

NUTRIÇÃO MINERAL E FERRAMENTAS PARA O MANEJO DA ADUBAÇÃO NA CULTURA DA SOJA

Cleyton da Silva Domingos^{1*}; Luiz Henrique da Silva Lima²; Alessandro Lucca Braccini³

SAP 12218 Data envio: 08/06/2015 Data do aceite: 09/06/2015
Scientia Agraria Paranaensis – SAP; ISSN: 1983-1471
Marechal Cândido Rondon, v. 14, n. 3, jul./set., p. 132-140, 2015

RESUMO - A cultura da soja, entre as oleaginosas e até mesmo entre os cereais, atualmente é a mais expressiva em produção e área cultivada em todo o Brasil. Na safra de 2014/15 foram mais de 31 milhões de hectares semeados com produção superior a 95 milhões de toneladas de grãos. Além da expansão da área cultivada, o manejo nutricional vem ganhando destaque no aumento da produção e produtividade desta cultura ao longo dos anos. Dessa forma, torna-se importante o conhecimento do modo como são fornecidos, as funções e os sintomas de deficiências dos macro e micronutrientes para esta cultura. Visando a melhor nutrição mineral das plantas, a Embrapa Soja disponibiliza uma versão do Sistema Integrado de Diagnoses e Recomendações (DRIS), para auxiliar na interpretação de análises foliares, além do NutriFert[®] que é um programa que contém planilhas com as recomendações das tecnologias de adubação e de calagem para a produção sojícola nacional. Além dos nutrientes, compostos biorreguladores têm sido utilizados visando ao aumento dos componentes de rendimento e, conseqüentemente, incremento de produtividade em diversas culturas. Dentre estes destacam-se os ácidos húmicos e fúlvicos, aminoácidos e os próprios reguladores vegetais sintéticos (Cinetina, GA₃ e AIA), que são aplicados via tratamento de sementes ou via pulverização foliar.

Palavras-chave: nutrição mineral da soja, NutriFert[®], DRIS.

Mineral nutrition and tool for the fertilizing management of soybean crop

ABSTRACT - The soybean crop, among oilseeds and even cereals, actually is more significant in production and acreage in Brazil. In the 2014/15 season were more than 31 million hectares sown with soya, with production of more than 95 million tons of grain. In addition to the increase of cultivated area, the nutritional management has been highlighted for increased production and productivity of this culture over the years. Thus, it is important to know how they are provided, and the functions and deficiencies of macro and micronutrients for this culture. Aiming to get better mineral nutrition of plants, Embrapa Soja offers a version of the Integrated System for Diagnoses and Recommendations (DRIS), to assist in the interpretation of foliar analysis, and the NutriFert[®], which is a program that contains worksheets with the recommendations of fertilization for soybean production. Besides nutrients, plant growth regulators are compounds that have been used in order to increase the productive parameters and thus increase productivity in several cultures. Among them are the humic and fulvic acids, amino acids and synthetic phytohormones (Kinetin, GA₃ and IAA), that are applied via seed treatment or foliar pulverization.

Key words: mineral nutrition of soybeans, NutriFert[®], DRIS.

¹Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PGA), Universidade Estadual de Maringá, UEM, Av. Colombo 5790, Bloco J-45, Jardim Universitário, CEP 87020-900, Maringá, PR. E-mail: domingos.cleyton@gmail.com. *Autor para correspondência

²Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento (PGM), UEM, Maringá, PR. E-mail: lhds18@hotmail.com

³Docente do Departamento de Agronomia, UEM, Maringá, PR. E-mail: albraccini@uem.br

INTRODUÇÃO

As plantas retiram da natureza todos os nutrientes para compor seu ciclo vital, sendo eles os orgânicos, como o Carbono (C), Oxigênio (O) e o Hidrogênio (H) e os minerais. Estes, por sua vez, são divididos pelo aspecto quantitativo em dois grupos: o primeiro, os macronutrientes, absorvidos em kg ha^{-1} , são representados por Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S). O segundo, os micronutrientes, requeridos em g ha^{-1} , são representados por Boro (B), Cloro (Cl), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo), Zinco (Zn) e Níquel (Ni).

