luzia e aos compadres Thiago, Patrícia, Vinicius, Adaiane, Anderson, Wellington e Lineane. Aos afilhados Timóteo, Laura e Miguel por fazerem parte da minha vida e sempre torcendo por nossa felicidade.

A todos os meus primos e primas, tios e tias, amigos e amigas que são muito presentes em minha vida, sempre comemorando as novas conquistas e as superações dos desafios da vida.

A toda Universidade Estadual de Goiás Campus de Ipameri, por ter me recebido novamente nessa nova etapa da pós-graduação e a todos os professores do Programa da Pós-Graduação em Produção Vegetal que contribuíram muito com os novos conhecimentos adquiridos.

A todos que contribuíram com o trabalho, ao Professora Katiane e Professor Cleiton pela orientação, dedicação e os frequentes esclarecimentos, aos amigos Faber, Fenelon e Alan que foram muito importantes na implantação, condução e avaliações do projeto.

Aos professores Itamar e Tales, titulares, e também Cleiton e Alexsander, suplentes, por aceitarem colaborar com o trabalho participando da defesa.

A todos os professores da unidade, funcionários e colegas com o ótimo relacionamento de sempre, colaboraram e nos apoiaram nas atividades.

Obrigado!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. OBJETIVO.....	06
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	07
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
5. CONCLUSÃO.....	24
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25

RESUMO

A utilização de Si na agricultura tem se tornado cada vez mais comum, principalmente em gramíneas, pois se evidencia a melhoria de funções fisiológicas e sanitárias das plantas cultivadas e como consequência maiores produtividades, maior qualidade de sementes e menor uso de agrotóxicos. Este trabalho teve como objetivo estudar a influência do Silício (Si), na produção e qualidade fisiológica de sementes de duas cultivares de soja. O trabalho foi desenvolvido no campo experimental da Universidade Estadual de Goiás (UEG), Campus Ipameri. Utilizando o delineamento em blocos inteiramente casualizados no esquema fatorial de 2 x 6 (cultivares x doses) com quatro repetições. Foram utilizadas duas cultivares de soja de ciclo precoce de hábito de crescimento indeterminado: NA 7490 RR e AS 3730 RR2 IPRO (Intacta) com espaçamento entre linhas de 40 cm, população inicial de 375.000 plantas ha⁻¹. A semeadura foi realizada de forma mecanizada, no sistema plantio direto, com semeadora a vácuo. A aplicação do Silício foi realizada no sulco de plantio, manualmente, após semeadura e antes da emergência das plantas. Os tratamentos aplicados foram: 0; 125; 250; 500, 625 e 750 kg ha⁻¹ de Si. Utilizando como fonte o Silicato de Cálcio e Magnésio em pó. A colheita foi realizada manualmente. Foram avaliados as características ligadas à produtividade (componentes de produção), teores de Si e Clorofila, bem como qualidade fisiológica das sementes colhidas. Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F) e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram processadas utilizando o programa de Análise Estatística SANEST. As doses de silício não interferem na produtividade de sementes de soja. Independente da aplicação de silício a cultivar NA7490 RR produziu sementes com melhor qualidade fisiológica. A aplicação de doses de silício influenciou a viabilidade das sementes da cultivar NA 7490 RR até a dose de 345,5 kg ha⁻¹ de Si.

Palavras-chaves: Cultivares, *Glycine max* L., Nutrição mineral, Silicato de Cálcio e Magnésio.

ABSTRACT

The use of Si in agriculture has become increasingly common, especially on grass, because it shows the improvement of physiological functions and health of cultivated plants and result in higher productivity, higher quality seeds and less use of pesticides. This work aimed to study the influence of Silicon (Si), production and physiological quality of two soybean cultivars seeds. The study was conducted in the experimental field of the State University of Goiás (UEG) Ipameri Campus. Using completely randomized blocks in factorial scheme 2 x 6 (cultivars x doses) with four replications. two early maturing soybean cultivars of indeterminate growth habit were used: IN 7490 AS 3730 RR and RR2 IPRO (Intact) with spacing of 40 cm, initial population of 375,000 plants ha⁻¹. Sowing was carried out mechanically, the tillage system, with vacuum seeder. The application of silicon was carried out in the planting furrow, manually after sowing and before emergence. The treatments were: 0; 125; 250; 500, 625 and 750 kg ha⁻¹ Si. Using as a source the Silicate of calcium and magnesium powder. The harvest was done manually. We evaluated the characteristics linked to productivity (production of components), Si content and Chlorophyll and physiological quality of the seeds harvested. Data were submitted to analysis of variance (F test) and the means were compared by Tukey test at 5% probability. Statistical analyzes were processed using the Statistical Analysis SANEST program. silicon doses do not interfere in soybean seed yield. Regardless of the application of silicon to grow NA7490 RR produced seeds with better physiological quality. The application of silicon doses influenced the viability of the seeds of the cultivar IN 7490 RR to the dose of 345.5 kg ha⁻¹ Si.

Keywords: Cultivars, Glycine max L., Mineral nutrition, Silicate of calcium and magnesium.

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) pertence à família Fabaceae, subfamília Faboideae, tem como provável progenitor a espécie *Glycine ussuriensis* (COSTA, 1996). O centro de origem é a região leste da Ásia (MIYASAKA, 1981). No Brasil, a soja foi introduzida na Bahia em 1882 e levada para São Paulo em 1892. No Rio Grande do Sul foi cultivada pela primeira vez em 1900 e em 1936 ocorre o início da expansão desta cultura no estado (COSTA, 1996). Na década de 1980 foi introduzida na região dos Cerrados, tornando-se a cultura anual de maior área plantada no país.

É a principal cultura agrícola do Brasil e do mundo em termos econômicos e de produção. É uma *commodity* padronizada e uniforme, produzida e negociada por produtores de diversos países, apresenta alta liquidez, alta demanda e também alta produção. No Brasil, a soja possui a maior área de cultivo em comparação com outras culturas. Na safra 2014/2015 cresceu 5,7% em relação à área da safra passada, chegando a 31.902 milhões de hectares, com uma estimativa de produção de aproximadamente 96 milhões de toneladas, sendo 94,5 milhões de toneladas de soja em grão, com uma produtividade de 3.011,00 kg por hectare (CONAB, 2015).

No estado de Goiás, a área plantada ultrapassa 3,2 milhões de hectares e a produtividade média está em torno de 3.150 quilogramas por hectare, chegando a uma produção próxima de 10,4 milhões de toneladas (RIBEIRO, 2015).

