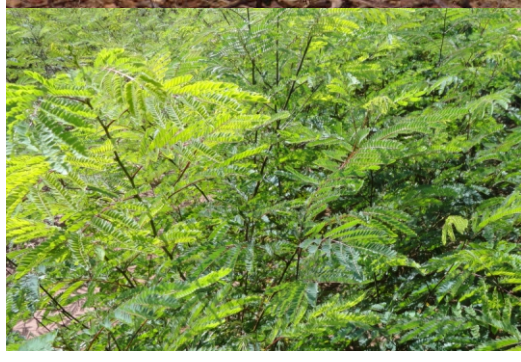
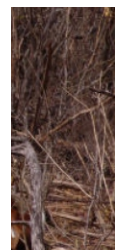
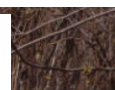


## Efeito de Desordens Nutricionais na Síntese de Polifenóis em Guandu e Leucena Utilizados na Alimentação Animal





***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Agropecuária Oeste  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

**BOLETIM DE PESQUISA  
E DESENVOLVIMENTO  
85**

**Efeito de Desordens Nutricionais na  
Síntese de Polifenóis em Guandu e Leucena  
Utilizados na Alimentação Animal**

*Oscar Fontão de Lima Filho  
Adibe Luiz Abdalla*

***Embrapa Agropecuária Oeste  
Dourados, MS  
2020***

**Embrapa Agropecuária Oeste**  
BR 163, km 253,6  
Trecho Dourados-Caarapó  
79804-970 Dourados, MS  
Caixa Postal 449  
Fone: (67) 3416-9700  
www.embrapa.br/  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações  
da Unidade

Presidente  
*Harley Nonato de Oliveira*

Secretária-Executiva  
*Silvia Mara Belloni*

Membros  
*Alexandre Dinnys Roese, Christiane Rodrigues  
Congro Comas, Eder Comunello, Luis Antonio  
Kioshi Aoki Inoue, Marciana Retore, Marcio Akira  
Ito e Oscar Fontão de Lima Filho*

Supervisão editorial  
*Eliete do Nascimento Ferreira*

Revisão de texto  
*Eliete do Nascimento Ferreira*

Normalização bibliográfica  
*Silvia Mara Belloni*

Projeto gráfico da coleção  
*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Editoração eletrônica  
*Eliete do Nascimento Ferreira*

Fotos da capa  
*Geraldo Magela Côrtes Carvalho,  
José Aparecido Donizeti Carlos e  
Marcelino Ribeiro*

**1ª edição**  
E-book (2020)

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,  
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Agropecuária Oeste

---

Lima Filho, Oscar Fontão de

Efeito de desordens nutricionais na síntese de polifenóis em guandu  
e leucena utilizados na alimentação animal / Oscar Fontão de Lima Filho,  
Adibe Luiz Abdalla. – Dourados, MS : Embrapa Agropecuária Oeste,  
2020.

35 p. : il. color. ; 16 x 22 cm. — (Boletim de Pesquisa e  
Desenvolvimento / Embrapa Agropecuária Oeste, ISSN 1679-0456 ; 85).

1. Composto fenólico. 2. Plantas – Desordem nutricional. 3. Guandu.  
4. Leucena. 5. Tanino. I. Abdalla, Adibe Luiz. II. Embrapa Agropecuária  
Oeste. III. Título. V. Série.

## Sumário

---

Resumo .....	5
Abstract .....	6
Introdução.....	7
Material e Métodos .....	10
Resultados e Discussão.....	11
Considerações Finais.....	24
Conclusões .....	25
Referências.....	26
Apêndice 1 .....	31



# Efeito de Desordens Nutricionais na Síntese de Polifenóis em Guandu e Leucena Utilizados na Alimentação Animal

Oscar Fontão de Lima Filho<sup>1</sup>

Adibe Luiz Abdalla<sup>2</sup>

**Resumo** – Compostos fenólicos estão intimamente relacionados aos sistemas de resposta das plantas a estresses ambientais e estão associados a inúmeros usos na indústria e na alimentação animal e humana. O objetivo do trabalho foi avaliar a relação entre a deficiência e ou toxidez induzidas de nutrientes com a síntese foliar de fenóis totais e taninos condensados, em folhas de guandu e leucena. As duas espécies foram cultivadas em solução nutritiva com tratamento completo, omissão ou níveis tóxicos de nutrientes. Plantas de guandu foram submetidas a deficiências isoladas de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, cobre, manganês e zinco, e à toxidez de boro, cobre, ferro, manganês e zinco. Em leucena, houve a indução de deficiências de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre e ferro. Para ambas as espécies, houve um tratamento adicional com a suplementação de silício. As variações ocorridas nos teores de polifenóis totais foram acompanhadas, também, pela modificação proporcional na concentração dos taninos condensados. Em plantas de guandu, a deficiência de nitrogênio, potássio, cálcio e enxofre e o excesso de cobre, ferro e zinco induzem a uma maior produção foliar de compostos fenólicos totais, ao passo que a deficiência de cobre e manganês e o excesso de boro e manganês causam uma menor concentração de fenóis totais. Em leucena, deficiência de nitrogênio aumenta a produção foliar de fenóis totais, ao passo que a falta de magnésio diminui o teor dos fenóis totais. No caso do silício, os resultados indicaram que níveis altos deste elemento aumentam os teores de nitrogênio no tecido foliar, diminuindo, assim, os níveis de fenóis totais.

**Termos para indexação:** compostos fenólicos, nutriente, silício, deficiência, toxidez.

---

<sup>1</sup> Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências, pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS.

<sup>2</sup> Engenheiro-agrônomo, doutor em Tecnologia Nuclear, professor associado da Universidade de São Paulo/ Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, SP.

## Effect of Nutritional Disorders on the Synthesis of Polyphenols in Pigeonpea and Leucaena Used in Animal Feed

**Abstract** – Phenolic compounds are closely related to plant stress response systems and are associated with numerous uses in industry and animal and human nutrition. The objective of this work was to evaluate the relationship between nutrient deficiency or induced toxicity with leaf synthesis of total phenols and condensed tannins in pigeon pea and leucaena leaves. Both species were cultivated in nutrient solution with complete nutrient treatment and omission or toxic levels of nutrients described below. For pigeon pea, plants were subjected to isolated deficiencies of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sulfur, iron, copper, manganese, and zinc and toxicity of boron, copper, iron, manganese and zinc. In leucaena, there was an induction of deficiencies of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sulfur and iron. There was an additional treatment with silicon supplementation for both species. The variations in the total polyphenol contents were also accompanied by the proportional change in the concentration of the condensed tannins. In pigeon pea plants, it was found that nitrogen, potassium, calcium, and sulfur deficiency and copper, iron, and zinc excesses induce higher foliar production of total phenolic compounds, whereas copper and manganese deficiency and boron and manganese excesses induce the plants to synthesize less total phenols. In leucaena, nitrogen deficiency increases the leaf production of total phenols, while lack of magnesium decreases the total phenol content. In the case of silicon, the results indicated that high levels of this element increase the leaf tissue nitrogen content, thus reducing the total phenol levels.

**Index terms:** phenolic compounds, nutrient, silicon, deficiency, toxicity.



## Introdução

---

As plantas possuem teores altamente variáveis de metabólitos secundários, grupo bastante diversificado cuja concentração é regida basicamente por fatores genéticos e ambientais, principalmente estresses (Kraus et al., 2004). Existe um interesse crescente por polifenóis relacionados à qualidade nutricional de muitas plantas utilizadas na alimentação animal, além de outros compostos, especialmente fenilpropanóides e flavonóides, que estão relacionados a benefícios para o organismo humano, muitos dos quais disponibilizados na forma de fitoterápicos (Treuter, 2001).

Compostos fenólicos, especialmente da classe dos taninos, caracterizam-se por interagir com a microbiota do estômago, o que afeta a degradação de proteínas, a fermentação de carboidratos, a digestão de fibras e o metabolismo de lipídios. Essas interações na nutrição e fisiologia são importantes, devido ao impacto que pode causar na produção animal. A menor disponibilidade de forragens, especialmente em regiões quentes, com períodos secos, tende a reduzir o consumo e a digestibilidade de plantas com potencial de produzir quantidades médias a elevadas de polifenóis de alto peso molecular, como é o caso dos taninos (Naumann et al., 2017; Vasta et al., 2019).