A insuficiência ou o desequilíbrio entre estes nutrientes minerais pode resultar numa absorção deficiente de alguns e excessiva de outros. Por isso, os mesmos precisam ser monitorados no solo e nas folhas, por exemplo, por meio de análises químicas. Além disso, dos nutrientes que são aplicados via fertilizantes no solo, as plantas cultivadas, tipicamente, aproveitam apenas parcialmente esses nutrientes, sendo que parte é lixiviada e, ou fixada ao solo.

Segundo o levantamento da safra brasileira de grãos 2014/15, divulgado em maio de 2015 pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2015), a colheita da soja alcançou a produção de mais de 95 milhões de toneladas em 31,5 milhões de hectares cultivados. Além disso, a produtividade média nacional foi de 3.011 kg ha^{-1} , representando um aumento de 5,5% em relação à safra anterior. Uma das explicações para esse aumento está na intensificação do manejo nutricional da lavoura, aliando nutrição mineral, fertilidade e adubação de solos.

De acordo com Embrapa Soja (2011), a exigência nutricional por hectare para a produção de uma tonelada de grãos de soja é: 83 kg de N; 15,4 kg de P; 38 kg de K; 12,2 kg de Ca; 6,7 kg de Mg; 15,4 kg de S; 77 g de B; 515 g de Cl; 26 g de Cu; 460 g de Fe; 130 g de Mn; 7 g de Mo e 61 g de Zn.

A absorção de nutrientes pela soja, medida pela quantidade acumulada nas folhas e caules da planta, é crescente até atingir um ponto de máximo acúmulo. A partir daí, o acúmulo é decrescente, devido à translocação dos nutrientes para os grãos em formação (CORDEIRO et al., 1979). Segundo Sfredo (2008), há um período de maior velocidade de absorção, correspondendo ao ponto de inflexão da curva, que corresponde ao início da floração das plantas. Esse período, entre o ponto de inflexão e o ponto de máximo acúmulo, compreendido da floração ao enchimento das vagens, constitui o “período crítico” da cultura, em que fatores adversos como déficit hídrico (estiagem), carência nutricional, ataque de pragas e doenças podem reduzir drasticamente a produção de grãos.

Outra ferramenta que vem sendo empregada no manejo nutricional das culturas é a aplicação de biorreguladores isolados ou em conjunto com nutrientes, sendo considerada uma estratégia agrônoma promissora para o incremento da produtividade. Bertolin et al. (2010), após a utilização de bioestimulantes na cultura da soja em aplicação via sementes e via foliar, obteve um incremento de até 37% no rendimento, quando comparado com a testemunha. Os autores observaram, também, um acréscimo no número de vagens por planta. Dourado Neto et al. (2004),

trabalhando com milho e feijão, observaram para ambas as culturas que o uso de bioestimulantes apresentou resultado satisfatório, melhorando as características morfológicas das culturas e favorecendo a maior produtividade.

Na sequência serão descritas as funções e resultados de alguns trabalhos resultantes da aplicação de macro e micronutrientes, substâncias biorreguladoras e algumas ferramentas para o auxílio no manejo nutricional da cultura da soja.

MACRONUTRIENTES

A soja é uma cultura muito exigente em todos os macronutrientes essenciais. Estes devem estar em níveis suficientes, com suas relações equilibradas, para que a cultura os aproveite eficientemente.

Nitrogênio (N)

É o nutriente requerido em maior quantidade pela planta. Pode ser absorvido como amônio (NH_4^+) ou nitrato (NO_3^-). A forma predominante é a de nitrato e, quando isso acontece, o NO_3^- deve ser reduzido a NH_4^+ para o N ser transformado em aminoácidos e proteínas. Cerca de 90% do N total da planta se encontra na forma orgânica, como aminoácidos livres, proteínas, aminas, purinas, coenzimas, dentre outras (SFREDO; BORKERT, 2004). As fontes de N disponíveis à cultura são o solo, a fixação não biológica, os fertilizantes e a fixação biológica do N_2 atmosférico.