A demanda crescente de soja pela população é atribuída a diversos fatores, dentre os quais merecem destaque: elevado teor de proteínas (em torno de 40%) de excelente qualidade, tanto para a alimentação animal quanto humana; considerável teor de óleo (ao redor de 20%), usados especialmente associados à alimentação humana e à produção de biocombustíveis (EMBRAPA, 2011).

Nas últimas décadas houve expressivo aumento da oferta de tecnologias de produção, que permitiram ampliar significativamente a área e a produtividade da oleaginosa (USDA, 2015).

A agricultura atual exige o uso adequado de insumos, de modo a atender critérios econômicos e, ao mesmo tempo, conservar o solo, possibilitando manter ou elevar a produtividade das culturas e também é acompanhada por novas tecnologias e pesquisas que mostram a importância e as vantagens de se usar também elementos considerados não essenciais, mas que são benéficos, podendo ajudar nos incrementos à produtividade.

Um elemento muito utilizado nos dias atuais e que ainda demanda de muitas pesquisas para esclarecer seus benefícios é o silício (Si) (MITANI e MA, 2005).

O Si é segundo elemento mais abundante, em peso, na crosta terrestre e componente majoritário de minerais do grupo dos silicatos (RAIJ, 1991), mas os principais solos sob vegetação de Cerrado apresentam alto grau de intemperismo, com alto potencial de lixiviação, baixa saturação de bases, baixos teores de Si-trocável e baixas relações (Ki) $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ e (Kr) Sílica/Sesquióxidos de Fe e Al, apresentando portanto, baixa capacidade de fornecimento de Si disponível para as plantas (BRADY, 1992).

Alguns resíduos siderúrgicos, empregados como corretivos da acidez, têm-se mostrado uma alternativa viável para o fornecimento de Si. Entre esses, as escórias, cujos componentes neutralizantes são os silicatos de cálcio e magnésio, que se comportam de forma semelhante aos calcários (LOUSADA, 1987).

A pesquisa científica tem demonstrado o envolvimento do silício em vários aspectos estruturais, fisiológicos e bioquímicos da vida da planta, com papéis bastante diversos. Além de promover melhorias no metabolismo, ativa genes envolvidos na produção de fenóis e enzimas relacionadas com os mecanismos de defesa da planta (CHÉRIF et al., 1994).

Do ponto de vista fitossanitário, o abundante acúmulo de compostos fenólicos associados com as estruturas de alguns patógenos nos sítios de infecção e o aumento na produção de algumas classes de fitoalexinas em arroz (DATNOFF et al., 2007), a transcrição de alguns genes em arroz associados com a resistência à brusone (RODRIGUES et al., 2005), e o incremento na atividade de enzimas líticas à parede celular fúngica ou associadas com o metabolismo secundário da planta (LIANG et al., 2005) reforçam a hipótese de que o Si potencializa mecanismos de defesa em plantas e não atua apenas de forma passiva na resistência.

O silício (Si) tem aumentado a resistência de várias espécies de plantas às pragas, doenças, bem como a diversos tipos de estresses abióticos tais como altas temperaturas, falta de água no solo e toxidez de ferro e manganês às raízes quando teores elevados desses elementos se acumulam nos tecidos dessas espécies, na sua maioria monocotiledôneas (MITANI e MA, 2005; DATNOFF et al., 2007).

Os mecanismos pelos quais o Si atua na resistência das plantas à patógenos ainda não estão totalmente esclarecidos. A hipótese da formação de uma barreira física

abaixo da cutícula após a polimerização do ácido monossilícico explica, em parte, o aumento da resistência do arroz a brusone (DATNOFF et al., 2007).

A deficiência de Si, em soja, causa sintomas característicos, como a má formação de folhas novas e a redução da fertilidade do grão de pólen (MIYAKE e TAKAHASHI, 1985). Segundo Pereira Junior et. al., (2010) a adição de onze doses crescentes (0, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 e 500 kg.ha⁻¹) de Silicato de Cálcio e Magnésio na semeadura aumentou a altura de plantas, o número de vagens, altura da inserção do primeiro legume e não causou nenhum efeito fitotóxico à soja.

Reis et al., (2007) verificou que o Si pode reduzir a transpiração e favorecer a taxa fotossintética das plantas, devido a melhoria da arquitetura foliar e diminuir o auto sombreamento por proporcionar folhas mais eretas. Portanto, a redução de estresse durante a formação das sementes que está diretamente relacionada com a qualidade fisiológica de sementes.

Marcos Filho e Novembre (2009) destacam que as condições climáticas durante as diferentes etapas do desenvolvimento de sementes podem exercer influência direta sobre o nível de qualidade no momento da maturidade fisiológica. A disponibilidade de água durante o período de “enchimento” de grãos provoca formação de sementes de menor tamanho e massa, cujo desempenho é severamente prejudicado. Além disso, temperaturas muito altas durante a maturação de sementes provoca redução da translocação de fotossintatos para as sementes. A qualidade fisiológica das sementes também é fortemente influenciada por fatores genéticos, intrínsecos a cada espécie e a cada cultivar dentro da mesma espécie.

A qualidade fisiológica de sementes de soja, principalmente em regiões tropicais e subtropicais, pode ser influenciada por diversos fatores que ocorrem na fase de campo, durante a colheita, nas etapas posteriores da produção, como na secagem, no beneficiamento, no armazenamento e no transporte, períodos de seca, danos por insetos, extremos de temperatura durante a fase reprodutiva e de maturação da cultura. Esses estresses resultam na maturação forçada das sementes, acarretando baixos rendimentos e ocorrência de sementes esverdeadas, com consequente redução da qualidade fisiológica (FRANÇA NETO et al., 2005).

Incontestavelmente, sementes de boa qualidade é um insumo imprescindível para o sucesso do cultivo de soja. Kolchinski et al., (2006) afirmam que sementes de soja com alta qualidade fisiológica irão proporcionar plantas com maiores taxas de crescimento inicial e eficiência metabólica, além de maior área foliar, maior produção

de matéria seca e maiores rendimentos, aumentando assim as chances de sucesso da lavoura.

Kolchinski et al., (2005) trabalhando com soja observaram que o uso de sementes de alto vigor proporciona acréscimos superiores a 35% no rendimento de sementes, em relação ao uso de sementes de baixo vigor e que o aumento na proporção das plantas provenientes das sementes de alto vigor na comunidade também proporcionou acréscimo linear no rendimento de sementes.

O vigor da semente está relacionado com a transferência de reservas da planta para as sementes, ou seja, a proporção de sementes vigorosas aumenta com o decorrer da maturação, com um máximo em época muito próxima ou coincidente com o máximo acúmulo de reservas, fase chamada de maturação fisiológica (MARCOS FILHO, 2005).

