

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor,
o texto completo deste documento será
disponibilizado a partir de
18/08/2025.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

MARIANA CRISTINA BARBOSA

**DOSES E FONTES ALTERNATIVAS DE POTÁSSIO EM DIFERENTES ÉPOCAS
DE APLICAÇÃO NA CULTURA DA SOJA:
Residual na cultura do milho no Cerrado**

Ilha Solteira
2025

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA

MARIANA CRISTINA BARBOSA

**DOSES E FONTES ALTERNATIVAS DE POTASSIO EM DIFERENTES ÉPOCAS
DE APLICAÇÃO NA CULTURA DA SOJA:
Residual na cultura do milho no Cerrado**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Unesp como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrônômica (Sistemas de Produção)

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvida pela Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação

- B238d Barbosa, Mariana Cristina.
Doses e fontes alternativas de potássio em diferentes épocas de aplicação na cultura da soja: residual na cultura do milho no Cerrado / Mariana Cristina Barbosa. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2025
140 f. : il.
- Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Manejo e Conservação do Solo e da Água, 2025
- Orientador: Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho
Inclui bibliografia
1. *Glycine max* L. 2. *Zea mays* L. 3. Silicato de potássio. 4. Adubação potássica. 5. Produtividade de grãos.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

O uso de silicatos de potássio em épocas de aplicação e doses adequadas, contribuiu para melhorar as condições químicas do solo, a nutrição de plantas, promovendo sustentabilidade no sistema de rotação soja-milho.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

The use of potassium silicates at appropriate application times and doses contributed to improving soil chemical conditions and plant nutrition, promoting sustainability in the soybean-corn rotation system.

IMPACTO POTENCIAL DE ESTA INVESTIGACIÓN

El uso de silicatos de potasio en momentos y dosis de aplicación adecuadas contribuyó a mejorar las condiciones químicas del suelo y la nutrición de las plantas, promoviendo la sustentabilidad en el sistema de rotación soja-maíz.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: DOSES E FONTES ALTERNATIVAS DE POTÁSSIO EM DIFERENTES
ÉPOCAS DE APLICAÇÃO NA CULTURA DA SOJA: Residual na cultura do
milho no cerrado

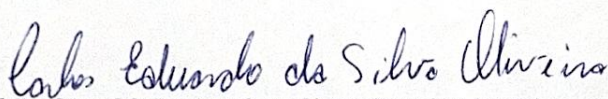
AUTORA: MARIANA CRISTINA BARBOSA

ORIENTADOR: MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO

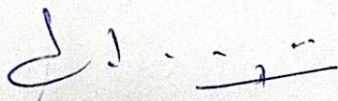
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Agronomia, área:
Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO (Participação Presencial)
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP



Prof. Dr. CARLOS EDUARDO DA SILVA OLIVEIRA (Participação Presencial)
Departamento de Agronomia / Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul - UEMS



Prof. Dr. EDSON LAZARINI (Participação Presencial)
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Socio-Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha
Solteira - UNESP

Ilha Solteira, 18 de fevereiro de 2025

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, aos meus pais, Célia e João Barbosa, pela oportunidade de apenas me dedicar aos estudos e ingressar em uma das melhores universidades do país, sem o incentivo deles não teria continuado e concluído o curso. A minha avó, Aparecida Ribeiro de Souza, *in memorian*, escolhi o curso em função dela, que adorava cuidar de plantas. Ao meu tio Mauro Barbosa que sempre me apoia, busca me questionar e me faz querer estudar mais. A todos meus familiares.

A todo o corpo docente que tive o privilégio de ter aula, em especial ao professor Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho, com quem trabalho desde o 2022, corrigiu meus erros, deu apoio, à oportunidade de fazer intercâmbio para Dinamarca, paciência e contribui muito para meu crescimento pessoal. Ao professor Bhim Bahadur Ghaley, professor da Universidade de Copenhagen, que me recebeu e me orientou durante o intercâmbio, e aos amigos que encontrei Albert Miquel Colom Bauza, Maria Paula Vargas, Saad Mir e Vaibhav Pradip Chaudhary.

Aos professores que compuseram minha banca de qualificação professor Edosson Cabral da Silva e Thiago Assis Rodrigues Nogueira.

Aos companheiros do laboratório de Nutrição de Plantas, em especial ao técnico Marcelo Rinaldi e assistente Kaway Nunes, e aos colegas que me ajudaram na parte prática do experimento Alice Cayres, Felipe Gualda, Guilherme Carlos, João Pedro Prado, João Victor Duran Nardocci, Karina da Silva, Leilane Linhares, Loiane Romão, Lucas Seleguin, Luiz Previatto, Matheus Fenelon, Matheus Parlato, Paula Souza e Pedro de Carvalho.

À CAPES pela bolsa de estudos durante o mestrado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

“Ninguém ignora tudo. Ninguém sabe tudo. Todos nós sabemos alguma coisa. Todos nós ignoramos alguma coisa. Por isso aprendemos sempre.”

Paulo Freire

RESUMO

No Brasil, existem diversas rochas silicáticas que podem ser utilizadas como fontes de K quando moídas, podendo reduzir o custo de produção na agricultura e a importação de fertilizantes potássicos. O presente estudo teve como objetivo verificar o efeito de épocas e doses de aplicação de fontes alternativas de potássio (Potasil "fonólito" ou Ekosil "Fonolito hidrotermalizado/Rocha potássica", ambas são silicato de potássio), na nodulação, componentes produtivos e produtividade da soja e residual no milho em sistema plantio direto no Cerrado. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (LV), com textura argilosa. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial 2x4x3, sendo: duas épocas de aplicação (antecipada e semeadura), quatro doses de K₂O (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹) e três fontes (KCl, Potasil "Fonolito" e Ekosil "Fonolito Hidrotermalizado/Rocha Potássica"). Os tratamentos com adubação potássica foram aplicados a lanço sem incorporação ao solo. Independentemente da fonte de potássio e do momento da aplicação, o fornecimento de 78 kg ha⁻¹ de K₂O proporcionou maior produtividade de grãos de soja no primeiro ano em sistema de sequeiro sob plantio direto em Latossolo Vermelho de textura argilosa. O fornecimento antecipado de Ekosil aumentou a massa de nódulos em comparação ao Potasil e KCl. Doses maiores de KCl diminuíram a massa de nódulos por planta de soja. Ekosil e Potasil por serem menos suscetíveis à lixiviação e têm efeito prolongado na liberação de K. São opções viáveis para o fornecimento de potássio em relação ao uso de KCl. Houve efeitos benéficos do uso de fontes de K₂O associadas ao Si no cultivo de soja, cuja aplicação antecipada de Ekosil, na dose de 40 kg ha⁻¹ de K₂O, promoveu maior eficiência agrônômica da adubação potássica para a soja. Portanto, estes possuem potencial para uso como fonte alternativa ao KCl no cultivo de soja, com teores adequados de potássio no solo. A produtividade de grãos de milho foi influenciada pelo residual da adubação potássica na soja, com dose ótima variando de 63,35 a 100,45 e kg ha⁻¹ de K₂O, no primeiro e segundo ano, independentemente do adubo potássico. A dose de 40 kg ha⁻¹ de K₂O proporcionou a maior eficiência agrônômica. As épocas de aplicação de potássio não interferem na produtividade de grãos de milho, pode ser aplicado 30 dias antes ou na semeadura da soja. Dentre as fontes de potássio, o Ekosil proporcionou maior eficiência agrônômica e produtividade de grãos de milho, não diferindo do Potasil para este último no primeiro ano. O uso de fontes alternativas de potássio em épocas de aplicação e doses otimizadas, contribuiu para melhorar as condições químicas do solo, a nutrição de plantas, promovendo sustentabilidade no sistema de rotação soja-milho.

Palavras-chaves: *Glycine max* L.; *Zea mays* L.; silicato de potássio; adubação potássica; produtividade de grãos.