Taninos, importantes em muitos aspectos, notadamente na alimentação animal, são polifenóis com peso molecular entre 500 daltons e 3.000 daltons, capazes de formar complexos com proteínas, polissacarídeos, saponinas, alcalóides e outras macromoléculas. Os taninos presentes em forragens podem estar associados a efeitos benéficos ou danosos, de acordo com a sua concentração na planta, quantidade consumida, estrutura e peso molecular do tanino e da capacidade fisiológica da espécie consumidora. Em concentrações adequadas, podem estar associados ao aumento na síntese de proteína microbiana e à maior absorção de aminoácidos no intestino. Também podem reduzir a população de parasitas no intestino. Por sua vez, efeitos negativos estão relacionados à diminuição da palatabilidade e da digestão do alimento, tanto em ruminantes como em monogástricos. A ingestão de plantas contendo altos níveis de taninos hidrolisáveis pode causar toxicidade e até levar à morte (Hagerman et al., 1992; Oliveira; Berchielli, 2007; Addisu, 2016).

Polifenóis estão intimamente relacionados aos sistemas de resposta das plantas a estresses ambientais. No entanto, o número de estudos sobre o impacto das diferentes causas que afetam a síntese destes compostos nos vegetais ainda é limitado, apesar de os fatores ambientais terem uma influência maior na síntese de polifenóis do que o genético (Marranzano et al., 2018; Rao et al., 2018). A habilidade das plantas em desviar metabólitos primários (por exemplo, carboidratos) em metabólitos secundários pode ser considerado um mecanismo de adaptação, que ocorre em certas condições de estresse. Eventos estressantes, como ataques de agentes bióticos ou situações abióticas adversas, não são favoráveis ao crescimento. Estas últimas incluem, dentre outras, temperaturas extremas, salinidade, água (seca ou inundação), radiação ultravioleta, estresses mecânicos e químicos. Para o caso de estresses de natureza química, têm-se deficiências e toxicidades de nutrientes e de metais pesados que podem influenciar o metabolismo secundário, portanto a produção de polifenóis (Haslam, 1985; 1986; Ramakrishna; Ravishankar, 2011).

A demanda por leguminosas forrageiras taníferas na nutrição de animais, principalmente ruminantes, está aumentando, principalmente em pequenas propriedades. Assim, é importante ampliar o conhecimento dos fatores abióticos que influenciam os níveis de fenóis e taninos nas plantas. Da mesma maneira, cresce o interesse por fontes naturais (plantas) de antioxidantes e outros princípios ativos, que podem ser importantes para uma alimentação mais saudável e na prevenção de várias doenças (Nguyen; Niemeyer, 2008). Poucos trabalhos relacionam problemas nutricionais com a produção de compostos secundários de defesa pelas plantas, especificamente polifenóis e taninos, apesar de a nutrição vegetal ser um dos fatores que podem modificar a síntese de compostos fenólicos. Conhecer mais a fundo a relação entre a síntese de polifenóis e a disponibilidade de nutrientes no substrato para as plantas permitirá estabelecer, no futuro, um manejo nutricional mais adequado para o objetivo estabelecido, como forragens com teor mais adequado de taninos ou plantas medicinais, com teores mais elevados das classes fenólicas preponderantes para determinada espécie e que tenham interesse fitoterápico, tanto para humanos como para animais.

A leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) e o guandu (*Cajanus cajan* L. Milles) apresentam grande potencial para serem utilizados na alimentação de ruminantes em diferentes formas – banco de proteína, ensilados, como suplementos, entre outros usos, visando desenvolver sistemas de exploração agropecuária mais estável e economicamente viável. Também possuem potencial de sintetizar de médios a altos teores de fenóis totais e taninos condensados (TC), conforme Jimenez e Freitas (1984); Leinmüller et al. (1991) e Brandes e Freitas (1992).

A demanda por leguminosas forrageiras taníferas na nutrição de animais, principalmente ruminantes, está aumentando, particularmente em pequenas propriedades. É fundamental, portanto, pesquisas que tornem o uso destas plantas mais seguro e eficiente. O aumento contínuo do conhecimento sobre a relação entre disponibilidade nutricional e síntese de compostos do metabolismo secundário de plantas permitirá adotar estratégias de manejo para minimizar ou, dependendo da espécie e finalidade, aumentar a síntese de polifenóis.

O objetivo deste estudo, portanto, foi verificar a relação entre a deficiência e ou toxidez induzidas de nutrientes com a síntese foliar de fenóis totais e taninos condensados em folhas de guandu e leucena, ou seja, avaliar como o desequilíbrio de nutrientes no metabolismo da planta pode afetar a produção das substâncias fenólicas, que estão associadas à qualidade nutricional das forragens em estudo.

## Material e Métodos

---

Plantas de guandu foram submetidas a um tratamento controle (testemunha), ou seja, cultivadas em solução nutritiva completa, bem como a tratamentos com deficiência ou excesso de um determinado elemento, ou seja, deficiências isoladas de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), bem como indução de toxidez dos nutrientes B, Cu, Fe, Mn e Zn. Um tratamento específico, não envolvendo indução de estresse, consistiu na adição de 3,57 mM de silício (Si), na forma de metassilicato de sódio ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), elemento ainda não utilizado comumente na composição de soluções nutritivas. No caso da leucena, os tratamentos foram, além da testemunha (completo), deficiências de N, P, K, Ca, Mg, S e Fe, bem como a suplementação de silício. Ambas as espécies foram germinadas em vermiculita irrigada com  $\text{CaSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$   $10^{-4}$  M e, posteriormente, transplantadas para vasos plásticos, com capacidade para três litros de solução nutritiva e com aeração contínua. As soluções foram trocadas a cada 7 dias e com reposição diária da água, absorvida pela planta ou evaporada. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com oito parcelas para cada tratamento. Cada parcela foi representada por uma única planta. Análises de regressão foram realizadas por meio do programa Assistat (Silva; Azevedo, 2009).

As parcelas de todos os tratamentos da leucena foram coletadas 117 dias após a semeadura (DAS). Para a maioria dos tratamentos, a coleta do guandu ocorreu aos 89 DAS, enquanto para os tratamentos com deficiência de B e toxidez de Fe a coleta ocorreu aos 75 DAS, sendo que a coleta de plantas de um determinado tratamento sempre foi acompanhada de coleta de plantas do tratamento completo. A adição suplementar de micronutrientes para os tratamentos de toxidez ocorreu a partir dos 60 DAS, em três etapas, com uma concentração total de 12,5 mg L<sup>-1</sup>; 5,5 mg L<sup>-1</sup>; 30 mg L<sup>-1</sup>; 18 mg L<sup>-1</sup> e 20 mg L<sup>-1</sup> para B, Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente. A composição das soluções nutritivas utilizadas para as duas espécies encontram-se detalhadas no Apêndice 1.

O preparo das amostras e as análises químicas do material vegetal foram feitos segundo metodologia descrita em Malavolta et al. (1997). A

determinação analítica do Si foi realizada através de espectrometria de emissão atômica com plasma induzido em argônio ICP/AES (Novozamsky; Houba, 1984). A extração e determinação dos fenóis totais e taninos condensados foram realizadas segundo metodologia descrita por Makkar (2000).

## Resultados e Discussão

---

De modo geral, as variações ocorridas nos teores de polifenóis totais foram acompanhadas, também, pela variação (proporcional ou não) na concentração dos taninos condensados. A discussão e considerações relacionadas a cada nutriente estão embasadas nas três tabelas a seguir.

As Tabelas 1 e 2 apresentam as médias dos resultados dos diversos tratamentos para a síntese de fenóis totais e taninos condensados, além das concentrações dos nutrientes nas folhas para as duas espécies estudadas. Os efeitos da deficiência ou excesso de vários nutrientes sobre a concentração foliar de polifenóis totais, em guandu e ou leucena, estão expressos na forma de equações de regressão na Tabela 3.

**Tabela 1.** Teores de fenóis totais, taninos condensados, proporção taninos/polifenóis totais e nutrientes em função dos estresses nutricionais induzidos em plantas de guandu.