Harter e Barros (2011), estudando a aplicação de cálcio e silício, em plantas de soja, observaram que as sementes produzidas apresentaram maior qualidade fisiológica.

Ao estudar os efeitos de fósforo e silício aplicado no solo, Toledo et al. (2011) relataram menor condutividade elétrica de sementes de aveia branca com doses crescentes de silício e maior fornecimento de fósforo.

Lima Filho (2009) estudando plantas de arroz tratadas com Silício verificaram uma maior expansão foliar e conseqüentemente maior taxa de assimilação de gás carbônico por planta. Com isso, há maior translocação de assimilados para a produção de grãos, aumentando a massa dos grãos.

Segundo Gomes et al., (2008), do ponto de vista fisiológico, para o crescimento e o desenvolvimento das plantas, o silício tem mostrado efeito benéfico sobre o aumento de produtividade de diversas culturas.

Segundo Oliveira et. al., (2013) a qualidade fisiológica das sementes de soja da cultivar BMX Turbo RR foi influenciada de forma positiva, com a aplicação de doses de silício, quando avaliadas pelos testes de germinação e envelhecimento acelerado. Já na cultivar NA 5909 RR a aplicação de silício não influencia a qualidade das sementes. Essa diferença de comportamento entre as duas cultivares de soja, pode ser explicada pela diferença genética entre elas, pois de acordo Krzyzanowski et al., (1993) o fator determinante e fundamental da qualidade fisiológica das sementes de soja é intrínseco e dependente do controle genético dessa característica, pela cultivar.

Considerando o potencial do silício pelo exposto, com intuito de propiciar aos agricultores o uso de sementes de elevada qualidade para garantir o sucesso do cultivo de soja, possibilitar a redução de aplicação de defensivos agrícolas tóxicos e observando

que faltam muitas respostas sobre a influência do silício na cultura da soja assim como na produção de sementes da mesma.

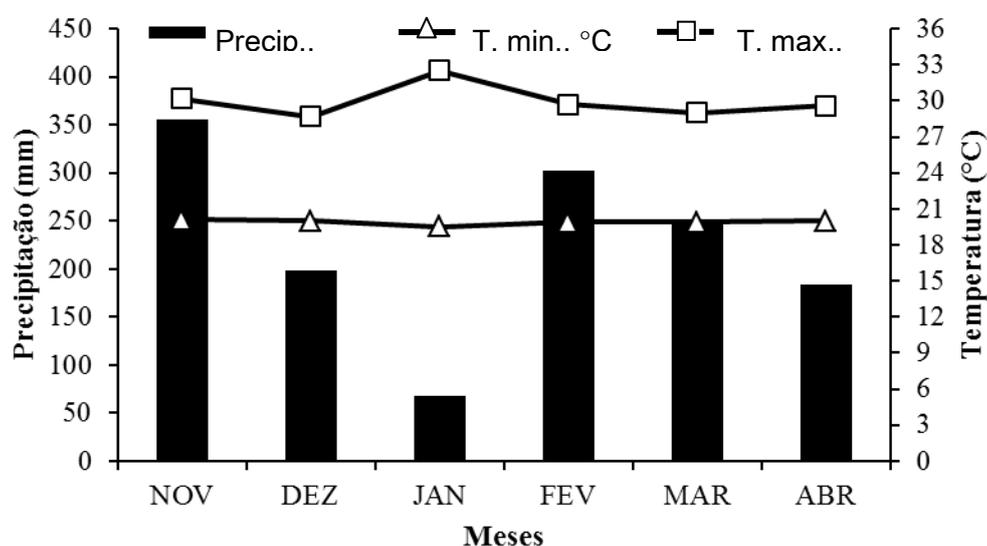
2. OBJETIVO

Avaliar a interferência da aplicação de doses de silício via solo na produtividade e qualidade fisiológica de sementes de soja;

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Estadual de Goiás - UEG, Campus Ipameri, localizada no município de Ipameri-GO com 17° 43' de latitude sul e 48° 22' de longitude oeste e altitude de 764m.

O clima, segundo a classificação de Köppen, é definindo como Tropical Úmido (AW), constando temperaturas elevadas com chuvas no verão e seca no inverno. Os dados climáticos referentes ao período de condução do trabalho encontram-se na Figura 1.



Fonte: INMET, 2016.

Figura 1: Valores de Temperatura (°C), e precipitação acumulada (mm) durante o período experimental, Ipameri (GO), 2015.

O solo da área experimental é classificado Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2013). As características químicas do solo foram determinadas antes da instalação do experimento avaliadas na camada de 0 a 0,20 m, segundo metodologia proposta por Ribeiro et al. (1999). Os resultados da análise estão apresentados na Tabela 1 com os seguintes atributos químicos, na camada 0,0-0,20 m: 6,4 mg dm⁻³ de P (Melich); 20 g dm⁻³ de M.O.; 4,7 de pH (CaCl₂); K, Ca, Mg e H+Al = 2,5; 10,0; 4,0 e 35,0 mmol_c dm⁻³, respectivamente, 32% de saturação por bases e o teor de B foi de 0,4 mg dm⁻³, sendo considerado médio no solo. A análise granulométrica do solo foi: 475, 75 e 450 g de argila, silte e areia, respectivamente.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, arranjos em esquema fatorial 2 x 6 (cultivares x doses) com quatro repetições. Cada parcela experimental foi constituída por 5 metros de comprimento e 2 metros de largura, espaçamento entre linhas de 40 cm, com população inicial de 375.000 plantas ha⁻¹, sendo a parcela útil formada pelas 3 linhas centrais.

Foram utilizadas duas cultivares de soja certificadas, de ciclo precoce e hábito de crescimento indeterminado: AS 3730 RR2 IPRO (Intacta) (Cultivar 1) e NA 7490 RR (Cultivar 2).

A semeadura foi realizada em 19/11/2014 e os tratamentos aplicados sobre as linhas marcadas pela semeadora logo após o plantio, no dia 20/11/2014.

Foram utilizadas as doses de 0, 125, 250, 500, 625 e 750 kg ha⁻¹ de Si, utilizando como fonte o Silicato de Cálcio e Magnésio, nome comercial Agrosilício® de Uberaba/MG, em pó, com 25% de cálcio, 6% de magnésio e 10,5% de Si.

A correção e adubação foram feitas de acordo com Novais (1999) para a cultura da soja.



Foto: Paulo H. M. Coelho

Figura 1. Aplicação de Silicato de Cálcio e Magnésio no sulco de plantio. Ipameri (GO), 2014.