ABSTRACT

In Brazil, there are several silicate rocks that can be used as K sources when ground, which can reduce the production cost in agriculture and the import of potassium fertilizers. The present study aimed to verify the effect of application times and doses of alternative potassium sources (Potasil "phonolite" or Ekosil "Hydrothermalized phonolite/potassic rock") on nodulation, productive components and productivity of soybean and residual in corn in a no-tillage system in the Brazilian Cerrado. The soil of the experimental area is classified as Dystrophic Oxisol, with clayey texture. The experimental design was randomized blocks, in a 2x4x3 factorial scheme, with two application times (early application and sowing), four K₂O rates (0, 40, 80 and 120 kg ha⁻¹) and three sources (KCl, Potasil "Fonolito" and Ekosil "Fonolito Hidrotermalizado/Rocha Potássica"). The potassium fertilization treatments were broadcast without soil incorporation. Regardless of the potassium source and application time, the supply of 78 kg ha⁻¹ of K₂O provided greater soybean grain yield in the first year in a rainfed system under no-tillage in a clayey Oxisol. The early supply of Ekosil increased the nodule mass compared to Potasil and Potassium Chloride. Higher doses of KCl decreased the mass of nodules per soybean plant. Ekosil and Potasil, because they are less susceptible to leaching and have a prolonged effect on K release, are viable options for potassium supply in relation to the use of KCl. There were beneficial effects of the use of K₂O sources associated with Si in soybean cultivation, in which the early application of Ekosil, at a dose of 40 kg ha⁻¹ of K₂O, promoted greater agronomic efficiency of potassium fertilization for soybean. Therefore, these have potential for use as an alternative source to KCl in soybean cultivation, with adequate potassium levels in the soil. Corn grain yield was influenced by the residual potassium fertilization in soybean, with an optimal dose ranging from 63.35 to 100.45 kg ha⁻¹ of K₂O, in the first and second years, regardless of the potassium fertilizer. The 40 kg ha⁻¹ K₂O dose provided the greatest agronomic efficiency. The timing of potassium application does not interfere with corn grain yield, regardless of whether it is applied 30 days before or at soybean sowing. Among the potassium sources, Ekosil provided greater agronomic efficiency and corn grain yield, with no difference from Potasil for the latter in the first year. The use of alternative potassium sources with optimized timing and doses, contributed to improving soil chemical conditions, plant nutrition, promoting sustainability in the soybean-corn rotation system.

Keywords: *Glycine max* L.; *Zea mays* L.; potassium silicate; potassium fertilization; grain yield.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área experimental	28
Figura 2. Precipitação pluvial e temperatura média registrada durante os experimentos de soja e milho, no período de novembro 2021 a outubro de 2023, em Selvíria - MS.	29
Figura 3. Médias da massa de nódulos de soja (g planta^{-1}) sob interação entre diferentes fontes e épocas de aplicação de fertilizantes potássicos; Letras minúsculas distintas entre as fontes de K_2O , letras maiúsculas distintas entre épocas são diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.	34
Figura 4. a) Interação entre doses x fontes de K_2O para massa de nódulos, com letras minúsculas distintas entre as fontes de K_2O se diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; b) Massa de nódulos, em média, na soja em função de doses de K_2O no Ano 1.....	35
Figura 5. a) Efeito significativo épocas e fontes de K_2O para o Ano 1 e Ano 2, letras minúsculas distintas entre fontes e maiúsculas distintas entre épocas diferente a 5% pelo teste F. b) Efeito significativo épocas e doses de K_2O para o Ano 1 e Ano 2, letras minúsculas distintas entre épocas diferentes a 5% pelo teste F.	37
Figura 6. a) Efeito isolado doses para teor de potássio. b) Efeito isolado da época para teor de potássio, letras distintas diferem à 5% pelo teste F.	39
Figura 7. a) Efeito fontes para teor de silício, letras distintas diferem à 5% pelo teste F. b) Interação fonte e dose para teor de Si, letras distintas diferem à 5% pelo teste F. c) Interação dose e época para teor de Si, letras distintas diferem à 5% pelo teste F.	40
Figura 8. a) Efeito isolado fonte para teor de sódio, distintas diferem à 5% pelo teste F. b) Interação fonte e dose para teor de sódio, letras distintas diferem à 5% pelo teste F.	41
Figura 9. a) Interação dose e época para altura de planta, letras distintas para época à 5% pelo teste F. b) Efeito isolado da época para altura de inserção de primeira vagem, letras distintas para época à 5% pelo teste F. c) Interação fonte e dose para inserção de primeira vagem, letras distintas para fontes à 5% pelo teste F. d) Interação dose e época para inserção de primeira vagem, letras distintas para época à 5% pelo teste F.	43
Figura 10. a) Efeito isolado de fonte para altura de planta, letras distintas para fonte à 5% pelo teste F. b) Interação fonte e dose para altura de planta, letras distintas para fonte à 5% pelo teste F. c) Interação dose e época para altura de planta, letras distintas para época à 5% pelo teste F. d) Interação fonte e época para altura de planta, letras minúsculas distintas para fonte e maiúsculas para época à 5% pelo teste F.	46
Figura 11. a) Interação fonte e dose para DC, letras distintas para F à 5% pelo teste F. b) Interação Dose e época para CE, letras distintas para E à 5% pelo teste F. c) Interação fonte e época para ICF, letras minúsculas distintas para F e maiúsculas para E à 5% pelo teste F. d) Interação fonte e dose para NFE, letras distintas para F à 5% pelo teste F.	48
Figura 12. a) Efeito isolado da dose para IPE. b) Efeito isolado da fonte para IPE. c) Interação dose e época para palhada, letras distintas para época à 5% pelo teste F. d) Interação fonte e dose para palhada, letras distintas para F à 5% pelo teste F. e) Interação fonte e época para palhada, letras minúsculas distintas para fonte e maiúsculas para época à 5% pelo teste F. d) Interação fonte e dose para NFE, letras distintas para fonte à 5% pelo teste F.	50
Figura 13. a) Efeito isolado da dose para NV. b) Interação fonte e dose para palhada, letras distintas para fonte à 5% pelo teste F. c) Interação fonte e época para palhada, letras minúsculas	

distintas para fontes e maiúsculas para época à 5% pelo teste F. d) Efeito isolado das doses para Prod.....	52
Figura 14. Massa de 100 grãos na soja em função de doses de K ₂ O na safra Ano 2, letras minúsculas distintas para F à 5% pelo teste F.	54
Figura 15. a) Efeito isolado dose para NGE. b) Interação fonte e época para NGE, letras minúsculas distintas para fontes e maiúsculas para épocas à 5% pelo teste F. c) Interação dose e época para NGE, letras minúsculas distintas para épocas à 5% pelo teste F. d) Interação fonte e dose para NGE, letras minúsculas distintas para fonte à 5% pelo teste F.	56
Figura 16. a) Interação dose e época com letras distintas para épocas a 5% pelo teste F. b) Interação fonte e dose com letras distintas para fontes a 5% pelo teste F.	57
Figura 17. a) Interação dose e época com letras distintas para épocas a 5% pelo teste F. b) Interação fonte e dose com letras distintas para fontes a 5% pelo teste F.	58
Figura 18. a) Efeito isolado das doses para EA. B) Efeito isolado das fontes para EA com letras distintas para fontes a 5% pelo teste F. c) Interação dose e época para EA com letras distintas para época a 5% pelo teste F. d) Interação entre fonte e dose para EA, letras distintas para época a 5% pelo teste F.	60
Figura 19. a) Efeito isolado das fonte para EA. B) Interação dose e época para EA com letras distintas para época a 5% pelo teste F. c) Interação fonte e dose para EA com letras distintas para fonte a 5% pelo teste F. d) Interação entre fonte e época para EA, letras minúsculas distintas para fonte e maiúsculas época diferem pelo teste de Tukey.	63
Figura 20. a) Interação fonte e época para N, letras minúsculas distintas para época, letras maiúsculas distintas para F. b) Efeito isolado época para N, com letras distintas para época a 5% pelo teste F. c) Interação fonte e dose para EA com letras distintas para fonte a 5% pelo teste F.	65
Figura 21. a) Interação fonte e dose para P, letras minúsculas distintas para fonte a 5% pelo teste F. b) Efeito isolado fonte para P, com letras distintas para fonte a 5% pelo teste F. c) Interação dose e época para P com letras distintas para fonte a 5% pelo teste F.	66
Figura 22. a) Efeito isolado das fonte, letras distintas diferem entre si a 5% pelo teste F. b) Efeito isolado das época, letras distintas diferem entre si a 5% pelo teste F. c) Interação fonte e dose para K, letras minúsculas distintas para fonte a 5% pelo teste F.	67
Figura 23. a) Efeito isolado das dose, letras distintas diferem entre si a 5% pelo teste F. b) Efeito isolado das época, letras distintas diferem entre si a 5% pelo teste F. c) Interação dose e época para Ca, letras minúsculas distintas para época a 5% pelo teste F.	69
Figura 24. a) Efeito das doses para acúmulo de Mg, letras distintas diferem entre si a 5% pelo teste F. b) Efeito das épocas para acúmulo de Mg, letras distintas diferem entre si a 5% pelo teste F.	70
Figura 25. a) Efeito isolado da época para S, letras distintas diferem entre si a 5% pelo teste F. b) Interação fonte e dose para S, letras minúsculas distintas para F a 5% pelo teste F.	71
Figura 26. a) Efeito isolado de época em Cu, letras distintas diferem entre si a 5% pelo teste F. b) Interação fonte e dose para Cu, letras distintas para fontes à 5% pelo teste F.	73
Figura 27. a) Interação fonte e dose para Fe, letras minúsculas distintas para fonte a 5% pelo teste F. b) Interação dose e época para Fe, letras minúsculas distintas para F a 5% pelo teste F. c) Efeito isolado das doses para Fe.	74