Tratamento	Fenóis <sup>(1)</sup>	Taninos <sup>(1)</sup>	Tanino/fenol	Teor nutriente <sup>(2)</sup>	Teor controle <sup>(2)</sup>
Controle	1,44 ± 0,16	0,97 ± 0,08	0,72	—	—
- N	1,76 ± 0,10	1,37 ± 0,08	0,78	8,5	37
- P	1,52 ± 0,20	1,02 ± 0,05	0,74	2,8	7,1
- K	2,25 ± 0,23	1,69 ± 0,24	0,79	6,9	22
- Ca	1,82 ± 0,31	1,15 ± 0,00	0,76	5,3	38
- Mg	1,45 ± 0,17	0,93 ± 0,11	0,68	0,6	2,5
- S	1,74 ± 0,14	1,38 ± 0,13	0,79	1,5	3,4
+ Si	1,19 ± 0,27	0,82 ± 0,01	0,74	1,0	0,7
Controle	1,35 ± 0,12	—	—	—	—
- Fe	1,33 ± 0,10	—	—	117	130
Controle	2,02 ± 0,22	1,57 ± 0,22	0,78	—	—
- B	1,78 ± 0,22	1,38 ± 0,18	0,75	12	62
+ Fe	2,56 ± 0,17	1,95 ± 0,12	0,80	650	305
Controle	2,41 ± 0,21	1,99 ± 0,21	0,83	—	—
+ B	1,69 ± 0,15	1,41 ± 0,12	0,80	1036	48
- Cu	1,70 ± 0,15	1,35 ± 0,06	0,79	4	3
+ Cu	3,41 ± 0,66	3,04 ± 0,71	0,83	40	3
- Mn	2,11 ± 0,30	1,58 ± 0,21	0,78	10	25
+ Mn	2,05 ± 0,11	1,50 ± 0,10	0,77	277	25
- Zn	2,33 ± 0,48	1,64 ± 0,31	0,79	28	40
+ Zn	2,84 ± 0,28	2,33 ± 0,32	0,82	554	40

<sup>(1)</sup>Equivalentes de ácido tânico por 100 g de matéria seca; <sup>(2)</sup>Macronutrientes e silício em g kg<sup>-1</sup> e micronutrientes em mg kg<sup>-1</sup>.

**Tabela 2.** Teores de fenóis totais, taninos condensados, proporção taninos/polifenóis totais e nutrientes em função dos estresses nutricionais induzidos em plantas de leucena.

Tratamento	Fenóis <sup>(1)</sup>	Taninos <sup>(1)</sup>	Tanino/ fenol	Teor nutriente <sup>(2)</sup>	Teor controle <sup>(2)</sup>
Controle	3,13 ± 0,18	1,87 ± 0,13	0,60	–	–
- N	3,90 ± 0,24	3,23 ± 0,22	0,83	14	40
- P	3,39 ± 0,41	2,00 ± 0,17	0,61	1,0	2,4
- K	3,34 ± 0,50	1,83 ± 0,15	0,62	11	24
- Ca	3,10 ± 0,15	1,88 ± 0,08	0,61	8,8	21,5
- Mg	2,49 ± 0,22	1,71 ± 0,18	0,68	0,5	1,8
- S	3,15 ± 0,17	2,12 ± 0,11	0,66	2,5	2,7
+ Si	2,88 ± 0,27	1,65 ± 0,10	0,60	1,4	0,8
- Fe	2,81 ± 0,24	1,62 ± 0,12	0,63	151	163

<sup>(1)</sup>Equivalentes de ácido tânico por 100 g de matéria seca. <sup>(2)</sup>Macronutrientes e silício em g kg<sup>-1</sup> e micronutrientes em mg kg<sup>-1</sup>.

**Tabela 3.** Regressão entre teor foliar de nutrientes e de fenóis totais em plantas de guandu e leucena, submetidas a tratamentos com teores normais e com níveis deficientes (-) ou de toxidez (+) de um nutriente específico em solução nutritiva.

Tratamento	Espécie	Equação	Coefficiente de correlação (r)
- N	Guandu	$y = -0,1063x + 1,8384$	0,75**
- N	Leucena	$y = -0,2818x + 4,2447$	0,87**
- K	Guandu	$y = -0,4945x + 2,5712$	0,88**
- Ca	Guandu	$y = -0,1111x + 1,8677$	0,61**
- Mg	Leucena	$y = 4,6151x + 2,2794$	0,80**
- S	Guandu	$y = -1,5386x + 1,9689$	0,68**
+ Cu	Guandu	$y = 0,022x + 2,4209$	0,64**
+ Fe	Guandu	$y = 0,0012x + 1,6986$	0,71**
- Mn	Guandu	$y = -0,0034x^2 + 0,138x + 1,1167$	0,60*
+ Mn	Guandu	$y = -0,0012x + 2,4208$	0,64*
+ Zn	Guandu	$y = 0,0009x + 2,3676$	0,75*
+ Si	Guandu	$y = -0,0008x + 2,0238$	0,71**



## Nitrogênio

A deficiência severa de N, em ambas as espécies, aumentou significativamente a síntese de fenóis e de taninos. Em média, houve aumento na síntese de fenóis de 22% no guandu e de 25% na leucena. Em contrapartida, a produção de taninos foi afetada de modo muito mais intenso. O acréscimo no teor dos taninos foi de 41% no guandu e de 73% na leucena. Desse modo, a porcentagem de taninos condensados em relação aos fenóis totais em guandu mudou de 67% em plantas com níveis adequados de N para 77% em plantas deficientes, ao passo que em leucena estes valores passaram de 60% em plantas normais para 83% naquelas carentes em N.

Estudos que relacionam práticas agrônômicas ao conteúdo de fenóis em plantas são escassos, sendo que uma grande parte refere-se à fertilização com N (Marranzano et al., 2018). De modo geral, a suplementação nitrogenada diminui a concentração de fenóis em plantas, pois um baixo suprimento de N favorece o uso de carbono reduzido na síntese de fenol. O aumento no fornecimento de N para a planta estimula as enzimas polifenol oxidase, peroxidase e catalase, inibindo as atividades da fenilalanina amônia-liase (PAL) e superóxido dismutase, o que resulta em menor acumulação de compostos fenólicos e  $H_2O_2$  (Sanchez et al., 2000). Espera-se, assim, que plantas deficientes em N apresentem aumento em compostos fenólicos. E foi exatamente isto que ocorreu no presente estudo, com aumento significativo de taninos em guandu e, principalmente, em leucena.

Treuter (2001) cita muitos trabalhos nos quais a acumulação de compostos fenólicos, em diversas espécies, é negativamente afetada pelo aumento da disponibilidade de N na nutrição das plantas. A fertilização nitrogenada diminuiu a concentração de taninos condensados e glicosídeos fenólicos nas folhas de *Populus tremuloides* (Bryant et al., 1987). Em taxas excessivas de N (cinco a dez vezes a dose padrão) aplicadas em *Geranium thumbergii*, a produção de matéria seca foi duas a quatro vezes mais elevada do que na dose padrão, enquanto a concentração de taninos nas folhas foi reduzida de 5% a 23%.

Apesar de haver consenso na literatura sobre o efeito negativo da fertilização nitrogenada nos teores de polifenóis nas plantas, pode não ocorrer o resultado esperado em função da espécie e condições experimentais, por

exemplo. Assim, níveis baixos de adubação nitrogenada, fosfatada e potássica não modificaram a concentração de taninos, apesar da redução de 30% a 50% na produção de fitomassa (Nilsamranchit et al., 1996). Da mesma forma, a produção de taninos em *Lotus corniculatus* L. não foi influenciada por níveis crescentes de N (Briggs, 1991).

## Fósforo

Não houve influência da carência de P na síntese de fenóis e de taninos, sendo mantidas as relações entre taninos e fenóis tanto em guandu como em leucena. A literatura reporta resultados variados no teor de taninos e fenóis, em função da deficiência do elemento (Goldbach, 1994). Entretanto, a deficiência de P em diversas plantas tem como característica a coloração avermelhada das folhas, a qual está relacionada à acumulação de antocianinas. Nestas condições (carência de P), também ocorre aumento na produção de ácido clorogênico em girassol e enriquecimento de flavanonas em frutos de tomate (Koeppel et al., 1976; Zornoza; Esteban, 1984). Do mesmo modo, Chishaki e Horiguchi (1997) obtiveram estímulo no metabolismo de fenóis em arroz, por causa da deficiência de P. Aventa-se, portanto, a possibilidade de que determinados compostos fenólicos em espécies específicas, possam ser acumulados em maior quantidade devido à carência de P. Não foi o caso do guandu e leucena neste estudo, cuja produção de polifenóis não foi influenciada por níveis baixos de P no substrato.

## Potássio

Folhas de guandu, deficientes em K, apresentaram aumento de 56% na síntese de fenóis totais e de 74% na produção de taninos condensados. Deficiência de K em arroz, por exemplo, aumentou ligeiramente o nível de ácido ferúlico (Chishaki; Horiguchi, 1997). Por outro lado, a deficiência de K em leucena não causou modificação na síntese dos fenóis.

O K tem participação em todas as etapas da síntese proteica e controla a atividade de muitas enzimas, dentre outras funções. Tecidos de plantas deficientes em K exibem uma atividade muito maior de hidrolases ou de oxidases, como a polifenol oxidase, do que tecidos com níveis adequados de

K (Marschner, 1995; Liaqat et al., 2012), indicando a influência que a nutrição potássica pode ter nos níveis de compostos secundários, como aqueles da classe fenólica, assim como os resultados obtidos com guandu neste estudo.