Foto: Paulo H. M. Coelho

Figura 2. Silicato de Cálcio e Magnésio pesado e distribuído em sacos separados com a quantidade a ser aplicada por linha. Ipameri (GO), 2014

Como o silicato utilizado possui teores de cálcio e magnésio, as parcelas que receberam os tratamentos receberam além do Si doses de Ca e Mg para que os efeitos desses nutrientes fossem eliminados, assim obtendo apenas o efeito do Si. Para isso como fonte de cálcio e magnésio foi aplicado calcário nas parcelas de maneira que a quantidade de Ca e Mg aplicadas ficassem iguais em todas elas.

O balanceamento das doses foi feito de acordo com o teor de Ca e Mg do Agrossilício. Por exemplo, na maior dose de Silicato aplicada, além do Si foram aplicados também 342,3 gramas de Cálcio. Então, na testemunha, em que não foi aplicado nada de Si, fizemos a aplicação de Calcário, pois todas as parcelas que receberam Silicato receberam também Ca. No quadro abaixo, seguem as doses de Calcário aplicadas de acordo com a quantidade de Agrossilício de cada tratamento.

Quadro 1. Quantidades de Calcário aplicadas por parcela, de acordo com a quantidade de Silicato de cálcio e magnésio. Ipameri (GO), 2015

Agrossilício (g/parcela)	Calcário (g/parcela)
0	3795
545	3160
1085	2525
2175	1265
2715	635
3260	0

Para reduzir o efeito da elevação de pH por causa do silicato e do calcário utilizados, estes foram aplicados apenas no sulco da semeadura, fornecendo os elementos localizadamente.

Após o estabelecimento e desenvolvimento da cultura, iniciaram-se as avaliações a nível campo e laboratório e constou-se das seguintes avaliações:

Teor de Clorofila: foram realizadas em folhas do terço médio das plantas de soja aos 30 dias após emergência da cultura utilizando o aparelho ClorofiLOG Falker, o qual determina indiretamente a concentração de clorofila nas folhas, pela reflectância do verde no comprimento de onda de aproximadamente 650 nm (BATISTA, 2002).

Luminosidade no dossel: leituras foram realizadas na parte superior, terço médio e base de cada planta utilizando-se o aparelho DSI 100. Sendo os resultados expressos em $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

Altura da inserção da primeira vagem: foi realizada a medida do solo até a primeira vagem utilizando régua graduada em plantas no ponto de colheita.

Número de vagens por planta e número de grãos por vagem: foram realizadas as contagens de todas as vagens e grãos, obtendo-se a média dos valores de cada variável.



Foto: Paulo H. M. Coelho

Figura 5. Contagem de número de vagens e grãos. Ipameri (GO), 2015.

Produtividade de grãos: Foram colhidas todas as plantas da área útil (3 linhas centrais) de cada parcela, que corresponde a 6 m^2 . As sementes foram pesadas e o peso foi transformado para toneladas por hectare (t ha^{-1}).



Foto: Paulo H. M. Coelho

Figura 6. Parcelas colhidas para pesagem e posterior análise de sementes. Ipameri (GO). 2015.

Teor de Silício nas folhas: foram colhidos dois trifólios por planta em cinco plantas por parcela e colocados para secar em estufa com circulação de ar forçada com temperatura de 65°C, por cerca de 48 horas. Depois de seco, o material foi moído em moinho tipo Wiley, equipado com peneira de malhas com abertura de 1mm e acondicionado em saquinhos de papel para análises. A determinação do teor de silício foliar foi realizado no Laboratório de Nutrição de Plantas da Unesp, Campus de Ilha Solteira.

Primeira contagem de germinação: realizada em conjunto com o teste de germinação, de acordo com as recomendações de Brasil (2009), com quatro repetições de 50 sementes, consistindo no total de sementes germinadas no quinto dia após a semeadura;

Germinação total: avaliada no oitavo dias após a semeadura, considerando-se germinadas as sementes que emitiram plântulas normais segundo Brasil (2009). Sendo os resultados expressos em percentagem média com base no número de plântulas normais;



Foto: Paulo H. M. Coelho

Figura 7. Teste de germinação. Rolos de papel Germitest com 4 repetições. Ipameri (GO), 2015.



Foto: Paulo H. M. Coelho

Figura 8. Avaliação do teste de Germinação. Ipameri (GO), 2015.

Comprimento de plântulas: utilizou-se 10 repetições de 10 sementes de soja. Uma linha foi traçada no terço superior do papel toalha de germinação no sentido longitudinal. Os papéis foram umedecidos previamente com água destilada equivalente a 2,5 vezes a massa seca do papel. As sementes de soja foram posicionadas de forma que a micrópila fique voltada para a parte inferior do papel. Os rolos foram acondicionados em sacos plásticos posicionados verticalmente no germinador por sete dias a 25°C. Ao final deste período, foi efetuada a medida das partes das plântulas

normais emergidas (raiz primária e hipocótilo) utilizando-se uma régua. Os resultados médios por plântulas foram expressos em centímetros (NAKAGAWA, 1999).



Foto: Paulo H. M. Coelho

Figura 9. Avaliação do comprimento de plântulas. Ipameri (GO), 2015.

Peso de 1000 sementes: contou-se 8 repetições de 100 sementes e sua média foi multiplicada por 10 (BRASIL, 2009), obtendo-se o peso médio de 1000 sementes.



Foto: Paulo H. M. Coelho

Figura 10. Contagem de sementes para avaliação de Peso de 1000 sementes. Ipameri (GO), 2015.

Teor de umidade das sementes: foi efetuada pelo método da estufa a $105^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$ durante 24 h, utilizando-se 2 repetições de cada parcela. Os resultados foram expressos em porcentagem média de cada parcela (BRASIL, 2009).

Envelhecimento acelerado: foi realizado com quatro repetições, utilizando-se o método de gerbox, onde as sementes foram espalhadas em camada única sobre uma tela metálica suspensa dentro de caixas de gerbox, contendo 40 ml de água destilada ao fundo. Posteriormente, as caixas foram tampadas e acomodadas em câmara BOD, a

41°C por 48h (MARCOS FILHO, 2005). Após este período as sementes foram colocadas para germinar conforme metodologia descrita para o teste de germinação, e avaliados no quinto dia, sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.



Foto: Paulo H. M. Coelho

Figura 11. Sementes em Gerbox para realização do Teste de envelhecimento acelerado. Ipameri (GO), 2015.

Condutividade elétrica: foi realizado de acordo com a metodologia proposta por LOEFFLER *et al.* (1988). Utilizando-se quatro repetições de 50 sementes fisicamente puras de cada parcela, pesadas e imersas em 75 ml de água destilada no interior de copos de plástico, a 25°C; após 24 horas de embebição, procedeu-se a leitura da condutividade elétrica da solução. Os resultados médios são expressos em umhos/cm/g.