Figura 28. a) Efeito da fonte para zinco, letras minúsculas distintas para fonte a 5% pelo teste F. b) Interação entre dose e época para zinco Ano 2, letras minúsculas distintas para época a 5% pelo teste F. c) Interação entre dose e fonte para zinco Ano 2, letras minúsculas distintas para fonte a 5% pelo teste F.....	75
Figura 29. a) Interação fonte e época para Si, letras minúsculas distintas de época dentro da interação, letras maiúsculas distintas de fonte dentro época pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade. b) Interação fonte e dose para Si, letras minúsculas distintas de época dentro da interação.....	76
Figura 30. Interação das doses com F para B a 5% pelo teste F.	77
Figura 31. a) Interação entre doses e época para sódio, letras diferem entre si para época pelo teste F. b) Interação entre doses e fonte para sódio, letras diferem entre si para fonte pelo teste F.....	78
Figura 32. a) Interação entre dose e fonte para N, com letras distintas entre fontes à 5% pelo teste F. b) Interação entre dose e fonte para P, com letras distintas entre fontes à 5% pelo teste F.....	81
Figura 33. a) Interação entre dose e fonte para K, com letras distintas entre fontes à 5% pelo teste F. b) Interação entre dose e época para K, com letras distintas entre fontes à 5% pelo teste F. c) Interação fonte e época para K, letras minúsculas distintas de época dentro da interação, letras maiúsculas distintas de F dentro pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.	82
Figura 34. a) Interação entre dose e época para Ca, com letras distintas entre fontes à 5% pelo teste F. b) Interação entre dose e fonte para Ca, com letras distintas entre fontes à 5% pelo teste F. c) Interação fonte e época para Ca, letras minúsculas distintas de época dentro da interação, letras maiúsculas distintas de F dentro pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.	84
Figura 35. a) Interação fonte e época para Mg, letras minúsculas distintas de época dentro da interação, letras maiúsculas distintas de F dentro pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade. b) Interação entre dose e época para Mg, com letras distintas entre época à 5% pelo teste F. c) Interação entre dose e fonte para Mg, com letras distintas entre fontes à 5% pelo teste F.....	85
Figura 36. a) Interação entre dose e época para S, com letras distintas entre fontes à 5% pelo teste F. b) Interação entre dose e fonte para S, com letras distintas entre fontes à 5% pelo teste F.	86
Figura 37. a) Efeito isolado das fontes das Zn, letras distintas para fontes a 5% pelo teste F. b) Efeito isolado das épocas para Zn, letras distintas para épocas a 5% pelo teste F.	88
Figura 38. a) Interação dose e fonte para Fe, com letras distintas entre fonte a 5% pelo teste F. b) Efeito da interação entre dose e época para manganês, letras distintas entre época a 5% pelo teste F. c) Efeito da interação entre dose e fonte para manganês, letras distintas entre fonte a 5% pelo teste F. d) Efeito da interação época e fonte para Mn, letras minúsculas distintas para época, letras maiúsculas distintas para F.	90
Figura 39. a) Efeito interação época e fonte para silício, letras minúsculas distintas para época, letras maiúsculas distintas para F. d) Efeito da interação entre doses e fontes para silício, letras distintas diferem entre si pelo teste F.	91
Figura 40. a) Interação dose e época para sódio, letras diferem entre si pelo teste F. b) Interação fonte e época para sódio, letras minúsculas distintas para época, letras maiúsculas distintas para	

F. c) Efeito da interação entre doses e fontes para sódio, letras distintas diferem entre si pelo teste F.....	93
Figura 41. a) Efeito da interação entre dose e época para N, letras distintas para época a 5% pelo teste F. b) Efeito da interação para fontes e doses para N, letras distintas para fontes a 5% pelo teste F.....	95
Figura 42. Efeito da interação para fontes e doses para P, letras distintas entre as fontes dentro de dose a 5% pelo teste F.....	96
Figura 43. a) Efeito da interação entre dose e época de aplicação para K, letras distintas entre as épocas dentro de doses a 5% pelo teste F. b). Efeito da interação entre dose e época para K. Letras distintas entre as fontes dentro de dose a 5% pelo teste F.....	97
Figura 44. a) Efeito da interação para fonte e dose para Ca, letras distintas para fontes a 5% pelo teste F. b) Efeito da interação entre dose e época para Ca, letras distintas para época a 5% pelo teste F. c) Interação fonte e época para Ca, letras minúsculas distintas para fontes e maiúsculas para época a 5% pelo teste F.....	98
Figura 45. a) Efeito isolado de época para Mg, letras diferem entre si a 5% pelo teste F. b) Efeito da interação entre dose e fonte de aplicação para Mg, letras distintas para fontes a 5% pelo teste F. c). Efeito da interação entre dose e época para Mg, letras distintas para época a 5% pelo teste F.....	99
Figura 46. a) Efeito isolado das doses para S. b) Efeito da interação entre época e fonte para S, letras minúsculas distintas para fontes e maiúsculas para época a 5% pelo teste F. c) Interação entre dose e época para S, letras distintas para época a 5% pelo teste F.....	100
Figura 47. a) Efeito isolado do Zn, letras distintas diferem entre si a 5% pelo teste F. b) Efeito isolado para Zn, letras distintas diferem entre si pelo teste F à 5% de probabilidade.....	101
Figura 48. a) Efeito da interação das doses com época para Mn, letras distintas para época a 5% pelo teste F. b) Interação época e fonte para Mn, letras minúsculas distintas para fontes e maiúsculas para época a 5% pelo teste F. c) Interação dose e fonte para Mn, letras distintas para fontes a 5% pelo teste F.....	103
Figura 49. a) Interação dose e época para Si, letras distintas para época a 5% pelo teste F. b) Interação dose e fonte para Si, letras distintas para fontes a 5% pelo teste F. c) Interação fonte e época para Si, letras minúsculas distintas para fontes e maiúsculas para época a 5% pelo teste F.....	105
Figura 50. Interação época e fonte para B, letras minúsculas distintas para fontes e maiúsculas para época a 5% pelo teste F.	106
Figura 51. a) Interação dose e fonte para N, letras distintas para fontes a 5% pelo teste F. b) Interação dose e época para N, letras distintas para época a 5% pelo teste F.	108
Figura 52. a) Interação dose e época para P, letras distintas para época a 5% pelo teste F. b) Interação época e fonte para P, letras minúsculas distintas para fontes e maiúsculas para época a 5% pelo teste F.....	109
Figura 53. a) Efeito isolado de fonte para K, letras distintas se diferem a 5% pelo teste F. b) Efeito da interação entre dose e época para K, letras distintas para época a 5% pelo teste F. c) Efeito da interação de dose e fonte para K letras distintas para fontes a 5% pelo teste F.....	110
Figura 54. a) Interação época e dose para Ca, letras distintas diferem entre si para fontes a 5% pelo teste F. b) Interação fonte e época para Ca, letras minúsculas distintas diferem entre si para fontes e maiúsculas diferem entre si para época a 5% pelo teste F.....	111