O N do solo, presente na matéria orgânica, constitui-se em um pequeno reservatório, pois depende da dinâmica dos microrganismos, da quantidade de resíduos vegetais, do rápido retorno e eficiência de utilização de carbono pela microbiota (BAUDOIN et al., 2003), isso tudo influenciado pelas condições climáticas do país, sendo capaz de fornecer, em média, de 10 a 15 kg ha^{-1} de N por cultura (HUNGRIA et al., 2007).

A fixação não-biológica, isto é, independente da ação de organismos vivos, resulta de processos naturais, como a reação de descargas elétricas com o N_2 , a combustão e o vulcanismo. Essa fonte, porém, contribui com apenas aproximadamente 10% das entradas de N na Terra.

O uso dos fertilizantes nitrogenados gera discussões na ciência. Hungria et al. (2007) aconselham evitar a utilização de fertilizantes nitrogenados e consideraram indesejável sua utilização, visto o custo elevado, ser poluente e, principalmente, por reduzir a nodulação e a eficiência do processo de fixação simbiótica do N_2 em leguminosas.

Mascarenhas et al. (2001), em uma compilação de diversos trabalhos de cientistas norte-americanos, observaram resultados ora negativos (ausência de resposta da cultura à adubação), ora com aumento de produtividade, contudo, não lucrativa. Isto é confirmado pelas sugestões de Salvaggiotti et al. (2008), que, na maioria dos casos, a adubação nitrogenada só seria rentável, onde a fixação de N_2 não fosse capaz de atender a demanda total de N para soja de alto rendimento e quando o preço da soja, em relação ao N, for suficiente para tornar economicamente viável o investimento.

Mendes et al. (2003) e Hungria et al. (2007) confirmaram que não há necessidade da utilização de doses de “arranque” com adubo nitrogenado na semeadura, tanto

em áreas de plantio direto, quanto de plantio convencional da soja. Porém, por questão de economia, podem ser utilizadas formulações de adubo contendo N, desde que não se aplique mais do que 20 kg de N ha⁻¹ (EMBRAPA SOJA, 2011).

Por fim, a última e mais viável fonte de fornecimento de N à soja é a afamada "fixação simbiótica" ou fixação biológica do nitrogênio (FBN). Bactérias diazotróficas pertencentes ao gênero *Bradyrhizobium*, das espécies *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii*, quando em contato com as raízes de soja, via pêlos radiculares, formam um simples nódulo, resultado de um processo altamente complexo, envolvendo múltiplas etapas.

O processo de infecção ocorre entre o quarto e o sexto dia após a germinação das sementes. Aos 12 dias (Estádios V₁ e V₂) já pode ser detectada a atividade da enzima nitrogenase (responsável pela transformação do nitrogênio em amônia), atingindo seu ponto máximo no estágio de floração plena, declinando a partir do enchimento dos grãos (VARGAS et al., 1993).

O N₂ atmosférico é fixado simbioticamente na forma de NH₃ nos pêlos radiculares, transportado como íon amônio (NH₄⁺) para a planta hospedeira e incorporado em formas de N orgânico. Portanto, o bom fornecimento de N para a cultura depende de uma inoculação adequada (SEDIYAMA, 2009).

Contudo, é notório que a soja pode fixar até 450 kg ha⁻¹ de N, suficientes para produzir 5.420 kg ha⁻¹ de soja, considerando a necessidade de 83 kg de N por tonelada de grãos produzidos (PEOPLES; CRASWELL, 1992). Salientando-se que o potencial genético da soja para a produtividade é estimado em, aproximadamente, 8.000 kg ha⁻¹ de grãos, rendimento esse que demandaria mais de 1.100 kg de N, entra-se na questão: como lidar com a FBN e o manejo para altas produtividades?

Há trabalhos apontando para uma necessidade de se fazer adubação nitrogenada complementar (GAN et al., 2002; 2003). Para isso, a pesquisa anda buscando respostas para a suplementação tardia de N na cultura, ou seja, adubação nitrogenada em fases fenológicas avançadas à convencional inoculação em semeadura.