Foto: Paulo H. M. Coelho

Figura 12. Leitura do teste de condutividade elétrica. Ipameri (GO), 2015.

Teste de Tetrazólio: foi feito conforme sugerido por França Neto, Krzyzanowski e Costa, (1998), quanto ao material necessário, preparo da solução, preparo das sementes, coloração, lavagem da amostra e interpretação dos resultados.

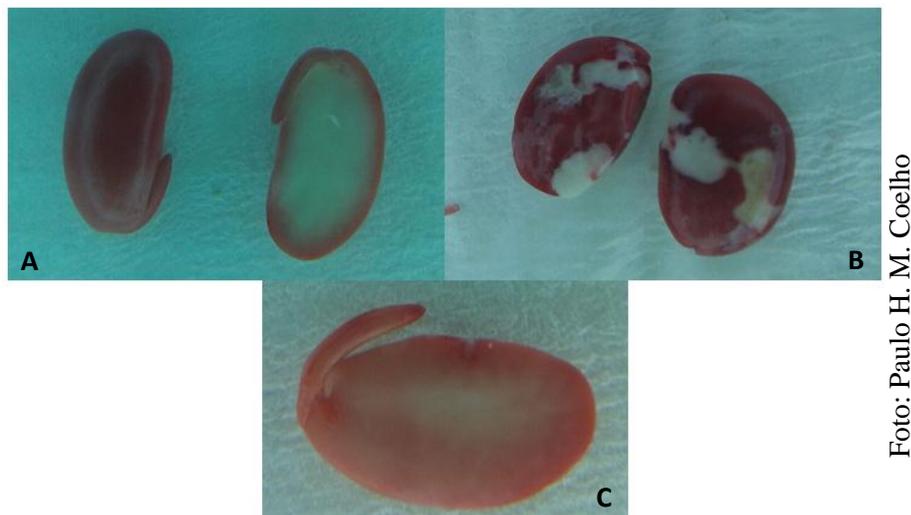


Foto: Paulo H. M. Coelho

Figura 13. Teste de Tetrazólio: A- Detalhe de semente com interior com tecidos mortos (sem coloração) e B- parte externa com alto índice de atividade metabólica (vermelho escuro), Detalhes de danos causados por percevejos, C- Semente com coloração normal, demonstrando preservação dos tecidos e embrião viável, Ipameri (GO), 2015.

Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F) e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Para as doses de Silício foram realizadas a análise de regressão. As análises estatísticas foram processadas utilizando o programa de Análise Estatística – SANEST (ZONTA et al., 1987).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância para todas as características avaliadas está apresentada na Tabela 1. Observa-se que houve efeito da interação entre cultivares e doses de silício apenas para o Teste de Tetrazólio. Para o efeito isolado das cultivares somente o teor de clorofila, número de vagens por planta, teor de silício, produtividade e tetrazólio não apresentaram significância. Já para as doses de silício a análise de variância demonstrou efeito significativo para produtividade e germinação total das sementes (Tabela 1) sendo posteriormente discutido para cada variável o efeito dos tratamentos e interação que apresentem significância.

Na tabela 2 Observa-se que as médias para teor de clorofila não diferiram significativamente entre as cultivares. Esses resultados estão de acordo os obtidos por Zago et al., (2010) quando avaliaram a aplicação foliar de silicato de potássio em plantas de soja e não encontraram diferenças no desenvolvimento e nenhuma alteração no processo fotossintético e nos teores de Clorofila. E diferem de Lima (2006) quando estudou o efeito do silício no manejo de ferrugem da soja o qual, observou aumento no conteúdo de clorofila b e carotenoides, do teor de lignina das folhas e na redução de doenças.

A Clorofila, assim como outras moléculas proteicas é influenciada por vários fatores fisiológicos e nutricionais (TAIZ e ZEIGER, 2013). Dessa forma, demonstrou-se com o presente trabalho que o Si pode influenciar ou não no teor de Clorofila, dependendo de fatores ambientais e fisiológicos em conjunto.

Para a luminosidade no dossel e altura de inserção da primeira vagem observa-se diferenças significativas entre as cultivares estudadas (Tabela 2).

A soja NA 7490 RR apresentou maior luminosidade no dossel (Tabela 2) indicando que esta cultivar apresentou nesta condições melhor constituição de parte aérea, pois a penetração de luz no dossel é uma medida indireta da arquitetura da planta.

Reis et al., (2007) afirmam que a melhoria da arquitetura foliar e diminuição do auto sombreamento ocorre em consequência de folhas mais eretas. De acordo com Borém, Almeida e Kiihl, (1999) características como morfologia de planta possuem grande variabilidade, por serem muito influenciadas pelo ambiente.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para teor de clorofila (CLOR), luminosidade do dossel (LUM), altura da primeira vagem, nº de vagens por planta, nº de grãos por vagem, teor foliar de silício, produtividade (PROD), 1º contagem de germinação (1º CG), Germinação total, envelhecimento acelerado (E.A.), condutividade elétrica (C.E.) peso de 100 sementes (P1000), tetrazólio (TZ) e comprimento de plântula (CP) das variedades de sojas em função de doses silício. Ipameri, 2015.

Causas da variação	VALOR-P														
	G.L.	CLOR	LUM	Alt. 1º vagem	Nº vagens/pl	Nº grãos/vg	Teor de Si	PROD	1º CG	G total	E.A.	C.E.	P1000	TZ	CP
Cultivar (C)	1	0,68 ^{ns}	0,02*	0,02*	0,13 ^{ns}	0,03*	0,70 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,01*	0,01*	0,01*	0,01*	0,01*	0,99 ^{ns}	0,01*
Doses (D)	5	0,42 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,06*	0,19 ^{ns}	0,03*	0,70 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,76 ^{ns}
C x D	5	0,23 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,04*	0,59 ^{ns}
Blocos	3	0,28 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,87 ^{ns}
CV %		14,98	25,40	19,57	23,26	24,75	15,02	18,85	25,41	17,87	38,17	17,15	16,01	17,17	17,92

*significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$), ^{ns} não significativo ($p > 0,05$).

O motivo pelo qual as plantas tratadas com Si modificam sua Morfofisiologia é pelo acúmulo deste elemento abaixo da sua cutícula (EPSTEIN, 1994; MARSCHNER, 1995). Para altura de inserção da primeira vagem observa-se que a cultivar AS 3730 IPRO apresentou altura de inserção da primeira vagem cerca de 13% significativamente mais alta do que a cultivar NA 7490 RR (Tabela2). A altura de inserção de primeira vagem tem importância na diminuição das perdas de colheita que ocorrem na plataforma de corte, pois vagens mais baixas podem proporcionar a contaminação dos grãos com solo e palhada.