## **Cálcio**

Houve aumento significativo de fenóis totais e taninos, da ordem de 25%, em plantas de guandu, e redução drástica na concentração de Ca no tecido foliar, mas sem modificação no crescimento vegetativo. Algumas pesquisas apresentam respostas semelhantes em outras espécies. Ocorreu acúmulo de antocianina em repolho em condições de carência de Ca, conforme demonstrado por Bassim e Pecket (1975). Resultado similar, do efeito do Ca na produção de fenóis, também foi obtido por Guan et al. (1999) em frutos de cerejeira, os quais observaram decréscimo no conteúdo de fenóis e aumento na atividade da peroxidase após a aplicação de Ca. Qiu e Liu (1998) também obtiveram os mesmos resultados em frutos de ameixeira. Deficiência de Ca aumentou compostos fenólicos em tomateiro (ácidos cafeico e clorogênico) (Dekock et al., 1980) e em arroz (ácidos sinápico, cafeico e p-cumárico) (Chishaki; Horiguchi, 1997). Em contrapartida, apesar da redução no teor de Ca e da queda na massa da parte aérea, não houve modificação na síntese de fenóis ou taninos na leucena.

## **Magnésio**

Apenas as plantas de leucena, carentes em Mg, apresentaram variação nos teores de fenóis totais, havendo um decréscimo médio de 21%. Entretanto, não houve diferença significativa para os taninos. A manutenção de minerais é um pré-requisito para fornecer cofatores para muitas enzimas da via fenilpropanoide e flavonoide. O Mg é um dos nutrientes que garantem o funcionamento da enzima fenilalanina amonialiase (PAL), uma das principais enzimas do metabolismo secundário, das CoA-ligases e das metiltransferases (Engelsma, 1972; Kutsuki et al., 1982). Assim, é plausível encontrar níveis menores de fenóis em plantas deficientes em Mg.

## Enxofre

No tratamento com deficiência em S, apenas as plantas de guandu apresentaram diminuição no teor foliar do elemento, apesar de não ocorrer diminuição na massa da matéria seca. O decréscimo médio de 56% na concentração de S nas folhas de guandu foi seguido por um aumento na presença de fenóis e taninos nas folhas, em média de 21% e 42%, respectivamente.

O S faz parte dos aminoácidos cistina, cisteína e metionina, portanto de proteínas e de outros compostos contendo S, como enzimas e compostos secundários. Tem participação importante nos metabolismos primário e secundário, como na síntese da glutatona, glucosinolatos, fitoquelatinas, tioredoxinas, ferredoxina, biotina, tiamina, lipídeos etc. Com a falta de S no substrato, a planta diminui a produção dos aminoácidos que contém S, mas aumenta a biossíntese de aminoácidos aromáticos, principalmente triptofano, os quais são precursores dos polifenóis (Bergmann, 1992; Taiz; Zeiger, 1998; Nikiforova, 2006), o que explica o aumento desses compostos observado neste estudo.

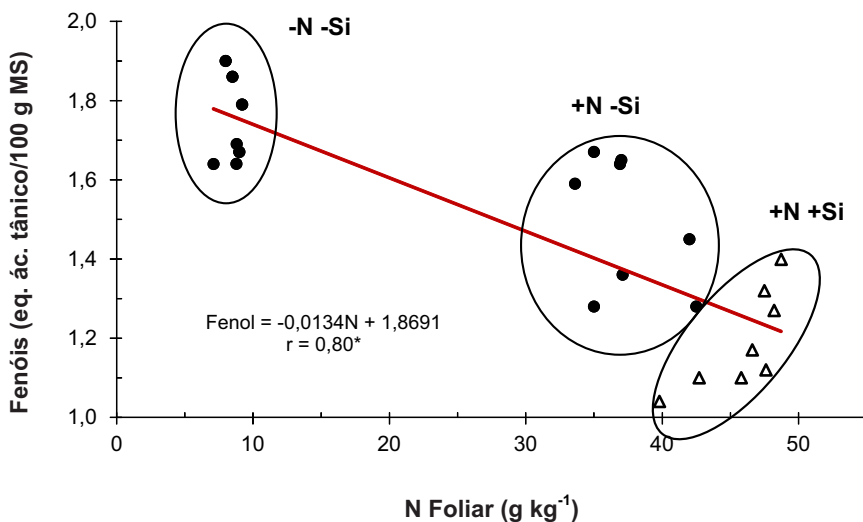
## Silício

Não houve diferença na matéria seca da parte aérea entre plantas de guandu ou leucena com ou sem suplementação de silício. Em leucena, as plantas responderam à adição de Si absorvendo e translocando para as folhas cerca de 72% mais Si que o tratamento controle, com aumento no teor foliar de N de 11% em média, porém abaixo do ocorrido com o guandu. Ocorreu um decréscimo de 8% na concentração de polifenóis, porém não significativo. Em guandu, o aumento no teor de Si foi menor em relação à leucena, alcançando um percentual médio de 30%, porém com acréscimo significativo de 25% na concentração foliar de N e com diminuição significativa de 17% nos compostos fenólicos.

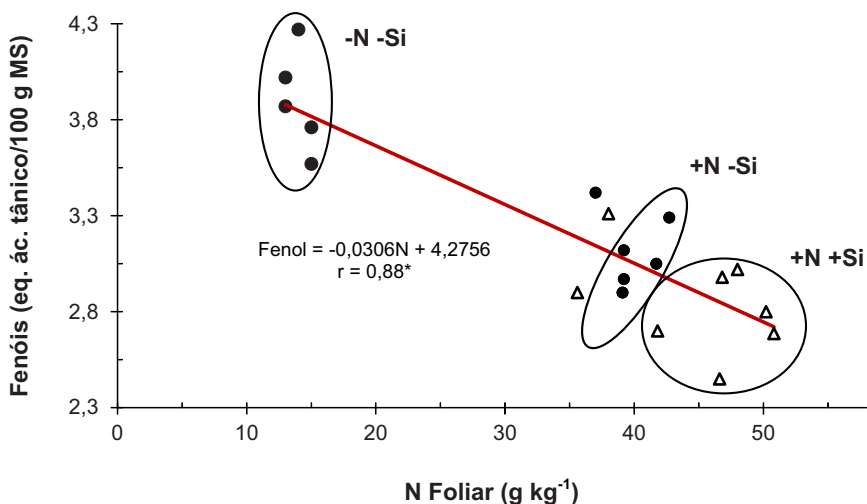
Uma causa provável para a diminuição de fenóis foi o aumento na absorção de N (Figuras 1 e 2). Como visto anteriormente, a fertilização nitrogenada pode causar diminuição no nível de fenóis e taninos. Assim, de modo indireto, a suplementação de Si em plantas sem estresse de qualquer natureza, pode ocasionar queda no teor destes compostos secundários. Entretanto, trabalhos

envolvendo a interação N x Si são escassos na literatura. Referências conhecidas envolvem a ação dos níveis de N na absorção e acumulação de Si, mas não o contrário, ou seja, o efeito do Si na absorção de N. Lima (1998) obteve aumento no teor foliar de N de até 47% em soja nodulada, cultivada em solução nutritiva, quando se adicionou Si ao meio nutriente.

Chishaki e Horiguchi (1997) obtiveram decréscimo nos níveis de ácido sinápico, em cevada, com a adição de silício e condições nutricionais normais para outros nutrientes. A adição de Si também suprimiu o aumento de ácidos fenólicos devido ao excesso de Mn. Por sua vez, a falta de silício aumentou os teores de ácidos fenólicos, em concentração normal ou excessiva de Mn na solução nutritiva. Como o Si pode aumentar a produção de fotoassimilados, por causa do incremento na taxa fotossintética, há um aumento de substrato para a incorporação do N nos esqueletos carbônicos (Epstein, 1995; Takahashi, 1995). Em contrapartida, a fertilização com Si pode aumentar o teor de fenóis e outras substâncias, incluindo enzimas, quando a planta está infectada por fungos patogênicos, agindo como um elicitor, ou seja, o Si induz o mecanismo de defesa somente em resposta ao ataque de patógenos (Fosket, 1994; Chérif et al., 1994; Lima Filho et al., 1999).



**Figura 1.** Correlação entre o teor foliar de N em guandu deficiente em N e sem suplementação de Si (-N -Si), sem deficiência em N e sem suplementação de Si (+N -Si) e sem deficiência em N e com suplementação de Si (+N +Si) e a síntese foliar de fenóis totais.



**Figura 2.** Correlação entre o teor foliar de N em leucena deficiente em N e sem suplementação de Si (-N -Si), sem deficiência em N e sem suplementação de Si (+N -Si) e sem deficiência em N e com suplementação de Si (+N +Si) e a síntese foliar de fenóis totais.