Mendes et al. (2008) encontraram desvantagem econômica na utilização da adubação nitrogenada em estádios tardios (R₁ e R₅), aliada à inoculação no plantio, com prejuízos à nodulação em doses elevadas (200 kg ha⁻¹ de N). Em trabalho semelhante, Petter et al. (2012) obtiveram diferenças em algumas características agrônomicas de cultivares de alto rendimento submetidas à adubação nitrogenada tardia, nas quantidades de 20 a 40 kg ha⁻¹ de N aplicados em R₁. Embora observado aumento na produção, em torno de 300 kg ha⁻¹, também enfatizaram a inviabilidade econômica da aplicação de nitrogênio na cultura da soja.

Portanto, o somatório de técnicas (cultivar, solo e tratos culturais), conjugado a uma inoculação de qualidade, se perfaz como uma alternativa a possíveis ganhos de rendimento no cultivo da leguminosa.

Na deficiência de N, ocorre uma clorose total, uniforme, das folhas mais velhas, seguida de necrose (MALAVOLTA et al., 1974) e baixos teores de proteínas nos grãos (SFREDO; BORKERT, 2004).

Fósforo (P)

Elemento essencial para os processos de armazenamento e fornecimento de energia, o nutriente é absorvido na forma de fosfato (H₃PO₄). Segundo Sfredo e Borkert (2004), juntamente com o nitrogênio e o potássio, é o mais prontamente redistribuído, via floema, para outras partes da planta, em particular aos órgãos novos em crescimento. Plantas deficientes nesse nutriente apresentam porte baixo e as folhas mais velhas ficam com uma coloração verde-azulada.

As principais fontes de fornecimento para o solo são os adubos, como superfosfato simples, superfosfato triplo, fosfatos monoamônicos, dentre outros. Richart et al. (2006) estudaram fontes de P nos componentes de produção da soja, bem como teores foliares de P e enxofre (S), constataram aumento no teor de S no tecido foliar, tanto pela adição das doses crescentes de P, quanto pelas doses crescentes de S para ambas as fontes estudadas.

A resposta da cultura à utilização de P via solo é bem definida, obtendo respostas significativas na produtividade da cultura (ROSOLEM; MARCELLO, 1998). Aplicação via foliar mostrou-se viável, proporcionando aumento no rendimento de grãos em até 16%, segundo Rezende et al. (2005).

Potássio (K)

Absorvido na forma de K⁺, o elemento é importante em todos os aspectos do crescimento e da produção da soja e tem grande influência no balanço nutricional da cultura (MALAVOLTA, 1980). Apresenta ação enzimática e é um dos responsáveis pela abertura e fechamento dos estômatos e faz a regulação osmótica dos tecidos. Sua deficiência causa clorose internerval, seguida de necrose nas bordas e ápice das folhas mais velhas (SFREDO; BORKERT, 2004). As fontes de K são os adubos minerais como, sulfatos, cloretos, dentre outras.

Mascarenhas et al. (2003) enfatizaram a importância da relação entre o K com Ca e Mg, mantendo-se a relação de bases Ca+Mg/K entre 23 e 28, pois acima desses valores já se pode constatar deficiência de potássio.

Foloni e Rosolem (2008) estudaram a produtividade de grãos e o acúmulo de K na soja, em função da aplicação antecipada de fertilizante potássico na instalação do milheto, em relação com o K aplicado na semeadura da soja subsequente, no sistema plantio direto, por três anos agrícolas. Os autores constataram que as máximas produtividades de soja foram alcançadas no primeiro e segundo ano, com doses de 85 a 90 kg ha⁻¹ de K₂O e poderiam ser antecipadas totalmente na semeadura da gramínea de cobertura.

Lana et al. (2003) realizaram trabalho semelhante, em três anos agrícolas com adubos potássicos e fosfatados, porém na fase de instalação do sistema plantio direto, e constataram que a produtividade não foi afetada em aplicação até cinco meses antes da semeadura.