Tabela 2. Teor de clorofila CLF), luminosidade no dossel (LUM) e altura de inserção da primeira vagem (Alt. 1º vagem) em duas cultivares de soja. Ipameri (GO), 2015.

Cultivar	CLF (SPAD)	LUM ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	Alt. 1º vagem (cm)
AS 3730 IPRO	40,11 a	46898,35 b	15,26 a
NA 7490 RR	40,85 a	55952,27 a	13,31 b
CV (%)	14,98	25,40	19,59

* Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV%: Coeficiente de Variação.

Quanto ao número de vagens, número de grãos, peso de 1000 sementes, massa seca de plântulas e produtividade também não apresentaram interações significativas entre as doses de Si e as cultivares. Foram verificadas diferenças apenas entre as cultivares para número de grãos por vagem e peso de 1000 grãos (Tabela 3).

Contrariando os resultados encontrados por Pereira Junior et al. (2010), que verificaram aumento no números de vagens conforme o aumento das doses de Si aplicados no sulco por ocasião da semeadura e por Moreira et al., (2010) em que verificou incrementos de produtividade na cultivar de soja BRS Favorita RR em condições de campo com aplicação de Si foliar em três estádios fenológicos, o presente trabalho não encontrou diferenças significativas para o fator produtividade e número de vagens, nem mesmo entre as cultivares. A produtividade encontrada é representativa das produtividades alcançadas pelos produtores de soja em todo o Brasil e evidencia a qualidade e potencial das cultivares estudadas. A proximidade das duas cultivares em relação à produtividade pode ser explicada pelo alto nível de melhoramento realizado pelas empresas produtoras de sementes, deixando a aplicação de Si com uma importância secundária em relação aos fatores genéticos.

Tabela 3. Número de vagens por planta (N° vagens), número de grãos por planta (N° grãos), peso de mil sementes (P 1000), Teor de Si e produtividade, em duas cultivares de soja. Ipameri (GO), 2015.

Cultivar	N° Vagens	N° Grãos / vagem	P 1000 (g)	Teor de Si (g kg ⁻¹)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
AS 3730					
IPRO	201,79 a	443,50 b	152,17 a	11,67 a	3551,66 a
NA 7490					
RR	223,62 a	518,37 a	128,61 b	11,87 a	3827,70 a
CV (%)	23,26	24,75	16,01	15,05	18,85

*Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV%: Coeficiente de Variação.

Para número de grãos e peso de mil sementes, observa-se uma inversão de valores. Plantas com maior número de sementes apresentaram menor peso de mil grãos e vice-versa. O peso médio dos grãos é uma característica determinada geneticamente, sendo essa influenciada por fatores ambientais (PANDEY e TORRIE, 1973). Segundo Egli et al. (1987) a formação de vagens pode ser prejudicada pela limitação de fotoassimilados o que pode limitar fisicamente o tamanho do grão. Em informações disponibilizadas pelas empresas detentoras do germoplasma dessas duas cultivares, verifica-se que a cultivar NA 7490 RR tem o ciclo um pouco mais longo em dias, podendo chegar a mais de 10 dias de diferença. Segundo o gráfico de temperatura e precipitação (Figura 1) pode-se observar que em janeiro houve uma considerável queda de precipitação quando comparada com os meses anteriores e subsequentes. A cultivar AS 3730 IPRO, com ciclo mais curto, teria passado pelo período de formação de grãos em um momento de maior disponibilidade de água do que a cultivar NA 7490 RR que tem um ciclo um pouco mais longo, chegando a fase de formação de grãos em janeiro, quando a disponibilidade de água foi menor.

O teor de Si nas folhas também não apresentou interação com as doses de Si aplicadas e as cultivares, nem diferenças de absorção entre as cultivares (Tabela3). De acordo com Ma et al., (2001), as plantas de soja absorvem Si sem translocá-lo, ou seja, o Si não se acumula em grandes quantidades nas folhas. Isso explica a baixa concentração de Si encontrada nas folhas das duas cultivares analisadas neste trabalho, em que também não apresentaram diferenças significativas na acumulação desse Si aplicado ao solo. Elucidando ainda mais sobre o porquê da arquitetura de plantas não ter sofrido alteração com a aplicação de Si.

Nos testes para qualidade fisiológica de sementes, as variáveis: primeira contagem de germinação, germinação total, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica apresentaram diferenças significativas apenas entre as cultivares, portanto, não sofrendo nenhuma influência das doses de Si aplicadas (Tabela 4).

Tabela 4. Primeira contagem de germinação (1° cont. G), porcentagem de germinação (G), envelhecimento acelerado total (E.A.), condutividade elétrica (C.E.) e comprimento de plântulas (CP) em função de doses crescentes de Si e duas cultivares de soja. Ipameri (GO), 2015.

Cultivar	1° cont. G (%)	G (%)	E.A. (%)	C.E (unhos/cm/g)	CP (cm)
AS 3730 IPRO	28,68 b	54,19 b	15,04 b	62,56 b	7,52 b
NA 7490 RR	62,61 a	74,09 a	26,13 a	72,69 a	9,35 a
CV (%)	25,40	17,87	38,17	17,15	17,92

*Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV%: Coeficiente de Variação.

Para todas as variáveis, a cultivar NA 7490 RR apresentou significativamente as maiores médias (Tabela 4), remetendo novamente a característica genética da cultivar.

Para a condutividade elétrica, os valores médios mais elevados significam maior extravasamento de solutos, o que teoricamente reduz a qualidade fisiológica das sementes (MARCOS FILHO e NOVENBRE, 2009). Mas como essas sementes apresentaram médias melhores para as outras variáveis, não se pode afirmar que houve queda na qualidade apenas pelas médias da condutividade elétrica.

No comprimento de plântulas (Tabela 4), verifica-se que as sementes da cultivar NA 7490 RR, com menor peso de mil sementes (Tabela 3), ou seja, com menor acúmulo de massa apresentaram melhores resultados quando comparadas com a cultivar AS 3730 IPRO. Esse resultado contraria Marcos Filho (2005) que afirma haver um efeito direto do vigor da semente e a transferência de matéria seca da planta para as sementes, ou seja, o vigor das sementes aumenta com o máximo acúmulo de reservas.