Figura 55. a) Efeito da interação de dose e fonte para Mg, letras distintas diferem entre si para fontes a 5% pelo teste F. b) Efeito da interação entre dose e época para Mg, letras distintas diferem entre si para época a 5% pelo teste F. c) Efeito da interação entre época e fonte para Mg, letras minúsculas distintas diferem entre si para fontes e maiúsculas diferem entre si para época a 5% pelo teste F.	112
Figura 56. a) Efeito da interação de dose e época para S, letras distintas diferem entre si para época a 5% pelo teste F. b) Efeito da interação entre dose e fonte para S, letras distintas diferem entre si para fontes a 5% pelo teste F. c) Efeito da interação época e fonte para S, letras minúsculas distintas diferem entre si para fontes e maiúsculas diferem entre si para época a 5% pelo teste F.....	114
Figura 57. a) Efeito isolado das fontes para Cu, letras distintas diferem entre si a 5% pelo teste F. b) Efeito isolado das dose para Cu, letras distintas diferem entre si a 5% pelo teste F. c) Interação entre época e dose para Cu, letras distintas diferem entre si para época a 5% pelo teste F.	116
Figura 58. a) Efeito isolado das doses para Fe. b) Efeito isolado das fontes para Fe, letras distintas diferem entre si a 5% pelo teste F.. c) Interação entre fonte e dose para Fe letras distintas diferem entre si para fontes a 5% pelo teste F.. d) Interação entre fonte e época para Fe, letras minúsculas distintas diferem entre si para fontes e maiúsculas diferem entre si para época a 5% pelo teste F.	117
Figura 59. a) Interação das doses e época para Mn, letras distintas diferem entre si para época a 5% pelo teste F. b) Interação das fonte e época para Mn, letras minúsculas distintas diferem entre si para fontes e maiúsculas diferem entre si para época a 5% pelo teste F. c) Interação das dose e fonte para Mn, letras distintas diferem entre si para fontes a 5% pelo teste F.	118
Figura 60. a) Efeito isolado das dose para Zn. b) Efeito isolado das fonte para Zn, letras distintas diferem entre si a 5% pelo teste F. c) Interação das dose e época para Zn, letras distintas diferem entre si para época a 5% pelo teste F. d) Interação das fonte e dose para Mn, letras distintas diferem entre si para fontes a 5% pelo teste F.	119
Figura 61. a) Interação da fonte e dose para Si, letras distintas diferem entre si para fontes a 5% pelo teste F. b) Interação da época e dose para Si, letras distintas diferem entre si para época a 5% pelo teste F. c) Interação da época e fonte para Si, letras minúsculas distintas diferem entre si para fontes e maiúsculas diferem entre si para época a 5% pelo teste F.	121
Figura 62. a) Efeito isolado das fonte para sódio (Na), letras distintas diferem entre si a 5% pelo teste F. B) Interação da F e E para Na, letras minúsculas distintas diferem entre si para fontes e maiúsculas diferem entre si para época a 5% pelo teste F. c) Interação da época e dose para Na, letras distintas diferem entre si para época a 5% pelo teste F. d) Interação fonte e dose para Na, letras distintas diferem entre si para fonte a 5% pelo teste F.	123
Figura 63. a) Efeito isolado das fontes para B, letras distintas diferem entre si a 5% pelo teste F. b) Efeito isolado das épocas para B, letras distintas diferem entre si a 5% pelo teste F. c) Efeito isolado das doses para Si.	125
Figura 64. a) Efeito isolado das épocas da aplicação para fósforo, letras distintas diferem entre si a 5% pelo teste F. b) Efeito da interação entre dose e época para H+Al, letras distintas diferem entre si para época a 5% pelo teste F. c) Efeito da interação dose e fonte para CTC, letras distintas diferem entre si para fonte a 5% pelo teste F.	127

LISTA DE TABELA

Tabela 1. Análise química inicial do solo na profundidade de 0,00-0,20 m.	29
Tabela 2. Médias da massa de nódulos (MNOD) e massa seca da parte aérea (MSPA) para Ano 1 e Ano 2 de soja sob diferentes fontes, doses e épocas de aplicação de fertilizantes potássicos.....	33
Tabela 3. Médias da concentração foliar potássio, silício e sódio na folha diagnose na cultura da soja em diferentes fontes, doses e épocas de aplicação de fertilizantes potássicos, - Selvíria-MS 2021/22.	36
Tabela 4. Médias da concentração foliar de potássio, silício e sódio na folha diagnose da cultura do milho sob efeito residual de diferentes fontes, doses e épocas de aplicação de fertilizantes potássicos, - Selvíria – MS.	38
Tabela 5. Médias da massa de nódulos (MNOD), massa seca das raízes (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA), altura de plantas (Altura) e altura da inserção da primeira vagem (Inserção) de soja sob diferentes fontes, doses e métodos de aplicação de fertilizantes potássicos.....	42
Tabela 6. Médias de Altura, Inserção de primeira espiga, Comprimento de espiga e Número de fileiras por espiga na cultura do milho sob efeito residual de diferentes fontes, doses e épocas de aplicação de fertilizantes potássicos.	44
Tabela 7. Médias do número de vagens por planta (Nº vagens), número de grãos por planta (Nº grãos), massa de 100 grãos (M100), produtividade de grãos (PROD), palhada da colheita (Palhada) e eficiência agrônômica (AE) de soja sob diferentes fontes, Doses e métodos de aplicação de fertilizantes potássicos.	51
Tabela 8. Médias da quantidade de grãos por planta (grãos) e massa de 100 grãos (M100) de soja sob diferentes fontes, doses e épocas de aplicação de fertilizantes potássicos.	53
Tabela 9. Médias de Número de grãos por espiga, Diâmetro da espiga, Massa de 100 grãos e Produtividade de grãos de milho sob efeito residual de diferentes fontes, doses e épocas de aplicação de fertilizantes potássicos, Selvíria- MS 2021/22.	55
Tabela 10. Médias da eficiência agrônômica (EA) de soja sob fontes, doses e épocas de aplicação de fertilizantes potássicos.	59
Tabela 11. Médias eficiência agrônômica (EA) de soja sob fontes, doses e épocas de aplicação de fertilizantes potássicos.	61
Tabela 12. Médias para os macronutrientes na palhada de soja sob fontes, doses e épocas de aplicação de fertilizantes potássicos.	64
Tabela 13. Médias para os micronutrientes na palhada de soja sob fontes, doses e épocas de fertilizantes potássicos.	72
Tabela 14. Médias para os macronutrientes na palhada milho sob fontes, doses e épocas de aplicação de fertilizantes potássicos.	80
Tabela 15. Médias dos micronutrientes e silício na palhada milho sob fontes, doses e épocas de aplicação de fertilizantes potássicos.	87
Tabela 16. Médias para os macronutrientes nos grãos de soja sob fontes, doses e épocas de aplicação de fertilizantes potássicos.	94
Tabela 17. Médias para os micronutrientes, silício e sódio nos grãos de soja sob fontes, doses e épocas de aplicação de fertilizantes potássicos.	101

Tabela 18. Médias para os macronutrientes nos grãos de milho sob fontes, doses e épocas de aplicação de fertilizantes potássicos.	107
Tabela 19. Médias para os micronutrientes, silício e sódio nos grãos de milho sob fontes, doses e épocas de aplicação de fertilizantes potássicos.....	115
Tabela 20. Médias para potássio, silício e boro no solo após cultivos de soja, milho e soja sob fontes, doses e épocas de aplicação de fertilizantes potássicos.	124
Tabela 21. Médias para os atributos químicos após cultivo de milho sob residual de fontes, doses e épocas de aplicação de fertilizantes potássicos.....	126
Tabela 22. (continuação) Médias para os atributos químicos após cultivo de milho sob residual de fontes, doses e épocas de aplicação de fertilizantes potássicos.	128

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1	Adubação potássica na soja	20
2.2	Adubação potássica no milho	21
2.3	Doses, fontes e época de aplicação de fontes de K₂O	23
2.4	Adubação com silicato	26
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1	Caracterização e histórico da área experimental	28
3.2	Delineamento e tratamentos experimentais	30
3.4	Avaliações biométrica e pós-colheita	31
3.5	Análise dos dados	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1	Nodulação da Soja.....	33
4.2	Teor de potássio, silício e sódio na folha diagnose da soja e do milho.....	35
4.3	Componentes Biométricos	42
4.4	Componentes Produtivos.....	51
4.5	Eficiência Agronômica.....	59
4.6	Acúmulo de Nutrientes na Palhada	63
4.7	Acúmulo de Nutrientes nos Grãos	93
4.8	Atributos Químicos do Solo.....	124
5	CONCLUSÃO	129
	REFERÊNCIAS	130

1 INTRODUÇÃO

Diante do cenário global de mudanças climáticas a produtividade dos cultivos tem sido afetada comprometendo os ganhos econômicos e a segurança alimentar da população (Pathak *et al.*, 2018), e um dos grandes desafios é o aumento da produção sem a expansão de novas fronteiras agrícolas. Nas últimas décadas, o Brasil passou de importador a um dos maiores exportadores de alimentos do mundo. Nesse contexto, por ter área e água disponíveis para a expansão agrícola, é um país que também é responsável por atender à crescente demanda mundial por alimentos (Cavalheiro *et al.*, 2018; Resende *et al.*, 2018).