Os tratamentos com micronutrientes, conforme metodologia descrita, foram realizados apenas com as plantas de guandu, exceto para Fe, no qual houve indução de deficiência e toxidez deste elemento para ambas as espécies. Portanto, a seguir, as discussões dos resultados obtidos com os micronutrientes referem-se apenas ao guandu, exceto para Fe, no qual há dados também para a leucena.

## Boro

Não houve diferença estatística na síntese de fenóis ou taninos em plantas deficientes, o que explica a não ocorrência de necrose foliar nos sintomas de plantas carentes no micronutriente. A necrose, que comumente se observa em plantas deficientes, parece ser melhor explicada pela acumulação de compostos fenólicos, que se degradam pela ação de fenolases. Vários trabalhos mostram a relação entre o aumento destas enzimas e a deficiência de B em plantas (Shkolnik, 1984). Complexando-se ao ácido 6-fosfoglicônico, o B inibe a enzima 6-fosfogliconato desidrogenase, restringindo a oxidação do

substrato pela via pentose-fosfato e, portanto, a síntese de fenóis. A eritrose-4-fosfato formada nesta via é precursora do ácido chiquímico, cuja via é responsável pela formação de fenóis. Se o B regula este desvio catabólico da via pentose, por meio de sua complexação com o substrato, compostos fenólicos não se acumulam. De outro modo, a deficiência de B resultaria em uma não inibição da desidrogenase, formando, assim, excesso de ácidos fenólicos (Lee; Aronoff, 1967; Dugger, 1983; Amorim, 1985).

Apesar de a adição suplementar de B ocorrer 53 dias após a emergência do guandu, houve um decréscimo de 28% na produção de matéria seca da parte aérea. Como ocorre também com a deficiência de B, a toxidez de B induz à maior atividade de fenolases, como polifenol oxidase e oxidase de AIA, indicando a oxidação dos fenóis, como descrito por Gupta e Solanki (2012) para berinjela. A síntese de fenóis e taninos diminuiu significativamente, cerca de 30%, em plantas com toxidez de B. Feucht et al. (1999), estudaram o efeito do B em calos de videira. Níveis mais elevados de B diminuíram a concentração de flavonoides (catequina e protoantocianidinas), também em cerca de 30%.

## Cobre

A deficiência de Cu causou decréscimo significativo na produção de fenóis e taninos, em torno de 30%. Por sua vez, a presença de níveis muito elevados de Cu na solução nutritiva induziu a planta a sintetizar 41% mais fenóis e 53% de taninos. A proporção entre taninos e fenóis, porém, manteve-se constante.

Na forma oxidada, o Cu é rapidamente reduzido e, em complexos proteicos, o Cu tem alto potencial redox. Estas propriedades são exploradas pelas enzimas que podem, assim, hidroxilar monofenóis; oxidá-los para criar polímeros complexos, como lignina e melanina; finalizar a transferência de elétrons e oxidar aminas, agindo geralmente como oxidase citoplasmática. Os papéis principais do Cu incluem o estrutural de algumas proteínas e como constituinte ou ativador de enzimas, muitas delas ligadas ao metabolismo dos compostos fenólicos (Bergmann, 1992).

Na deficiência de Cu, a diminuição na atividade da polifenol oxidase é bastante severa, correlacionando-se com uma acumulação de fenóis e uma diminuição na formação de substâncias melanóticas (Davies et al., 1978; Delhaize et al., 1985). Em arroz, por exemplo, a atividade da enzima orto-fenol oxidase aumenta com a diminuição drástica de Cu disponível para a planta, causando, com isso, aumento de fenóis na parte aérea (Lidon; Henriques, 1991). Portanto, os resultados obtidos neste estudo com a deficiência de Cu são opostos ao esperado.

## **Ferro**

Tanto as plantas de guandu como as de leucena apresentaram sintomas típicos de deficiência de Fe. Surpreendentemente, as análises foliares das plantas deficientes não apresentaram diminuição nos níveis foliares do metal, em ambas as espécies. O crescimento não foi afetado, bem como não houve modificação nos teores de fenóis e taninos em plantas submetidas ao estresse de deficiência do micronutriente.

A adição de Fe em níveis elevados na solução nutritiva correspondeu a teores também elevados de Fe nos tecidos foliares do guandu, com aumento em mais de 100%. Neste caso, a síntese de fenóis e taninos em plantas de guandu, com níveis tóxicos de Fe, aumentou cerca de 25%. Níveis tóxicos de Fe também aumentaram os valores de polifenóis em arroz, com aumento médio em torno de 40%. Neste estudo, os fenóis agiram como antioxidantes contra o estresse oxidativo causado pelo excesso de Fe (Mehraban et al., 2008). O aumento de fenóis em virtude do excesso de Fe foliar em guandu também é corroborado pelos dados de Chatterjee et al. (2006), que constataram aumento nos níveis de fenóis em batata, tanto em condições de deficiência como de excesso do elemento no substrato.

## **Manganês**

Houve diminuição de fenóis e taninos quando o guandu apresentou concentrações foliares de Mn deficientes ou muito elevadas. Plantas com níveis elevados apresentaram teores foliares 11 vezes acima do normal. Apesar dos valores altos, não houve sintomas visíveis de toxidez de Mn. Desse modo, não se pode afirmar que os teores foliares obtidos no tratamento



com adição elevada de Mn fossem tóxicos, pois não causaram sintomas característicos de toxidez e queda na produção.

Brown et al. (1984) obtiveram decréscimo de fenóis na parte aérea de trigo sob condições de deficiência de Mn. Do mesmo modo, Goldbach (1994) cita trabalhos cuja deficiência de Mn causou diminuição na fenilalanina amônia-liase, fenóis totais, antocianina ou nos flavonoides. Em contrapartida, Chishaki e Horigushi (1997) encontraram aumento nos ácidos p-cumárico e sinápico em condições de excesso de Mn.

O Mn ativa diversas enzimas, muitas ligadas à via do ácido chiquímico e das vias subseqüentes, levando à biossíntese de aminoácidos aromáticos e de vários produtos secundários, como lignina, flavonoides e ácido indolacético – AIA (Burnell, 1988; Hughes; Williams, 1988). Níveis muito elevados de Mn no tecido vegetal pode aumentar as polifenol oxidases, diminuindo a concentração de fenóis e levando ao aparecimento de manchas marrons, causadas por fenóis oxidados (Horst, 1988). Portanto, a diminuição na síntese de fenóis no guandu, devido à deficiência ou toxidez de Mn, é causada basicamente pelas alterações das reações enzimáticas na via do ácido chiquímico.

## Zinco

A indução da deficiência de Zn no guandu ficou bem caracterizada, ao passo que as plantas com níveis elevados deste micronutriente na solução nutritiva não apresentaram sintomas aparentes de toxidez. Os teores foliares de plantas deficientes foram 30% menores que o controle, enquanto na dose mais elevada os níveis nas folhas foram quase 14 vezes mais elevados, em média. Apenas o tratamento com excesso de Zn modificou a síntese de fenóis, que aumentou em cerca de 18%. Resultado semelhante foi obtido em estudo conduzido por Morina et al. (2008), no qual o aumento de Zn em verbasco (*Verbascum thapsus* L.) induziu o acúmulo de compostos fenólicos solúveis, o que gerou um incremento na capacidade antioxidante da planta.

## Considerações finais

---

Como já mencionado, a síntese de compostos fenólicos pelas plantas depende de características genéticas e da interação de inúmeros fatores, principalmente aqueles provocados por estresses bióticos e abióticos, além do estágio fenológico. Solos com problemas de fertilidade, mal adubados ou não corrigidos adequadamente, tendem a induzir a planta a apresentar modificações na síntese de compostos do metabolismo secundário, sendo que o resultado final, aumento ou diminuição, vai depender da interação dos desequilíbrios nutricionais e da intensidade individual de cada estresse, além de outros fatores existentes no ambiente. Apesar da boa aceitabilidade da leucena e do guandu pelos animais, para otimizar a utilização dessas leguminosas taníferas nas dietas, é importante estudos relacionados aos fatores ambientais que interferem na produção dos polifenóis, notadamente taninos.

Dessa forma, é possível por meio de um manejo nutricional adequado, diminuir ou mesmo aumentar o teor de polifenóis. Por exemplo, em função dos resultados obtidos, pode-se afirmar que a adubação NPK, ou individual destes nutrientes, bem como a correção do solo com calcário ou escória agrícola, tem potencial para diminuir a síntese de fenóis em condições propícias ao aumento destes compostos, como em regiões mais quentes. De outra forma, em situações onde há interesse no aumento da produção de fenóis, deve-se avaliar a possibilidade de diminuir a adubação básica, sem prejuízo da produtividade. De qualquer modo, são necessários estudos específicos em condições de campo, para aqueles nutrientes que mostraram maior relevância em modificar o teor de polifenóis.