No que se refere ao teste de tetrazólio constatou-se a dose de 625 kg h⁻¹ proporcionou obtenção de sementes com maior vigor e viabilidade na cultivar NA 7490 RR (Tabela 5). De acordo com Marcos Filho et al. (1987) a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de

soja, por meio do teste de tetrazólio, tem proporcionado, nos últimos anos, contribuição altamente significativa na identificação dos níveis de vigor e viabilidade, fundamentais para o controle de qualidade de sementes no Brasil.

O teste de Tetrazólio, além de avaliar a viabilidade e o vigor dos lotes de sementes, fornece o diagnóstico das possíveis causas responsáveis pela redução de sua qualidade: danos mecânicos, deterioração por umidade e danos de percevejo, que são os problemas que mais comumente afetam a qualidade fisiológica da semente de soja. Porém, além desses, os danos de secagem, de estresse hídrico e de geada podem também ser facilmente visualizados pelo teste (FRANÇA NETO, KRZYZANOWSKI, e COSTA, 1998).

Tabela 5. Médias de viabilidade de sementes obtidas através do teste de Tetrazólio em sementes de soja em função de doses crescentes de Si e duas cultivares de soja diferentes. Ipameri/GO. 2015.

Cultivar	0	125	250	500	625	750
AS 3730						
IPRO	79,35 a	84,25 a	72,33 a	84,08 a	59,50 b	84,33 a
NA 7490 RR	71,43 a	84,33 a	81,75 a	77,25 a	84,33 a	65,50 a
CV (%)	17,15					

* Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV%: Coeficiente de Variação.

Interação significativa foi verificada apenas para o teste de Tetrazólio (Tabela 4).

A maior viabilidade de sementes verificada pelo teste de Tetrazólio reforça a melhor qualidade fisiológica de sementes da cultivar 2 (NA 7490 RR), conforme apresentado também na figura 15.

Esses resultados evidenciam uma diferença de qualidade fisiológica de sementes entre as cultivares, mesmo sendo multiplicadas em um mesmo ambiente.

As doses de silício influenciaram significativamente a viabilidade das sementes de cultivar NA 7490 RR, com ajuste dos dados a uma regressão polinomial quadrática com ponto de máximo estimado em $345,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de Si

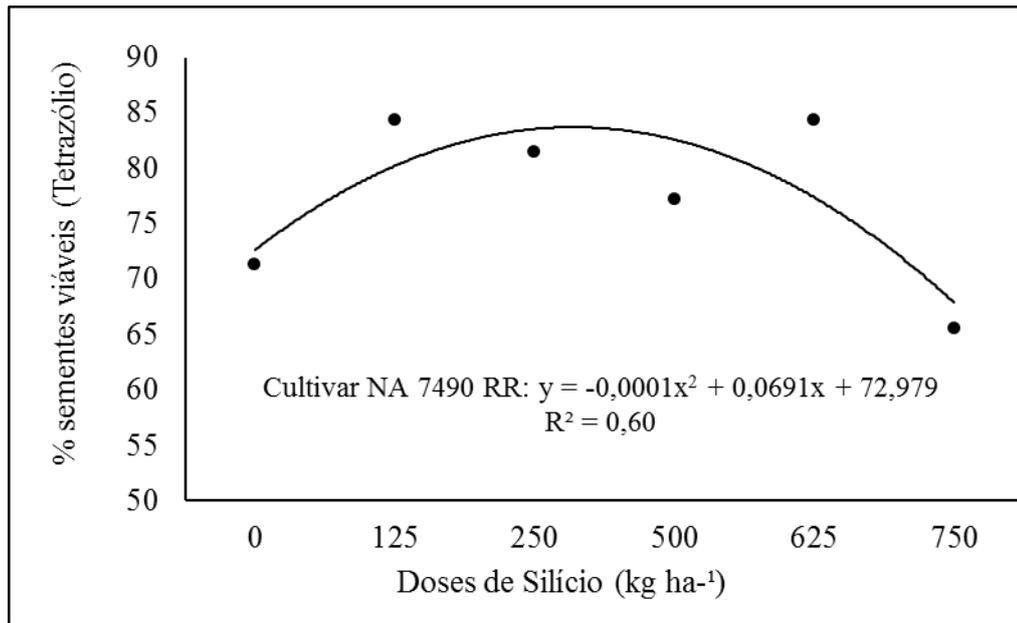


Figura 15. Variação de sementes viáveis da cultivar NA 7490 RR, medidas pelo teste de Tetrazólio, em função de doses crescentes de Si. Ipameri (GO), 2015.

5. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados, pode-se concluir que:

- Doses de silício não interferem na produtividade de sementes de soja;
- A cultivar NA7490 RR produziu sementes com melhor qualidade fisiológica independente da aplicação de silício;
- A aplicação de doses de silício influenciou a viabilidade das sementes da cultivar NA 7490 RR até a dose de $345,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de Si;

6. BIBLIOGRAFIA

- BATISTA, K. **Resposta do capim marandu a combinações de doses de nitrogênio e enxofre**. 2002. 91p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- BORÉM, A.; ALMEIDA, L. A.; KIIHL, R. A. S. Hibridização em soja. **Hibridização artificial de plantas**. Viçosa/MG, v. 02, n. 01, p. 443-462. 1999.
- BRADY, N.C. **The nature and properties of soil**. 10.ed. New York: Macmillan, 1992, p. 179 – 200.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, v. 01, p. 399. 2009.
- CHÉRIF, M.; ASSELIN, A.; BELEANGER, R. R. Defense responses induced by soluble silicon in cucumber rootsinfected by *Pythium* spp. **Phytopathology**, St. Paul, v. 84, n. 3, p. 236-242, 1994.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. 2015. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 15/01/2016.
- DATNOFF, L.E.; RODRIGUES F.A.; SEEBOLD, K.W. Silicon and Plant Nutrition. **Mineral nutrition and plant disease**. Saint Paul, p. 233-246. 2007.
- EGLI, D.B.; WIRALAGA, R.A.; BUSTAMAM, T.; YU,Z.W.; TEKRONY, D.M. Time of flower opening and seed mass ins soybean. **Agronomy Jornal**. v.79, n.4, p.697-700, 1987.
- EMBRAPA SOLOS. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília-DF, 2013, 3 ed. 353p. EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, Goiânia, GO. Home Page. 2012. Disponível em: <http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>. Acesso em: 10 dez. 2015.
- HUMBERTO, G. S. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – 3 ed. rev. ampl. – Brasília, DF : Embrapa, p. 353. 2013.
- EPSTEIN, E. Plants and inorganic nutrients. **Introduction to plant physiology**. New York. John Wiley. v. 02. p. 61-67. 1999.
- FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P. da. O teste de tetrazólio em sementes de soja. **EMBRAPA-CNPSO – Documentos 116**. v.1. n.1. p.72. 1998.
- FRANÇA NETO, J. B.; PÁDUA, G. P.; CARVALHO, M. L. M.; COSTA, N. P. da; HENNING, A. A.; SANCHES, D. P. Semente esverdeada de soja e sua qualidade fisiológica. **Embrapa soja. Circular técnica 38**. Londrina: Embrapa Soja, v.1, n.1, p.4, 2005.
- GOMES, F.B.; MORAES, J.C.; SANTOS, C.D.; ANTUNES, C.S. Uso de silício como indutor de resistência em batata a *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**. Londrina, v.37, n.2, p.185-190. 2008.
- HARTER, F. S.; BARROS, A. C. S. A. Cálcio e silício na produção e qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 54-60, 2011.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J.; Evolução e perspectiva de desempenho econômico associados com a produção de soja nos contextos mundial e brasileiro. **Documentos / Embrapa Soja**, Londrina: Embrapa soja. v. 3, n. 319, p. 45, 2011.