Enxofre (S)

A absorção ocorre, predominantemente, na forma de sulfato S-SO₄²⁻, podendo, também, ser absorvido como S orgânico, SO₂ (ar) e S molhável (defensivos) pelas folhas. Apresenta-se, em grande maioria na planta, sob a forma

orgânica (cistina, cisteína, metionina, proteínas, glicosídeos e vitaminas). As assimilações de nitrogênio e enxofre são bem coordenadas, ou seja, a deficiência de um elemento reprime a via assimilatória do outro (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

É um nutriente com o transporte a longa distância ocorrendo, principalmente, pelo xilema e com baixa mobilidade no floema. Por isto, os primeiros sintomas de deficiência aparecem nas folhas novas, em forma de uma clorose uniforme, semelhante à deficiência de N (SFREDO; BORKERT, 2004). As folhas superiores, principalmente as mais novas, são os principais drenos fisiológicos do enxofre, de acordo com Silva et al. (2003). As fontes de S encontradas são o gesso agrícola, o superfosfato simples, o enxofre elementar (S^0) ou formulações de N-P-K com adição de S.

Nogueira e Melo (2003) avaliaram, em condições de campo, o efeito de doses de gesso agrícola nos teores foliares dos macronutrientes e na produtividade de grãos durante dois ciclos da cultura da soja. Não encontraram diferença na produtividade da soja e, à exceção do S no segundo ano, não alteraram o teor foliar de macronutrientes. Porém, atentam para um monitoramento do nutriente, devido ao seu rápido deslocamento no perfil do solo.

Resultados semelhantes foram encontrados por Rheinheimer et al. (2005) no rendimento da cultura, com aplicação de enxofre e os teores de sulfato num solo de textura superficial arenosa sob plantio direto. Em ambos, a justificativa baseou-se no teor do elemento no solo.

Vitti et al. (2007) buscaram avaliar a assimilação de enxofre elementar (S^0), aplicado nas folhas de soja, e sua eficiência comparada à adubação realizada diretamente ao solo, de acordo com a dose e a natureza da fonte do nutriente. A aplicação foliar apresentou assimilação pela planta, acarretando em um aumento no teor de proteína total na folha. Todas as fontes de S aplicadas às folhas aumentaram a produção de grãos, semelhantemente à aplicação ao solo. Neste caso, porém, utilizou-se um solo com teores baixos de S.

Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg)

A absorção do cálcio é como Ca^{2+} , sendo diminuída em presença de altas concentrações de K^+ e de Mg^{2+} no meio. É transportado no xilema, de forma unidirecional, sob controle metabólico. Possui baixa mobilidade no floema, com consequente aparecimento dos sintomas de deficiência nos tecidos novos das plantas. A maior parte do Ca, na planta, está em formas insolúveis em água: pectato, oxalato ou adsorvido às proteínas. Além disso, mantém a integridade funcional da membrana celular (SFREDO; BORKERT, 2004).

Na deficiência, são afetados os pontos de crescimento, tanto da raiz como da parte aérea; os sintomas aparecem nas partes mais novas da planta, atrofiando o sistema radicular, matando a gema apical; há o retardamento da emergência das folhas primárias que, quando emergem, adquirem forma de taça, chamado de encarquilhamento; ocorre, também, colapso do pecíolo pela desintegração da parede celulósica; geralmente, esses sintomas ocorrem em solos ácidos e estão associados às toxicidades de alumínio e de manganês (SFREDO; BORKERT, 2004).

O magnésio é absorvido como Mg^{2+} , sendo constituinte da clorofila; portanto, fundamental nos processos

de fotossíntese. É o elemento que mais ativa enzimas, dentre elas as relacionadas à síntese de carboidratos e outras envolvidas na síntese de ácidos nucleicos. Na deficiência, as folhas mais velhas apresentam clorose internerval (amarelo-claro) e nervuras cor verde-pálida (SFREDO; BORKERT, 2004).