Sendo o maior produtor e exportador de soja (*Glycine max* L.) (Lovera, 2023), as áreas cultivadas vem crescendo. O que desperta preocupação quanto a adequada nutrição das plantas para que atinjam o potencial máximo das cultivares e trazendo maior retorno para o produtor (Macedo *et al.*, 2017; Natale *et al.*, 2018). O estado de Mato Grosso do Sul é o estado com 5º maior produção de soja do Brasil, com produção de 13,9 milhões de toneladas na safra 2022/2023, aumento de 55% superior a safra 2021/2022, e com aumento de 4,6% da área plantada com a cultura no estado, o que demonstra aumento da tecnologia e produção agrícola do estado (Companhia Nacional do Abastecimento - Conab, 2023a). Com relação a cultura do milho (*Zea mays* L.), o país é o maior exportador mundial de milho e o terceiro maior produtor mundial deste cereal (Lovera, 2023). A produção brasileira atingiu a marca 48 milhões de toneladas na safra 2022/2023 (Conab, 2023b). O uso das tecnologias como máquinas agrícolas, sementes geneticamente modificadas e bom manejo do solo são fundamentais para o aumento da produtividade de grãos (Herrendorf; Schoellman, 2015; Artuzo *et al.*, 2018).

Para se obter altas produtividades, a fertilidade do solo é um dos principais fatores responsáveis, para isso busca-se o uso adequado de calagem e adubações (Artuzo *et al.*, 2018; Yahaya *et al.*, 2022). A utilização de fertilizantes minerais é uma ferramenta eficiente e indispensável para o aumento expressivo da produtividade das culturas (Galvão *et al.*, 2014). Contudo, em média 85% dos fertilizantes minerais usados na agricultura brasileira são importados, o que influencia no custo de produção agrícola variando de acordo com a cotação dólar. Assim, existe uma crescente busca por fontes (F) alternativas de minerais sendo o pó de rocha (agrosilicatos) uma interessante opção para nutrientes como potássio (K), que exerce grande impacto na qualidade da cultura tendo influência positiva na massa individual de grãos de soja, no número de grãos por espiga (Silva *et al.*, 2020), regulação do fluxo de água, abertura e fechamento dos estômatos, ativador de várias enzimas envolvidas na respiração e na fotossíntese (Santos *et al.*, 2010), é predominantemente absorvido na forma iônica K^+ e seu

retorno ao solo é muito rápido, ocorrendo logo após a senescência das plantas (Pavinato *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2017).

No solo, o potássio é encontrado na solução, em quantidade para suprir parte das demandas das culturas (Rabêlo *et al.*, 2013), sendo o K trocável, encontrado ligado ionicamente às cargas negativas, que são a principal F que pode repor a solução para este ser absorvido pelas plantas (Faria *et al.*, 2012), ou seja, o K é absorvido quando está solúvel, seja no solo, seja em corpos hídricos (Guedes *et al.*, 2021; Pereira; Gomes, 2021). Contudo, a aplicação insuficiente de adubo potássico pode levar ao esgotamento das reservas do solo e a aplicação excessiva pode intensificar as perdas por lixiviação mesmo em solos com média e alta capacidade de troca catiônica (Han *et al.*, 2021). De acordo com Brito, Rolim e Pedrosa (2021), há aumento da concentração de K^+ na solução lixiviada, na medida em que a quantidade de K_2O aplicado no solo aumenta. Portanto, o manejo correto da adubação potássica pode minimizar perdas e evitar o esgotamento de K do solo (Malaquias; Santos, 2017).

Dentre os fertilizantes potássicos, o cloreto de potássio (KCl) é o mais utilizado no Brasil, porém constam na literatura, perdas por lixiviação de K na ordem de 50-70% (Wu; Liu, 2008). Neste contexto, Vieira e Teixeira (2004) mencionam que os fertilizantes revestidos por polímeros são mais eficientes quando comparados com fertilizantes convencionais pois conferem menores perdas de nutrientes por lixiviação (Zahrani, 2000). Como no Brasil existem várias rochas silicáticas abundantes, que são aglomerados de minerais com desagregação dissolução lenta no seu estado natural, tornam-se uma possibilidade como F de K em sua forma moída (Resende *et al.*, 2005). Como o produto libera os nutrientes gradativamente, pode atender melhor a necessidade de cada cultura, diminuindo possíveis danos às raízes pela alta concentração de sais e com distribuição mais homogênea dos nutrientes, favorecendo o fornecimento e a demanda fisiológica da planta (Rossa, 2008).

A hipótese testada foi que haverá maior eficiência na absorção de K pela soja com época de aplicação antecipada de Potasil (fonolito) ou Ekosil (fonolito Hidrotermalizado/Rocha Potássica “com menor concentração de sódio”), fontes de silicato de potássio na cultura da soja, com maior possibilidade de efeito residual da aplicação de doses de potássio na forma de fonolito ou fonolito Hidrotermalizado/Rocha Potássica no cultivo do milho segunda safra, cultivado em sucessão. Assim, o presente estudo teve como objetivo verificar a melhor dose, época de aplicação e fonte de potássio na cultura da soja, além do efeito residual de épocas de aplicação e doses de fontes alternativas de potássio (Potasil “fonolito” ou Ekosil “fonolito Hidrotermalizado/Rocha Potássica”), na cultura do milho em sistema plantio direto no Cerrado.

5 CONCLUSÃO

5.1 Soja

Independentemente da fonte de potássio e do momento da aplicação, o fornecimento de 78 kg ha⁻¹ de K₂O proporcionou maior produtividade de grãos de soja no primeiro ano em sistema de sequeiro sob plantio direto em Latossolo Vermelho de textura argilosa.

O fornecimento antecipado de Ekosil aumentou a massa de nódulos em comparação ao Potasil e KCl. Doses maiores de KCl diminuíram a massa de nódulos por planta de soja.

Ekosil e Potasil por serem menos suscetíveis à lixiviação, têm efeito prolongado na liberação de K. São opções viáveis para o fornecimento de potássio em relação ao uso de KCl. Houve efeitos benéficos do uso de fontes de K₂O associadas ao Si no cultivo de soja, cuja aplicação antecipada de Ekosil, na dose de 40 kg ha⁻¹ de K₂O, e do Potasil promoveram maiores eficiências agronômicas da adubação potássica para a soja. Portanto, estes possuem potencial para uso como fonte alternativa ao KCl no cultivo de soja, em solo com teor médio de potássio.

5.2 Milho

A produtividade de grãos de milho foi influenciada pelo residual da adubação potássica na soja, com dose ótima variando de 63,35 a 100,45 e kg ha⁻¹ de K₂O, no primeiro e segundo ano, independentemente do adubo potássico. A dose de 40 kg ha⁻¹ de K₂O proporcionou a maior eficiência agronômica.

As épocas de aplicação de potássio não interferem na produtividade de grãos de milho, tanto faz aplicar 30 dias antes ou na semeadura da soja. Dentre as fontes de potássio, o Ekosil proporcionou maior eficiência agronômica e produtividade de grãos de milho, não diferindo do Potasil para este último no primeiro ano.

O uso de fontes alternativas de potássio em épocas de aplicação e doses otimizadas, contribuiu para melhorar as condições químicas do solo e a nutrição de plantas, promovendo sustentabilidade no sistema de sucessão soja-milho.

REFERÊNCIAS

- AGEGNEHU, G. *et al.* Extent and management of acid soils for sustainable crop production system in the tropical agroecosystems: a review. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science**, Copenhagen, v. 71, n. 9, p. 852–869, 2021.
- ARTUZO, F. D. *et al.* Gestão de custos na produção de milho e soja. **Review of Business Management**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 273–294, 2018.
- ATTIPOE, J. Q. *et al.* Evaluating the effectiveness of calcium silicate in enhancing soybean growth and yield. **Plants**, Basel, v. 12, n. 11, p. 2190, 2023.
- BADER, B. R. *et al.* Potassium availability in soil amended with organic matter and phosphorous fertiliser under water stress during maize (*Zea mays* L) growth. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, Riyadh, v. 20, n. 6, p. 390–394, 2021.
- BARLÓG, P. Improving fertilizer use efficiency: methodoses and strategies for the future. **Plants**, Basel, v. 12, n. 20, p. 3658, 2023.
- BERNARDI, A. C. C. *et al.* Doses e formas de aplicação da adubação potássica na rotação soja, milheto e algodão em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 2, p. 158–167, 2009. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/3519/4782>. Acesso em: 12 fev. 2025.
- BHAT, M. A. *et al.* Soil and mineral nutrients in plant health: a prospective study of iron and phosphorus in the growth and development of plants. **Current Issues in Molecular Biology**, Basel, v. 46, n. 6, p. 5194–5222, 2024.
- BORKERT, C. M. *et al.* Efeito residual da adubação potássica sobre girassol e milho, em três diferentes Latossolos Roxos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, n. 12, p. 1227–1234, 1997. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/45575/1/EFEITO-RESIDUAL-DA-ADUBACAO-POTASSICA.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2025.
- BRITO, F. L.; ROLIM, M. M.; PEDROSA, E. M. R. Teores de potássio e sódio no lixiviado e em solos após a aplicação de vinhaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 52–56, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/fyLtbg765gD9CjSgSqbLNwR/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12 abr. 2025.
- CANTARELLA, H. *et al.* **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 2022. (Boletim 100).
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; CAMARGO, C. E. O. Cereais. *In*: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de calagem e adubação para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1997. 285 p. (Boletim técnico, 100).
- CAO, Y. *et al.* MYB transcription factors as regulators of secondary metabolism in plants. **Biology**, Basel, v. 9, n. 3, p. 61, 2020.