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T. Vigor de sementes e competição intra-específica em soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n.6, p.1248-1256, 2005.

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T. Crescimento inicial de soja em função do vigor das sementes. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 2, p. 163-166, 2006.

KRZYZANOWSKI, F. C., GILIOLI, J.L., MIRANDA, L.C. Produção de sementes nos cerrados. In: Arantes, N. E., Souza, P. I. M. **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: Potafós, P. 465-513, 1993.

LIANG, Y.C.; SUN W.C.; SI J.; RÖMHELD V. Effects of foliar and root applied silicon on the enhancement of induced resistance to powdery mildew in *Cucumis sativus*. **Plant Pathology**, v. 1, n. 54, p. 678-685, 2005.

LIMA, L.M. **Manejo da ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow & P. Sydow)**. 2006. 81p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

LIMA FILHO, O. F. História e uso do silicato de sódio na agricultura. **Embrapa Agropecuária Oeste**, Dourados/MS, v.1, n.1, p. 112, 2009.

LOEFFLER, T.M.; TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v.12, n.1,p.37-53, 1988.

LOUSADA, P. T. C. **Eficiência de uma escória de siderurgia como corretivo e fertilizante do solo**. 1987. 52p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1987.

MA, J. F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plant. **Silicon in agriculture**. New York: Elsevier Science, v. 1, p. 17-39. 2001.

MARCOS FILHO, J.; CICERO, S.M.; SILVA, W.R. **O teste de tetrazólio**. Piracicaba: ESALQ/Departamento de Agricultura e Horticultura, 1987. 40p.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, v.12, n.1, p.495, 2005.

MARCOS FILHO, J.; NOVENBRE, A. D. L. C. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de hortaliças. **Tecnologia de sementes de hortaliças**, Brasília/DF, v. 01, n. 01, p. 185-243, 2009.

MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. Introdução e evolução da soja no Brasil e no Estado de São Paulo. **A soja no Brasil**. Campinas, v.1, n.1, p.24-25. 1981.

MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Effect of silicon on the growth of soybean plants in a solution culture. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.31, p.625-636, 1985.

MITANI N.; MA, J.F. Uptake system of silicon in different plant species. **Journal of Experimental Botany**. v. 1, n. 1, p. 1255-1261, 2005.

MOREIRA, A. R.; FAGAN, E. B.; MARTINS, K. V.; SOUZA, C. H. E. Resposta da cultura de soja a aplicação de silício foliar. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 3, p. 413-423, 2010.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, v.1, n.1, p.2.1-2.24. 1999.

NOVAIS, R.F. Recomendação de adubação de *Soja*. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5a. aproximação**. Viçosa, Minas Gerais. v. 1, n. 1, p. 290-291. 18.4.15. 1999.

OLIVEIRA, S.; DIAS L. W.; LEMES, E. S.; BRUNES, A. P.; LEITZKE, I. D.; MENEGUELLO, G. E. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com cinza de arroz carbonizada. In: XV ENPOS – Encontro de Pós Graduação UFPEL 2013. n. 15. 2013. Pelotas/RS. Disponível em: <http://www.ufpel.edu.br/enpos/2013/?sec=anais>, Acessado em: 15/01/2016.

PANDEY, J.P.; TORRI, E.J.H. Path coefficient analysis of seed yield components in soybean *Glycine max* (L) Merrill. **Crop Science**, Madison, v.13, n.5, p.505 – 507, 1973.

PEREIRA JUNIOR, P.; REZENDE, P. M.; MALFITANO, S. C.; LIMA, R. K.; ORRÊA, L. V. T. Efeito de doses de silício sobre a produtividade e características agronômicas da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 908-913, 2010.

PIRES, J.L.F.; COSTA, J.A.; THOMAS, A.L. Rendimento de grãos de soja influenciado pelo arranjo de plantas e níveis de adubação. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.4, n.2, p.183-188, 1998.

RAIJ, B.V. Fertilidade do solo e adubação. **Agronômica CERES/ Potafós**, Piracicaba/SP. 343p. 1991.

REIS, T. H. P.; GUIMARÃES, P. T. G.; FIGUEREDO, F. C.; POZZA, A. A. A.; NOGUEIRA, F. D.; RODRIGUES, C. R. O silício na nutrição e defesa de plantas. **Boletim técnico**, 82. Belo Horizonte: EPAMIG, v.1, n.1, p.124, 2007.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação. Viçosa: CFSEMG, p. 25-32. 1999.

RIBEIRO, A. B. **A liderança da soja no agronegócio de Goiás e do Brasil**. Emater, Goiás. 2015. Disponível em: www.emater.go.gov.br/w/10775. Acessado em: 15/01/2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: ArtMed, 954p. 2013.

TOLEDO, M.Z.; CASTRO, G.S.A.; CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P.; NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. Physiological quality of soybean and wheat seeds produced with alternative potassium sources. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, p.363-371, 2011.

USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Production, Supply and Distribuiton Online**, 2015. Disponível em: <http://www.usda.gov>. Acesso em: 15/01/2016.

ZAGO,A.S.;SILVA,C.A.T.da;SILVA,T.R.B.da;VIECELLI,C.A.;VERONA,E.;NOLLA, A. Efeito de doses de silício no desenvolvimento de soja. **Cultivando o Saber**, v.3, n.2, p.16-22, 2010.

ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A.; SILVEIRA JUNIOR, P. **Sistema de Análise Estatística para Microcomputadores. Manual de utilização**. Pelotas: UFPel, v. 2, n. 1, p. 177, 1987.