A calagem é o principal meio de fornecimento destes nutrientes, além de elevar o pH e a saturação por bases no solo. No sistema de plantio direto, as quantidades aplicadas devem ser realizadas de forma parcelada, em doses anuais, ao invés de altas doses a cada três ou quatro anos, como no sistema convencional (ALVAREZ.; RIBEIRO, 1999).

Porém, no sistema de plantio direto, esta aplicação de calcário na superfície tem apresentado respostas pouco expressivas da soja em solos ácidos (CAIRES et al., 1998; PÖTTKER; BEN, 1998; CAIRES; FONSECA, 2000). A neutralização da acidez do solo ocorre apenas na camada de 0-5 cm (MIRANDA et al., 2005). Caires et al. (2006) relataram que abaixo de 10 cm não houve neutralização da acidez do solo.

Carneiro et al. (2006), visando fornecer Ca, Mg, K e melhorar a disponibilidade de P para a soja, testaram uma mistura de calcário e potássio (CALPOT) e escória de siderurgia, alegando que as fontes possuem poder de neutralização e diminuição da acidez do solo. Encontram resposta positiva à co-aplicação destes elementos no solo, resultando em maior peso da matéria seca total e aumento na disponibilidade de P no solo.

Via foliar, a aplicação de cálcio aumentou o peso de grãos por planta e não afetou a qualidade fisiológica das sementes produzidas, sendo que as maiores respostas de Ca nos componentes de rendimento foram verificadas nas fases de floração e pós-floração (BEVILAQUA et al., 2002).

MICRONUTRIENTES

Os micronutrientes se diferem dos macronutrientes apenas pelos teores exigidos pelas plantas, em que o primeiro é exigido em ppm ou $g\ ha^{-1}$ o segundo é exigido em % ou $kg\ ha^{-1}$. Na Tabela 1, adaptada de Epstein (1975), encontra-se a concentração média de cada micronutriente dito como ideal para o desenvolvimento satisfatório das plantas.

Em sua maioria os micronutrientes são requisitados como cofatores enzimáticos, participando de algum grupo prostético, coenzima ou mesmo ativadores metálicos, ou fazendo parte da estrutura celular, compondo parte da molécula de um ou mais compostos orgânicos (FANQUIN, 2005).

Fancelli (2003) relata que a adubação com micronutrientes nem sempre pode ser visualizada, como, por exemplo, na produtividade, mas sim no vigor das plantas e na tolerância a pragas e doenças e até na qualidade do produto colhido.

Vários são os trabalhos publicados que relatam sobre a adubação com micronutrientes na cultura da soja, sobretudo no cerrado brasileiro, que, em geral, contém solos mais pobres nesses elementos.

O molibdênio (Mo) e o cobalto (Co) apresentam grande importância na fixação biológica do nitrogênio (FBN). Isso porque o Mo é um cofator enzimático das enzimas nitrogenase e redutase do nitrato e o Co é um componente da leghemoglobina, presente nos nódulos (SFREDO et al., 1997).

Por ser um micronutriente essencial e exigido na FBN, o Mo tem sido motivo de investigação por parte de diversos pesquisadores. Isso porque, os sais de Mo que seriam adicionados às sementes, no tratamento de sementes, acabam

entrando em contato com a bactéria (*Bradyrhizobium* spp.) e reduzindo sua população, o que conseqüentemente diminui a FBN pela planta (CAMPO et al., 1999; ALBINO; CAMPO, 2001; CAMPO; HUNGRIA, 2002). Uma das soluções encontradas para esta questão foi o enriquecimento das sementes. Este consiste em realizar aplicações foliares com fontes de Mo nos estádios de R₃ a R₅ (CAMPO; HUNGRIA, 2007).

TABELA 1. Concentração média dos nutrientes minerais na matéria seca suficientes para um adequado desenvolvimento das plantas.