## Conclusões

---

Deficiência de N, K, Ca, S e o excesso de Cu, Fe e Zn em guandu induzem a uma maior produção foliar de compostos fenólicos totais e taninos condensados. Deficiência de Cu e Mn e o excesso de B e Mn levam as plantas de guandu a sintetizar menor quantidade de polifenóis totais e taninos condensados.

Em leucena, deficiência de N aumenta a produção foliar de fenóis totais e taninos condensados, ao passo que a falta de Mg causa diminuição.

Teores elevados de Si no substrato aumentam a concentração de N no tecido foliar de guandu e leucena, diminuindo, assim, os níveis de fenóis totais e taninos condensados.

## Referências

---

- ADDISU, S. Effect of dietary tannin source feeds on ruminal fermentation and production of cattle; a review. **Online Journal of Animal and Feed Research**, v. 6, n. 2, p. 45–56, 2016. Disponível em: <https://tinyurl.com/y3as8vj2>. Acesso em: 10 set. 2019.
- AMORIM, H. V. de. Respiração. In: FERRI, M. G. (Coord.). **Fisiologia vegetal**. 2. ed. São Paulo: EPU, 1985. v. 1, cap. 6, p. 251–279.
- BASSIM, T. A. H.; PECKET, R. C. The effect of membrane stabilizers on phytochrome-controlled anthocyanin biosynthesis in *Brassica oleraceae*. **Phytochemistry**, v. 14, p. 731–733, 1975.
- BERGMANN, W. **Nutritional disorders of plants**: development, visual and analytical diagnosis. 3. ed. Jena: Gustav Fischer, 1992. 734 p.
- BRANDES, D.; FREITAS, E. A. G. de. Taninos condensados – uma ferramenta para melhorar o desempenho de ruminante. **Agropecuária Catarinense**, v. 5, p. 44–48, 1992.
- BRIGGS, M. A. Influence of herbivory and nutrient availability on biomass, reproduction and chemical defenses of *Lotus corniculatus* L. **Functional Ecology**, v. 5, p. 780–786, 1991.
- BROWN, P. H.; GRAHAM, R. D.; NICHOLAS, J. D. The effects of manganese and nitrate supply on the levels of phenolics and lignin in young wheat plants. **Plant and Soil**, v. 81, p. 437–440, 1984.
- BRYANT, J. P.; CLAUSEN, T. P.; REICHARD, P. B.; MCCARTHY, M. C.; WERNER, R. A. Effect of nitrogen fertilization upon the secondary chemistry and nutritional value of quaking aspen (*Populus tremuloides* Michx.) leaves for the large aspen tortrix (*Choristoneura conflictana* (Walker)). **Oecologia**, v. 73, p. 513–517, 1987.
- BURNELL, J. N. The biochemistry of manganese in plants. In: GRAHAM, R. D.; HANNAM, R. J.; UREN, N. C. (Ed.). **Manganese in soils and plants**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1988. p. 125–137.
- CHATTERJEE, C.; GOPAL, R.; DUBE, B. K. Impact of iron stress on biomass, yield, metabolism and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 108, p. 1–6, 2006.
- CHÉRIF, M.; ASSELIN, A.; BÉLANGER, R. R. Defense responses induced by soluble silicon in cucumber roots infected by *Pythium* spp. **Phytopathology**, v. 84, p. 236–242, 1994.
- CHISHAKI, N.; HORIGUCHI, T. Responses of secondary metabolism in plants to nutrient deficiency. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 43, p. 987–991, 1997. Special issue.
- DAVIES, J. N.; ADAMS, P.; WINSOR, G. W. Bud development and flowering of *Chrysanthemum morifolium* in relation to some enzyme activities and to the copper, iron and manganese status. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 9, p. 249–264, 1978.
- DEKOCK, P. C.; VAUGHAN, D.; HALL, A.; ORD, B. G. Biochemical studies on blossom-end rot of tomatoes. **Physiologia Plantarum**, v. 48, n. p. 312–316, 1980.
- DELHAIZE, E.; LONERAGAN, J. F.; WEBB, J. Development of three copper metalloenzymes in clover leaves. **Plant Physiology**, v. 78, n. 1, p. 4–7, 1985.

- DUGGER, W. N. M. Boron in plant metabolism. In: LAÜCHLI, A.; BIELESKI, R. L. (Ed.). **Encyclopedia of plant physiology**. Berlin: Springer-Verlag, 1983. v. 15B, cap. 2, p. 626–650.
- ENGELSMA, G. A. Possible role of divalent manganese ions in the photoinduction of phenylalanine ammonia-lyase. **Plant Physiology**, v. 50, p. 599–602, 1972.
- EPSTEIN, E. Photosynthesis, inorganic plant nutrition, solutions, and problems. **Photosynthesis Research**, v. 46, p. 37–39, 1995.
- FEUCHT, W., TREUTTER, D., BENGSCHE, E., POLSTER, J. Effects of watersoluble boron and aluminium compounds on the synthesis of flavanols in grape vine callus. **Zeitschrift für Naturforschung C**, v. 54, p. 942–945, 1999. Disponível em: [http://zfn.mpd.l.mpg.de/data/Reihe\\_C/54/ZNC-1999-54c-0942.pdf](http://zfn.mpd.l.mpg.de/data/Reihe_C/54/ZNC-1999-54c-0942.pdf). Acesso em 22 jul. 2019.
- FOSKET, D. E. **Plant growth and development: a molecular approach**. San Diego: Academic Press, 1994. 580 p.
- GOLDBACH, H. Does the research on plant phenols hold out prospects in integrated plant production? – plant nutrition / plant production. **Acta Horticulturae**, v. 381, p. 819–823, 1994.
- GUAN, J. F.; ZHANG, L. B.; YU, F. M.; MA, Z. H. Effects of calcium spraying on quality and post harvest physiology of sweet cherry fruits. **Journal of Hebei Agricultural University**, Hebei, v. 22, n. 1, p. 43–46, 1999.
- GUPTA, U.; SOLANKI, H. Changes in phenol metabolism and iaa oxidase activity of brinjal (*Solanum melongena* L.) plant in response to foliar application of different b concentrations. **Life Sciences Leaflets**, p. 399–408, 2012. Disponível em: <<https://tinyurl.com/y5o7pzca>>. Acesso em: 14 out. 2019.
- HAGERMAN, A. E.; ROBBINS, C. T.; WEERASURITA, Y.; WILSON, T. C.; McARTHUR, C. Tannin chemistry in relation to digestion. **Journal of Range Management**, v. 45, n. 1, p. 57–62, 1992.
- HASLAM, E. Hidroxibenzoic acid and the enigma of gallic acid. In: CONN, E. E. (Ed.). **The shikimic acid pathway: recent advances in phytochemistry**. New York: Plenum Press, 1986. v. 20, p. 163–200.
- HASLAM, E. **Metabolites and metabolism**. Oxford: Clarendon Press, 1985. 151 p.
- HORST, W. J. The physiology of manganese toxicity. In: Graham, R. D.; Hannam, R. J.; Uren, N. J. (Eds). **Manganese in Soil and Plants**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1988. p. 175–188.
- HUGHES, N. P.; WILLIAMS, R. J. P. An introduction to manganese biological chemistry. In: GRAHAM, R. D.; HANNAM, R. J.; UREN, N. C. (Ed.). **Manganese in soils and plants**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1988. p. 7–19.
- JIMENEZ, L. M.; FREITAS, E. A. G. Fracionamento dos componentes nitrogenados e teor de tanino nas plantas forrageiras. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 21. 1984, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBZ, 1984. p. 376.
- KOEPPE, D. E.; SOUTHWICK, L. M.; BITELL, J. E. The relationship of tissue chlorogenic acid concentrations and leaching of phenolics from sunflowers grown under varying phosphate nutrient conditions. **Canadian Journal of Botany**, v. 54, 593–599, 1976.
- KRAUS, T. E. C.; ZASOSKI, R. J.; DAHLGREN, R. A. Fertility and pH effects on polyphenol and condensed tannin concentrations in foliage and roots. **Plant and Soil**, v. 262, p. 95–109, 2004.
- KUTSUKI, H.; SHIMADA, Y.; HIGUCHI, T. Distribution and role of p-hydroxycinnamate: CoA ligase in lignin biosynthesis. **Phytochemistry**, v. 21, p. 267–271, 1982.