CARVALHO, D. D. O. *et al.* Adubação nitrogenada e potássica na severidade da antracnose em dois cultivares de milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 3, p. 380–387, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/79cL9qDHWXS65qHQBZvxc3f/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 14 fev. 2025.

CARVALHO, J. *et al.* Efeitos da fertilização com nitrogênio e da irrigação com água salina na produção de biomassa em plantas forrageiras consorciadas: uma revisão. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 17, n. 5, p. 3827–3857, 2024. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/261020/47529>. Acesso em: 25 jan. 2025.

CAVALHEIRO, D. *et al.* A tecnologia da informação no agronegócio: uma revisão bibliográfica. In: MOSTRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 18, 2018, Caxias do Sul. **Mostra...** Caxias do Sul, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/331053438_A_Tecnologia_da_Informacao_no_Agronegocio_uma_Revisao_Bibliografica. Acesso em: 22 jan. 2025.

CAVALLI, E.; LANGE, A. Efeito residual do potássio no sistema de cultivo soja-milho safrinha no cerrado Mato-Grossense. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 27, n. 2, p. 310–326, 2018. Disponível em: <https://ojs.unesp.br/index.php/rculturaagronomica/article/view/2446-8355.2018v27n2p310-326/1899>. Acesso em: 24 mar. 2025.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Safra brasileira de grãos**. 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 27 nov. 2023.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Aumento de 20,6% na produção de soja impulsiona safra de grãos, estimada em 309,9 milhões de toneladas**. 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4937-aumento-de-20-6-na-producao-de-soja-impulsiona-safra-de-graos-estimada-em-309-9-milhoes-de-t>. Acesso em: 23 jun. 2023.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Primeiro levantamento da safra 2023/24 traz uma estimativa de produção de 317,5 milhões de toneladas**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5211-primeiro-levantamento-da-safra-2023-24-traz-uma-estimativa-de-producao-de-317-5-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: 27 nov. 2023.

CUNHA, L. S. *et al.* Agronomic characteristics of soybean as a function of inoculation, co-inoculation and N doses on eutrophic red latosol: Caracteres agrônômicos da soja em função da inoculação, co-inoculação e doses de N em latossolo vermelho eutroferico. **Concilium**, Petrópolis, v. 23, n. 10, p. 473–488, 2023. Disponível em: <https://pdepocas.semanticscholar.org/4165/cac3692bfde416b8451d8244fa3df65cdb0b.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2025.

DHALIWAL, S. S. *et al.* Dynamics and transformations of micronutrients in agricultural soils as influenced by organic matter build-up: a review. **Environmental and Sustainability Indicators**, Amsterdam, v. 1–2, p. 100007, 2019.

ECHER, F. R.; FOLONI, J. S. S.; CRESTE, J. E. Fontes de potássio na adubação de cobertura do algodoeiro I – Produtividade, qualidade de fibras e análise econômica. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, Supl. 1, p. 1135- 1144, 2009. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/4650/3956>. Acesso em: 12 jan. 2025.

FARIA, A. F. *et al.* Capacidade de suprimento de potássio em solos de Minas Gerais-Brasil. **Spanish Journal of Soil Science**, v. 2, n. 1, p. 26-37, 2012. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4062574>. Acesso em: 14 mar. 2025.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008. Disponível em: <https://des.ufla.br/~danielff/meusarquivospdf/art63.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2025.

FIORINI, I. V. A. *et al.* Avaliação de fontes de enxofre e das formas de micronutrientes revestindo o NPK na cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 15, n. 1, p. 20–29, 2016. Disponível em: https://rbms.abms.org.br/index.php/ojs/article/view/546/pdf_441. Acesso em: 02 abr. 2025.

FOLONI, J. S. S.; ROSOLEM, C. A. Produtividade e acúmulo de potássio na soja em função da antecipação da adubação potássica no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 1549–1561, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/nLT37hR4qLbLqTV6Dz5jZDm/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12 jan. 2025.

FREI, J.; WIESENBERG, G. L. B.; HIRTE, J. The impact of climate and potassium nutrition on crop yields: Insights from a 30-year Swiss long-term fertilization experiment. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 372, p. 109100, 2024.

GALINDO, F. S. *et al.* Silicon amendment enhances agronomic efficiency of nitrogen fertilization in maize and wheat crops under tropical conditions. **Plants**, Basel, v. 29, n. 10, p. 1329, 2021.

GALVÃO, J. C. C. *et al.* Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 1, n. 61, p. 819-828, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/N8fCSz8xJw7gy98s8nkTqmJ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12 fev. 2025.

GŁOWACKA, A. *et al.* The effect of nitrogen and sulphur application on soybean productivity traits in temperate climates conditions. **Agronomy**, Basel, v. 13, n. 3, p. 780, 2023.

GODOY, L. M. Extração e exportação de nutrientes na cultura da soja. **Boletim Agrônomo OCP Brasil**, São Paulo, n. 4, 2021. 4 p. Disponível em: https://www.ocpbrasil.com.br/sites/default/files/2023-02/OCP_Brasil_Boletim_Agronomico_4_0.pdf. Acesso em: 21 jan. 2025.

GONÇALVES JÚNIOR, A. C. *et al.* Produtividade e componentes de produção da soja adubada com diferentes doses de fósforo, potássio e zinco. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 660–666, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/gqt8JCBb3SWWFFKdLyRtncG/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 25 jan. 2025.

GONZÁLEZ, L. C. *et al.* Daños por *spodoptera frugiperda* Smith en maíz en función de nitrógeno, potasio y silicio. **Revista de Protección Vegetal**, La Habana, v. 30, n. 3, p. 176–184, 2015. Disponível em: <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v30n3/rpv03315.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2025.

GUARESCHI, R. F. *et al.* Adubação antecipada na cultura da soja com superfosfato triplo e cloreto de potássio revestidos por polímeros. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, p.643–648, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/S6twbhrKTLZKf8yXvqdgwmr/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 26 mar. 2025.

GUEDES, E. *et al.* Fontes de potássio para produção e qualidade de tomate cultivado em sistema orgânico em ambiente protegido. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 10, n. 14, p.e484101422169, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/356155494_Fontes_de_potassio_para_producao_e_qualidade_de_tomate_cultivado_em_sistema_organico_em_ambiente_protegido. Acesso em: 14 fev. 2025.

GUSMÃO, T. A. S. *et al.* Partial replacement of sodium chloride by potassium chloride in the formulation of French bread: effect on the physical, physicochemical and sensory parameters. **Food Science and Technology**, London, v. 37, n. suppl 1, p. 55–62, 2017.

HAN, Y. *et al.* Straw return increases crop grain yields and K-use efficiency under a maize-rice cropping system. **The Crop Journal**, Beijing, v. 9, n. 1, p. 168–180, 2021.

HASANUZZAMAN, M. *et al.* Potassium: a vital regulator of plant responses and tolerance to abiotic stresses. **Agronomy**, Basel, v. 8, n. 3, p. 31, 2018.

HE, B. *et al.* Effect of different long-term on crop yield and potassium use efficiency in the maize–wheat rotation system. **Agronomy**, Basel, v. 12, n. 10, p. 2565, 2022.

HERNANDEZ, F. B. T. **Sistema de monitoramento climático - UNESP Ilha Solteira**. Blog. 2023. Disponível em: https://clima.feis.unesp.br/recebe_formulario.php. Acesso em: 11 dez. 2023.