Elementos	Concentração na matéria seca		Número relativo de átomos
	μ moles g ⁻¹	ppm	
Mo	0,001	0,1	1
Cu	0,10	6	100
Zn	0,30	20	300
Mn	1,0	50	1000
Fe	2,0	100	2000
B	2,0	20	2000
Cl	3,0	100	3000
		%	
S	30	0,1	30000
P	60	0,2	60000
Mg	80	0,2	80000
Ca	126	0,5	125000
K	250	1,0	250000
N	1000	1,5	1000000

Fonte: Epstein (1975).

Outro elemento com várias pesquisas publicadas é o manganês (Mn). Após o ferro, o Mn é o micronutriente mais abundante no solo; contudo, 90% dele está complexado em compostos orgânicos. Além disso, sua disponibilidade está diretamente relacionada com o pH do meio (MALAVOLTA, 2006). Dentre suas funções desempenhadas na planta, Heenan e Campbell (1980) mencionam a participação na fotossíntese, no metabolismo do nitrogênio e, também, nos compostos cíclicos como precursor de aminoácidos aromáticos, hormônios (auxinas), fenóis e ligninas.

Huber (2007) observou que, ao aplicar o herbicida glifosato na soja RR, a mesma apresentava sintomas de deficiência de Mn. Isso ocorreu porque a molécula de glifosato afetou a rizosfera da planta, eliminando os microrganismos redutores de Mn, que é o principal mecanismo de absorção pela planta.

Mann et al. (2001), após realizarem alguns testes com aplicação foliar e via solo de fontes de Mn, chegaram à conclusão que, independentemente da forma de aplicação, há reflexos positivos na produtividade e que aplicações parceladas de Mn, via foliar, são mais eficientes que via solo.

BIOESTIMULANTES E ÁCIDOS HÚMICOS E FÚLVICOS

Com o passar dos anos, tem-se conseguido obter melhores produções e incremento na produtividade da cultura da soja. Isso se deve, principalmente, pela intensa pesquisa

desenvolvida, tanto por empresas governamentais, como a Embrapa, IAPAR e IAC, como por empresas privadas.

Diante disso, nos últimos anos, aumentou a utilização de compostos bioestimulantes ou reguladores vegetais nas culturas anuais, como a soja, o milho e o trigo. Estes compostos podem ser à base de hormônios sintéticos, extratos de algas ou mesmo precursores minerais de certas enzimas.

Segundo Castro e Vieira (2003), a utilização de bioestimulantes à base de hormônios vegetais, em concentrações mínimas, podem exercer funções importantes na fisiologia das plantas. Esses bioestimulantes podem ser aplicados, tanto via folha, quanto no tratamento de sementes. França-Neto et al. (2011), após realizarem o tratamento de sementes de soja com reguladores de crescimento, à base de extrato de algas, verificaram melhor desenvolvimento das plântulas, comparado com a testemunha.

Klahold et al. (2006), ao aplicarem um bioestimulante à base de hormônios vegetais sintéticos nas concentrações de 0,009% de cinetina, 0,005% de ácido giberélico e 0,005% de ácido indolbutírico, via foliar, via sementes e a mistura de ambos, também constataram que houve incremento de produtividade na cultura da soja, permitindo inferir que há resposta da cultura à ação do bioestimulante.

Bertolin et al. (2010), trabalhando com o mesmo bioestimulante, também constataram que houve aumento de produtividade na soja, tanto na aplicação foliar, quanto no

tratamento de sementes. Os autores concluíram, também, que a aplicação foliar nos estádios reprodutivos da cultura foram os que proporcionaram maiores incrementos na produção da cultura.

Além da aplicação de bioestimulantes, é crescente a utilização de produtos à base de ácidos fúlvicos, húmicos e aminoácidos na cultura em questão. Já se sabe que essas substâncias apresentam efeitos positivos sobre a fisiologia, o crescimento, a absorção e no carregamento de nutrientes pelas plantas (CHEN et al., 1990).

Brownell et al. (1987), após trabalharem com a aplicação de ácidos húmicos em diversas culturas, concluíram que estes proporcionam aumento significativo na produtividade e que os melhores resultados foram observados após aplicações foliares, associadas a áreas com ocorrência de estresse hídrico e nutricional. Zobiole et al. (2010) verificaram que, ao aplicar aminoácidos livres, juntamente com o glifosato, houve uma diminuição do efeito fitotóxico causado por este herbicida em soja RR.