- LEE, S. G.; ARONOFF, S. Boron in plants: a biochemical role. **Science**, v. 158, p. 79–99, 1967.
- LEINMÜLLER, E.; STEINGASS, H.; MENKE, K. H. Tannins in ruminant feedstuffs. **Animal Research and Development**, v. 33, p. 9–62, 1991.
- LIAQAT, A., BEATRIX, W. A., ANNA, K. R., BIRGITTA, S., TIM, N., MARIE, E. O. Effects of nutrition strategy on the levels of nutrients and bioactive compounds in blackberries. **European Food Research and Technology**, v. 234, p. 33–44, 2012.
- LIDON, F. C.; HENRIQUES, F. S. Effects of copper on the ascorbate, diamine and o-diphenol oxidases activities of rice leaves. **Phyton**, v. 52, p. 97–104, 1991.
- LIMA, M. T. G. **Interrelação cancro da haste (*Diaporthe phaseolorum* f. sp. meridionalis), nodulação (*Bradyrhizobium japonicum*) e silício em soja [*Glycine max* (L.) Merrill]**. 1998. 58 p. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- LIMA FILHO, O. F.; GROTHGE-LIMA, M. T.; TSAI, S. M. Supressão de patógenos em solos induzida por agentes abióticos: o caso do silício. **Informações Agronômicas**, n. 87, p. 8–12, set. 1999. Encarte técnico.
- MAKKAR, H. P. S. (Comp.). **Quantification of tannins in tree foliage**: a laboratory manual for the FAO/IAEA co-ordinated research project... Vienna: IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture; [Rome]: FAO, 2000. 26 p. (FAO/IAEA working document).
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319 p.
- MARRANZANO, M.; ROSA, R. L.; MALAGUARNERA, M.; PALMERI, R.; TESSITORI, M.; BARBERA, A. C. Polyphenols: Plant Sources and Food Industry Applications. **Current Pharmaceutical Design**, v. 24, p. 4125–4130, 2018.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. New York: Academic Press, 1995. 887 p.
- MEHRABAN, P., ZADEH, A. A.; SADEGHIPOUR, H. R. Iron toxicity in rice (*Oryza sativa* L.), under different potassium nutrition. **Asian Journal of Plant Sciences**, v. 7, p. 251–259, 2008.
- MORINA, F., JOVANOVIĆ, L., KUKAVICA, B., VELJOVIĆ-JOVANOVIĆ, S. Peroxidase, phenolics, and antioxidative capacity of common mullein (*Verbascum thapsus* L.) grown in a zinc excess. **Archives of Biological Sciences**, v. 60, p. 687–695, 2008.
- NAUMANN, H. D.; TEDESCHI, L. O.; ZELLER, W. E.; HUNTLEY, N. F. The role of condensed tannins in ruminant animal production: advances, limitations and future directions. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, n. 12, p. 929–949, Dez. 2017. Disponível em: <<https://tinyurl.com/uxl1dav>>. Acesso em: 21 nov. 2019.
- NGUYEN; P. M.; NIEMEYER, E. D. Effects of Nitrogen Fertilization on the Phenolic Composition and Antioxidant Properties of Basil (*Ocimum basilicum* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 8685–8691, 2008.
- NIKIFOROVA V. J.; BIELECKA M.; GAKIÈRE, B.; KRUEGER, S.; RINDER, J.; KEMPA, S., MORCUENDE, R.; SCHEIBLE, W. R.; HESSE, H.; HOEFGEN, R. Effect of sulfur availability on the integrity of amino acid biosynthesis in plants. **Amino Acids**, v. 30, p. 173–183; 2006.
- NILSAMRANCHIT, S.; OGAKI, K.; ASHIDA, K.; SUGINO, M. Effects of application levels of N-P-K fertilizer on the growth and yield of a medicinal plant, *Geranium thunbergii* Sieb. et Zucc. **Memoirs of the Faculty of Agriculture of Kinki University**, n. 29, p. 1–10, 1996.

- NOVOZAMSKY, R. van E.; HOUBA, V. J. G. A rapid determination of silicon in plant material. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 15, p. 205–211, 1984.
- OLIVEIRA, S. G.; BERCHIELLI, T. T. Potencialidades da utilização de taninos na conservação de forragens e nutrição de ruminantes – revisão. **Archives of Veterinary Science**, v. 12, p. 1–9, 2007.
- QIU, D. L.; LIU, X. H. Calcium spraying and its effect on the calcium content and flesh browning in fruit of nane. **Journal of Fujian Agricultural University**, v. 27, p. 415–418, 1998.
- RAMAKRISHNA; A.; RAVISHANKAR, G. A. Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. **Plant Signaling & Behavior**, v. 6, p. 1720–1731, 2011.
- RAO, S.; SCHWARZ, L. J.; SANTHAKUMAR, A. B.; CHINKWO, K. A.; BLANCHARD, C. L. Cereal phenolic contents as affected by variety and environment. **Cereal Chemistry**, v. 95, p. 589–602, 2018.
- SANCHEZ, E.; SOTO, J. M.; GARCIA, P. C.; LOPEZ, L. R.; RIVERO, R. M.; RUIZ, J. M.; ROMERO, L. Phenolic and oxidative metabolism as bioindicators of nitrogen deficiency in French bean plants (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Strike). **Plant Biology**, v. 2, p. 272–277, 2000.
- SHKOLNIK, M. Y. **Trace elements in Plants: Developments in Crop Science 6**, New York: Elsevier, 1984. 463 p.
- SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Principal components analysis in the software Assistat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7., 2009, Reno. [Proceedings...]. [S.l.]: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 2. ed. Sunderland: Sinauer, 1998. 792 p.
- TAKAHASHI, E. Uptake mode and physiological functions of silica. In: MATSUO, T.; KUMAZAWA, K.; ISHII, R.; ISHIHARA, K.; HIRATA, H., (Ed.). **Science of the rice plant: physiology**. Tokyo: Food and Agriculture Policy Research Center, 1995. cap.5, p. 420–433.
- TREUTER, D. Biosynthesis of phenolic compounds and its regulation in ale. **Plant Growth Regulation**, v. 34, p. 71–89, 2001.
- VASTA, V.; DAGHIO, V. M., CAPPUCCI, A., BUCCIONI, A., SERRA, A., VITI, C., MELE, M. Plant polyphenols and rumen microbiota responsible for fatty acid biohydrogenation, fiber digestion, and methane emission: Experimental evidence and methodological approaches. **Journal of Dairy Science**, v. 102, p. 3781–3804, 2019.
- ZORNOZA; P.; ESTEBAN, R. M. Flavonoids content of tomato plants for the study of the nutritional status. **Plant and Soil**, v. 82, p. 269–271, 1984.





## Apêndice 1

### Composição das soluções nutritivas, em ml por litro, utilizadas para os tratamentos de deficiência e toxidez de nutrientes em guandu e leucena

#### Guandu

##### Testemunha

$\text{KNO}_3$  M – 2,0;  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  M – 1,35;  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  M – 0,65;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  M – 0,35; Micronutrientes [KCl 50 mM;  $\text{H}_3\text{BO}_3$  25 mM;  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0,5 mM;  $\text{H}_2\text{MoO}_4$  (85%  $\text{MoO}_3$ ) 0,5 mM] – 1,0; Fe-EDTA ( $\text{SO}_4^-$ ) 20 mM – 1,0.

##### Deficiência em N

$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  M – 0,35;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  – 0,65; KCl – 1,35;  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  0,01M – 100;  $\text{CaCl}_2$  – 0,35; Micronutrientes [KCl 50 mM;  $\text{H}_3\text{BO}_3$  25 mM;  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0,5 mM;  $\text{H}_2\text{MoO}_4$  (85%  $\text{MoO}_3$ ) 0,5 mM] – 1,0; Fe-EDTA ( $\text{SO}_4^-$ ) 20 mM – 1,0.

##### Deficiência em P

$\text{KNO}_3$  M – 2,0;  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  M – 1,35;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  M – 0,35;  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  – 0,33; Micronutrientes [KCl 50 mM;  $\text{H}_3\text{BO}_3$  25 mM;  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0,5 mM;  $\text{H}_2\text{MoO}_4$  (85%  $\text{MoO}_3$ ) 0,5 mM] – 1,0; Fe-EDTA ( $\text{SO}_4^-$ ) 20 mM – 1,0.

##### Deficiência em K

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  M – 1,35;  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  M – 0,65;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  M – 0,35;  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  – 1,0; Micronutrientes [KCl 50 mM;  $\text{H}_3\text{BO}_3$  25 mM;  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0,5 mM;  $\text{H}_2\text{MoO}_4$  (85%  $\text{MoO}_3$ ) 0,5 mM] – 1,0; Fe-EDTA ( $\text{SO}_4^-$ ) 20 mM – 1,0.



### Deficiência em Ca

$\text{KNO}_3$  M – 2,0;  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  M – 0,65;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  M – 0,35;  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  – 1,35; Micronutrientes [ $\text{KCl}$  50 mM;  $\text{H}_3\text{BO}_3$  25 mM;  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0,5 mM;  $\text{H}_2\text{MoO}_4$  (85%  $\text{MoO}_3$ ) 0,5 mM] – 1,0; Fe-EDTA ( $\text{SO}_4^-$ ) 20 mM – 1,0.