HERRENDORF, B.; SCHOELLMAN, T. Why is measured productivity so low in agriculture? **Review of Economic Dynamics**, Minneapolis, v. 18, n. 4, p. 1003–1022, 2015.

JAMES, A. E.; SOJKA, R. E. Matrix based fertilizers reduce nitrogen and phosphorus leaching in three soils. **Journal of Environmental Management**, Cambridge, v. 87, n. 3, p. 364–372, 2008.

JÚLIO, O. L. L. *et al.* Formas de adubação potássica e produtividade da cultura da soja. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 9, n. 32, p. 149–155, 2016. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/agrarian/article/view/4004/3648>. Acesso em: 12 fev. 2025.

KORBER, A. H. C. *et al.* Adubação nitrogenada e potássica em soja sob sistemas de semeadura. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 4, n. 4, p. 38–45, 2017. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/1653/1726>. Acesso em: 25 jan. 2025.

KUMAR, D. *et al.* Influence of different rates and frequencies of Zn application to maize–wheat cropping on crop productivity and Zn use efficiency. **Sustainability**, New York, v. 14, n. 22, p. 15091, 2022.

KWON, E. H. *et al.* Exogenous SA applications alleviate salinity stress via physiological and biochemical changes in St John’s Wort Plants. **Plants**, Basel, v. 12, n. 2, p. 310, 2023.

LAMLOM, S. F. *et al.* Revitalizing maize growth and yield in water-limited environments through silicon and zinc foliar applications. **Heliyon**, London, v. 10, n. 15, p. e35118, 2024.

LI, S. *et al.* Phosphorus fertilizer management for high yield doses in intensive winter wheat–summer maize rotation system: Integrating phosphorus budget and soil available phosphorus. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 313, p. 109410, 2024.

LIMA, G. S. *et al.* NPK accumulation, physiology, and production of sour passion fruit under salt stress irrigated with brackish water in the phenological stages and K fertilization. **Plants**, Basel, v. 12, n. 7, p. 1573, 2023.

LIU, H. *et al.* Conservation tillage mitigates soil organic carbon losses while maintaining maize yield stability under future climate change scenarios in Northeast China: a simulation of the agricultural production systems simulator model. **Agronomy**, Basel, v. 15, n. 1, p. 1, 2024. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/387370982_Conservation_Tillage_Mitigates_Soil_Organic_Carbon_Losses_While_Maintaining_Maize_Yield_Stability_Under_Future_Climate_Change_Scenarios_in_Northeast_China_A_Simulation_of_the_Agricultural_Production_S. Acesso em: 22 jan. 2025.

LIU, J. *et al.* Effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization management on soil properties and leaf traits and yield of *Sapindus mukorossi*. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 15, p. 1300683, 2024.

LOVERA, L. H.; NUNES, A. L.; CORTEZ, L. (org.). Release USDA. FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA MATO GROSSO DO SUL – FAMASUL. **Milho**: safra 2023/2024. Campo Grande: FAMASUL, 2023. (Março, 23). Disponível em: https://portal.sistemapamasul.com.br/sites/default/files/boletimcasapdf/Release%20USDA%20Mar%C3%A7o%2023_0.pdf. Acesso em: 11 nov. 2024.

LUZ, P. H. C. *et al.* Avaliação do desempenho do fonólito via mineral e no enriquecimento da torta de filtro em soqueira de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO ROCHAGEM, 2, 2013, Viçosa. Viçosa: UFV, 2013.

MACEDO, L. O. *et al.* Use of sparingly soluble micronutrients sources for citrus production. **Citrus Research & Technology**, Cordeirópolis, v. 38, n. 2, 2017. Disponível em: <http://www.citrusrt.periodikos.com.br/article/doi/10.4322/crt.ICC099>. Acesso em: 22 abr. 2023.

MALAQUIAS, C. A. A.; SANTOS, A. J. M. Adubação organomineral e NPK na cultura do milho (*Zea mays* L.). **Pubvet**, Londrina, v. 11, n. 5, p. 501–512, 2017. Disponível em: <https://ojs.pubvet.com.br/index.php/revista/article/view/1329>. Acesso em: 22 jan. 2025.

MALAVOLTA, E. Absorção, transporte e redistribuição. In: MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006a. Cap. 3. p. 56-127.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. In: MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. p. 30–75.

MALAVOLTA, E. O solo como um meio para crescimento das plantas. In: MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006c. Cap. 1. p. 2–42.

MALAVOLTA, E. Os elementos minerais. In: MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006b. Cap. 2. p. 43-56.

MALLARINO, A. P. **Phosphorus and potassium fertilization for corn and soybean during 40 years in Northeast Iowa - final study report**. 2024. Disponível em: <https://www.agronext.iastate.edu/soilfertility/info/NERF%20LTPK%20trial%20Final%20Report%202024.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2024.

MELO, F. B. *et al.* **Fertilizações nitrogenada e potássica e produtividades técnica e econômica de milho cultivado no Cerrado da Região Leste Maranhense**. Terezina: Embrapa Meio Norte, 2021. 21 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 130). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1133654/1/FertilizacoesNitrogenadaPotassicaMilhoCultivado.pdf>. Acesso em: 31 jan. 2025.

MELO, N. C. *et al.* Crescimento e fenologia da soja em função da adubação potássica. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Jandaia, v. 11, n. 21, p. 679–688, 2015. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2015b/agrarias/crescimento%20e%20fenologia.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2025.

MENDES, W. D. C. *et al.* Potassium leaching in different soils as a function of irrigation depths. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 11, p. 972–977, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/y6rKHwYnQ38WfXNqTbMShsH/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 20 jan. 2025.

MENDONÇA, V. Z. D. *et al.* Liberação de nutrientes da palhada de forrageiras consorciadas com milho e sucessão com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 183–193, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/xBCg3G5dzwzNHSV8pVwdbBS/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 dez. 2024.

NATALE, W. *et al.* Mineral nutrition evolution in the formation of fruit tree rootstocks and seedlings. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 40, n. 6, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/LtyP44fk84DVBy6PP8pd8r/?lang=en>. Acesso em: 22 jan. 2025.

NEGASA, G. *et al.* Impact of silicate fertilizer on soil properties and yield of bread wheat in Nitisols of tropical environment. **Heliyon**, London, v. 9, n. 12, p. e22933, 2023.

PATHAK, T. B. *et al.* Climate change trends and impacts on California agriculture: a detailed review. **Agronomy**, Basel, v. 8, n. 3, p. 25, 2018.

PAVINATO, P. S. *et al.* Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 358-364. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/5DBXBt9DKkjmhvwtM6yxQBJ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 dez. 2024.

PEREIRA, A. C.; GOMES, M. R. S. Biotita e flogopita como fonte alternativa de potássio para fertilizante: extração hidrometalúrgica. **UNESP Geociências**, São Paulo, v. 40, n. 3, p. 781-786, 2021. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/13764/12194>. Acesso em: 12 abr. 2025.

PIMENTEL, C. **Metabolismo de carbono na agricultura tropical**. Seropédica: Ed. Da UFRJ, 1998. Disponível em: https://www.esalq.usp.br/lepse/imgs/conteudo_thumb/Metabolismo-do-Carbono-na-Agricultura-Tropical-by-Carlos-Pimentel--2008-.pdf. Acesso em: 12 mar. 2025.

POZZA, E. A.; POZZA, A. A. A.; BOTELHO, D. M. D. S. Silicon in plant disease control. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n. 3, p. 323–331, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/NPf3CRzsDgDngdVj7dQ3MyK/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 12 jan. 2025.

PRADO, R. D. M. Potássio. In: PRADO, R. D. M. **Nutrição de plantas**. 2. ed. São Paulo: Ed. Unesp, 2008. p. 161–180.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. GENPLANT, 2006. Disponível em: https://www.nutricaoodeplantas.agr.br/site/downloadoses/nutricaoodeplantas_apostila2006.pdf. Acesso em: 5 nov. 2023.

PRAXEDES, S. S. C. *et al.* Photosynthetic responses, growth, production, and tolerance of traditional varieties of cowpea under salt stress. **Plants**, Basel, v. 11, n. 14, p. 1863, 2022.

QU, Z. *et al.* Effects of drip irrigation coupled with controlled release potassium fertilizer on maize growth and soil properties. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 301, p. 108948, 2024.

RABÊLO, F. H. S. *et al.* Adubações com potássio na produção de silagem. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 3, p. 635-643, 2013.