### Deficiência em Mg

$\text{KNO}_3$  M – 2,0;  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  M – 1,35;  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  M – 0,65;  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  0,01M – 35; Micronutrientes [ $\text{KCl}$  50 mM;  $\text{H}_3\text{BO}_3$  25 mM;  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0,5 mM;  $\text{H}_2\text{MoO}_4$  (85%  $\text{MoO}_3$ ) 0,5 mM] – 1,0; Fe-EDTA ( $\text{SO}_4^-$ ) 20 mM – 1,0.



### Deficiência em S

$\text{KNO}_3$  M – 2,0;  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  M – 1,35;  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  M – 0,65;  $\text{MgCl}_2$  – 0,35; Micronutrientes [ $\text{KCl}$  50 mM;  $\text{H}_3\text{BO}_3$  25 mM;  $\text{MnSO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0,5 mM;  $\text{H}_2\text{MoO}_4$  (85%  $\text{MoO}_3$ ) 0,5 mM] – 1,0; Fe-EDTA ( $\text{Cl}^-$ ) 20 mM – 1,0.



### Suplementação com Si ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ – 3,8 mM)

$\text{KNO}_3$  M – 2,0;  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  M – 1,35;  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  M – 0,65;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  M – 0,35; Micronutrientes [ $\text{KCl}$  50 mM;  $\text{H}_3\text{BO}_3$  25 mM;  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0,5 mM;  $\text{H}_2\text{MoO}_4$  (85%  $\text{MoO}_3$ ) 0,5 mM] – 1,0; Fe-EDTA ( $\text{SO}_4^-$ ) 20 mM – 1,0.



### Deficiência em B

$\text{KNO}_3$  M – 2,0;  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  M – 1,35;  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  M – 0,65;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  M – 0,35; Micronutrientes [ $\text{KCl}$  50 mM;  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0,5 mM;  $\text{H}_2\text{MoO}_4$  (85%  $\text{MoO}_3$ ) 0,5 mM] – 1,0; Fe-EDTA ( $\text{SO}_4^-$ ) 20 mM – 1,0.

**Deficiência em Cu**

$\text{KNO}_3$  M – 2,0;  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  M – 1,35;  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  M – 0,65;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  M – 0,35; Micronutrientes [KCl 50 mM;  $\text{H}_3\text{BO}_3$  25 mM;  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{H}_2\text{MoO}_4$  (85%  $\text{MoO}_3$ ) 0,5 mM] – 1,0; Fe-EDTA ( $\text{SO}_4^-$ ) 20 mM – 1,0.

**Deficiência em Fe**

$\text{KNO}_3$  M – 1,2;  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  M – 0,8;  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  M – 0,4;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  M – 0,2; Micronutrientes [KCl 50 mM;  $\text{H}_3\text{BO}_3$  25 mM;  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0,5 mM;  $\text{H}_2\text{MoO}_4$  (85%  $\text{MoO}_3$ ) 0,5 mM] – 1,0.

**Deficiência em Mn**

$\text{KNO}_3$  M – 2,0;  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  M – 1,35;  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  M – 0,65;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  M – 0,35; Micronutrientes [KCl 50 mM;  $\text{H}_3\text{BO}_3$  25 mM;  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0,5 mM;  $\text{H}_2\text{MoO}_4$  (85%  $\text{MoO}_3$ ) 0,5 mM] – 1,0; Fe-EDTA ( $\text{SO}_4^-$ ) 20 mM – 1,0.

**Deficiência em Zn**

$\text{KNO}_3$  M – 2,0;  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  M – 1,35;  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  M – 0,65;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  M – 0,35; Micronutrientes [KCl 50 mM;  $\text{H}_3\text{BO}_3$  25 mM;  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0,5 mM;  $\text{H}_2\text{MoO}_4$  (85%  $\text{MoO}_3$ ) 0,5 mM] – 1,0; Fe-EDTA ( $\text{SO}_4^-$ ) 20 mM – 1,0.

 **Leucena** **Testemunha**

$\text{KNO}_3$  M – 1,2;  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  M – 0,8;  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  M – 0,4;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  M – 0,2; Micronutrientes [ $\text{KCl}$  50 mM;  $\text{H}_3\text{BO}_3$  25 mM;  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0,5 mM;  $\text{H}_2\text{MoO}_4$  (85%  $\text{MoO}_3$ ) 0,5 mM] – 1,0; Fe-EDTA ( $\text{SO}_4^-$ ) 20 mM – 1,0.

 **Deficiência em N**

$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  M – 0,2;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  – 0,4;  $\text{KCl}$  – 0,8;  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  0,01M – 80; Micronutrientes [ $\text{KCl}$  50 mM;  $\text{H}_3\text{BO}_3$  25 mM;  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0,5 mM;  $\text{H}_2\text{MoO}_4$  (85%  $\text{MoO}_3$ ) 0,5 mM] – 1,0; Fe-EDTA ( $\text{SO}_4^-$ ) 20 mM – 1,0.

 **Deficiência em P**

$\text{KNO}_3$  M – 1,2;  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  M – 0,8;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  M – 0,2;  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  – 0,2; Micronutrientes [ $\text{KCl}$  50 mM;  $\text{H}_3\text{BO}_3$  25 mM;  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0,5 mM;  $\text{H}_2\text{MoO}_4$  (85%  $\text{MoO}_3$ ) 0,5 mM] – 1,0; Fe-EDTA ( $\text{SO}_4^-$ ) 20 mM – 1,0.

 **Deficiência em K**

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  M – 0,8;  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  M – 0,4;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  M – 0,2;  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  – 0,6; ; Micronutrientes [ $\text{KCl}$  50 mM;  $\text{H}_3\text{BO}_3$  25 mM;  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0,5 mM;  $\text{H}_2\text{MoO}_4$  (85%  $\text{MoO}_3$ ) 0,5 mM] – 1,0; Fe-EDTA ( $\text{SO}_4^-$ ) 20 mM – 1,0.

 **Deficiência em Ca**

$\text{KNO}_3$  M – 1,2;  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  M – 0,4;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  M – 0,2;  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  – 0,8; Micronutrientes [ $\text{KCl}$  50 mM;  $\text{H}_3\text{BO}_3$  25 mM;  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0,5 mM;  $\text{H}_2\text{MoO}_4$  (85%  $\text{MoO}_3$ ) 0,5 mM] – 1,0; Fe-EDTA ( $\text{SO}_4^-$ ) 20 mM – 1,0.

### Deficiência em Mg

$\text{KNO}_3$  M – 1,2;  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  M – 0,8;  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  M – 0,4;  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  0,01M – 20; Micronutrientes [ $\text{KCl}$  50 mM;  $\text{H}_3\text{BO}_3$  25 mM;  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0,5 mM;  $\text{H}_2\text{MoO}_4$  (85%  $\text{MoO}_3$ ) 0,5 mM] – 1,0; Fe-EDTA ( $\text{SO}_4^-$ ) 20 mM – 1,0.

### Deficiência em S

$\text{KNO}_3$  M – 1,2;  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  M – 0,8;  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  M – 0,4;  $\text{MgCl}_2$  – 0,2; Micronutrientes [ $\text{KCl}$  50 mM;  $\text{H}_3\text{BO}_3$  25 mM;  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0,5 mM;  $\text{H}_2\text{MoO}_4$  (85%  $\text{MoO}_3$ ) 0,5 mM] – 1,0; Fe-EDTA ( $\text{Cl}^-$ ) 20 mM – 1,0.

### Deficiência em Fe

$\text{KNO}_3$  M – 1,2;  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  M – 0,8;  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  M – 0,4;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  M – 0,2; Micronutrientes [ $\text{KCl}$  50 mM;  $\text{H}_3\text{BO}_3$  25 mM;  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0,5 mM;  $\text{H}_2\text{MoO}_4$  (85%  $\text{MoO}_3$ ) 0,5 mM] – 1,0.

### Suplementação com Si ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ – 3,8 mM)

$\text{KNO}_3$  M – 1,2;  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  M – 0,8;  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  M – 0,4;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  M – 0,2; Micronutrientes [ $\text{KCl}$  50 mM;  $\text{H}_3\text{BO}_3$  25 mM;  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  2,0 mM;  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0,5 mM;  $\text{H}_2\text{MoO}_4$  (85%  $\text{MoO}_3$ ) 0,5 mM] – 1,0; Fe-EDTA ( $\text{SO}_4^-$ ) 20 mM – 1,0.



---

*Agropecuária Oeste*

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA  
**BRASIL**  
GOVERNO FEDERAL