RAN, X. *et al.* Effects of salt stress on the photosynthetic physiology and mineral ion absorption and distribution in white willow (*Salix alba* L.). **Plos One**, Singapore, v. 16, n. 11, p. e0260086, 2021.

RATHORE, S. S. *et al.* Sulfur sources mediated the growth, productivity, and nutrient acquisition ability of pearl millet–mustard cropping systems. **Sustainability**, New York, v. 14, n. 22, p. 14857, 2022.

REHMAN, B. *et al.* Seed priming with potassium nitrate can enhance salt stress tolerance in maize. **Phyton International Journal of Experimental Botany**, Buenos Aires, v. 93, n. 8, p. 1819–1838, 2024.

RESENDE, A. V. *et al.* Fertilidade de solos. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Embrapa Milho e Sorgo. **Cultivo do milheto**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2022. p. 52–60. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/993985/1/Sistema-de-Producao-Cultivo-do-Milheto.pdf>. Acesso em: 13 set. 2024.

RESENDE, Á. V. *et al.* Manejo da fertilidade do solo e adubação do milho na Região Centro Oeste. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo. Edição Especial Centro-Oeste, out. 2020. 10 p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1126371/1/Manejo-fertilidade.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2025.

RESENDE, A. V. *et al.* Suprimento de potássio e pesquisa de uso de rochas “*in natura*” na agricultura brasileira. **Espaço e Geografia**, Brasília, DF, v. 9, n. 1, p. 19–42, 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/277880479_SUPRIMENTO_DE_POTASSIO_E_PESQUISA_DE_USO_DE_ROCHAS_IN_NATURA_NA_AGRICULTURA_BRASILEIRA. Acesso em: 12 mar. 2025.

RIBEIRO, B. N. *et al.* Leaching and availability of potassium in soil affected by conventional and coated fertilizer sources. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 26, n. 12, p. 924–929, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/54PdR4bqCY8gfdwWrbTPp7n/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 12 abr. 2025.

RODRIGUES, M. A. D. C. *et al.* Adubação com KCl revestido na cultura do milho no Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 2, p. 127–133, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/JyWKmyH7HYRPTTJkSnS9cXr/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12 fev. 2025.

SANGOI, L. *et al.* Efeito de doses de cloreto de potássio sobre a germinação e o crescimento inicial do milho, em solos com texturas contrastantes. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 8, n. 2, p.187-197, 2009. Disponível em: https://rbms.abms.org.br/index.php/ojs/article/view/280/pdf_167. Acesso em: 12 fev. 2025.

SHANMUGAVEL, D. *et al.* Sustainable SMART fertilizers in agriculture systems: A review on fundamentals to in-field applications. **Science of The Total Environment**, Amsterdam, v. 904, p. 166729, 2023.

SILVA, A. V. *et al.* Controle de plantas daninhas em função de diferentes espaçamentos no milho silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 16, n. 3, 556-568, 2017. Disponível em: <https://rbms.abms.org.br/index.php/ojs/article/view/614/pdf>. Acesso em: 12 fev. 2025.

SILVA, F. J. *et al.* Variabilidade especial da resistência do solo à penetração e produtividade do milho. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 4, n. 3, p. 77-84, 2017. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/1625/1559>. Acesso em: 12 jan. 2025.

SILVA, L. E. B. *et al.* Desenvolvimento da cultura do milho (*Zea mays* L.): revisão de literatura. **Diversitas Journal**, Santana de Ipanema, v. 5, n. 3, p. 1636–1657, 2020. Disponível em: https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/869/1039. Acesso em: 15 mar. 2025.

SILVA, M. A. *et al.* Sistema de plantio direto e rotação de culturas no Cerrado. **Research, Society and Development**, Itabira, v. 11, n. 13, p. e376111335568, 2022. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1149543/1/rsd-2022.pdf>. Acesso em: 12 fev, 2025.

SINGH, R. *et al.* Nitrogen, phosphorus, and potassium uptake in rain-fed corn as affected by NPK fertilization. **Agronomy**, Basel, v. 13, n. 7, p. 1913, 2023.

SOUSA, D. M. G.; REIN, T. A. Manejo da fertilidade do solo para culturas anuais: experiências no cerrado. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v. 126, p. 1- 7, 2009.

STEINER, F. *et al.* Can potassium fertilization alleviate the adverse effects of drought stress on soybean plants?. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 15, p. 1-17, 2022.

STEINER, F. *et al.* Silicate fertilization potentiates the nodule formation and symbiotic nitrogen fixation in soybean. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 48, p. 212-221, 2018. Disponível e: <https://www.scielo.br/j/pat/a/vFDZxWGpcjpyj4CkCwGwqvQ/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 12 jan. 2025.

TAGLIEBER, A. *et al.* Aplicação de diferentes doses de cloreto de potássio na cultura da soja / Application of different doses of potassium antioxidants in soybean crop. **Brazilian Journal of Development**, São Paulo, v. 8, n. 4, p. 26041–26059, 2022. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/46435/pdf>. Acesso em: 12 fev. 2025.

TAKASU, A. T. *et al.* Produtividade da cultura do milho em resposta à adubação potássica. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 2, p. 154–161, 2014. Disponível em: https://rbms.abms.org.br/index.php/ojs/article/view/470/pdf_99. Acesso em: 10 mar. 2025.

TOLLER, M. *et al.* Adubação potássica e época de semeadura em soja para a produção de etanol. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 10, n. 2, 2018. Disponível em: <https://200.131.173.22/index.php/Agrogeoambiental/article/view/1114>. Acesso em: 5 nov. 2024.

UZUN, S.; ÖZAKTAN, H.; UZUN, O. Effects of different nitrogen dose and sources as top-dressing on yield and silage quality attributes of silage maize. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 92, supl. 1, p. e20190030, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aabc/a/n9xVsHLLqtvCWh6MDHNYngQ/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 12 abr. 2025.

VALENZUELA, H. Optimizing the nitrogen use efficiency in vegetable crops. **Nitrogen**, London, v. 5, n. 1, p. 106–143, 2024.

VIÉGAS, G. P.; FREIRE, E. S. Adubação do milho. XI – efeito residual do fósforo. **Bragantia**, Campinas, v. 17, n. 21, p. 271-287, 1958.

VIEIRA, B. A. R. M.; TEIXEIRA, M. M. Adubação de liberação controlada chega como solução. **Revista Campo & Negócios**, São Paulo, v. 41, p. 4-8, 2004.

WANG, Y. *et al.* Pre-inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* confers NaCl tolerance by improving nitrogen status and ion homeostasis in wild soybean (*Glycine soja* L.) seedlings. **Acta Physiologiae Plantarum**, [s. l.], v. 44, n. 2, p. 21, 2022.

WU, L.; LIU, M. Preparation and properties of chitosan-coated NPK compound fertilizer with controlled-release and water-retention. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 72, n. 2, p. 240–247, 2008.

WYSZKOWSKI, M.; BRODOWSKA, M. S. Potassium and nitrogen fertilization vs. trace element content of maize (*Zea mays* L.). **Agriculture**, London, v. 11, n. 2, p. 96, 2021.

YAHAYA, S. M. *et al.* Recent advances in the chemistry of N, P, K as fertilizer in soil – a review. **Pedosphere**, Beijing, p. S1002016022000807, 2022.

YIN, M. *et al.* Potassium increases nitrogen and potassium utilization efficiency and yield in foxtail millet. **Agronomy**, Basel, v. 13, n. 9, p. 2200, 2023.

YOORIN fertilizantes. **Ekosil**: o melhor fertilizante potássico do Brasil. Disponível em: <https://www.yoorin.com.br/produtos/ekosil/>. Acesso em: 12 fev. 2025a.

YOORIN fertilizantes. **Potasil**: o melhor fertilizante potássico do Brasil. Disponível em: <https://www.yoorin.com.br/produtos/potasil/>. Acesso em: 12 fev. 2025b.

ZAHRANI, S. Utilization of polyethylene and paraffin waxes as controlled delivery systems for different fertilizers. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, Washington, v. 39, p. 367-371, 2000.

ZAKIR, M. M.; FREITAS, I. R. Benefícios à saúde humana do consumo de isoflavonas presentes em produtos derivados da soja. **Journal of Bioenergy and Food Science**, Macapá, v. 2, n. 3, p. 107–116, 2015.

ZAMBIAZZI, E. V. *et al.* Desempenho agronômico e qualidade sanitária de sementes de soja em resposta à adubação potássica. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 40, n. 3, p. 543-553, 2019. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/rca/article/view/16492>. Acesso em: 22 jan. 2025.