FERRAMENTAS PARA A AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL E RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO PARA A SOJA

Sistema Integrado de Diagnoses e Recomendações (DRIS)

O Sistema Integrado de Diagnoses e Recomendações – DRIS – foi proposto por Beaufils (1971), que no início tinha como objetivo avaliar a influência de fatores edafoclimáticos sobre a seringueira no Vietnã. Em 1973, Beaufils publicou uma revisão detalhada, demonstrando, então, um dos fundamentos teóricos do método, exemplificando-o com a cultura do milho na África do Sul (BEAUFILS, 1973). A partir de então ele passou a ser utilizado em diversas culturas, como, por exemplo, na batata (MEDAL-JOHNSEN; SUMNER, 1980), milho (ESCANO et al., 1981) e café (ARBOLEDA et al., 1988).

Este método pressupõe que as relações entre os teores de dois nutrientes (relações bivariáveis com a geração de um índice para cada nutriente) são as melhores indicadoras do desequilíbrio nutricional (WADT, 1996).

Esses índices expressam o equilíbrio relativo dos nutrientes em uma planta, comparando-os dois a dois (N/P, N/K, P/K, P/Ca, K/Ca, K/Mg Ca/Mg etc.) na amostra que foi diagnosticada com valores-padrão ou normais, obtidos a partir de uma grande população aleatoriamente distribuída.

Esses valores de normas DRIS são obtidos pela relação entre os valores médios dos nutrientes de uma população dita normal, ou população referência, juntamente com seus desvios padrões e coeficientes de variação (BEAUFILS, 1973).

Segundo Beaufils (1973), para se obter padrões nutricionais para o método DRIS é necessário que a população seja separada em duas categorias, uma de plantas referência, ou seja, população que não foi afetada por condições adversas, possuindo produtividade superior a um nível estabelecido e uma de plantas não referência, que são aquelas que foram afetadas por condições adversas, produzindo menos que o nível estabelecido.

Por isso, a escolha da população referência precisa ser realizada baseada na premissa de que há relação significativa entre o suprimento de nutrientes com seus valores na análise de tecido, de modo que se há diminuição ou decréscimo de seus teores, estes afetam a produtividade.

Após definida a população referência, obtém-se a relação ou mesmo a razão entre um par de nutrientes (P/K, P/N, P/Ca etc.), que será comparada com a análise de tecido da lavoura de interesse, obtendo-se, então, o índice DRIS para as concentrações de nutrientes desta amostra.

Walworth e Sumner (1987) afirmam que o índice DRIS mede o desvio do valor de qualquer parâmetro de uma amostra sob análise, em relação aos da população referência, do ponto de vista nutricional, estabelecendo, assim, uma ordem de limitação nutricional diretamente correlacionada à produtividade.

Em relação aos resultados, o índice pode obter um valor negativo, no caso de deficiência, ou um valor positivo, indicando excesso. Quanto mais próximo de zero o valor for, mais próximo do equilíbrio nutricional o nutriente está. Sendo assim, é possível classificar os elementos em ordem de exigência pela planta (BEAUFILS, 1971).

Outro índice adicional importante obtido com o índice DRIS, que foi utilizado por Leite (1993), é o Índice de Balanço Nutricional – IBN – que é a soma, em módulo, dos valores dos índices DRIS de cada nutriente, indicando o estado nutricional de cada amostra em estudo.

Por isso, este método é eficiente, pois a planta é o próprio extrator de nutrientes do solo, possibilitando, assim, um diagnóstico nutricional direto (BEAUFILS, 1973). Dessa forma, ao interpretar corretamente os resultados de análises foliares, estes contribuem para o uso racional de insumos, evitando desperdício, melhorando o equilíbrio nutricional das plantas e proporcionando o aumento da produtividade. Logo, deve-se buscar a utilização de métodos que disponibilizem subsídios para um diagnóstico nutricional eficiente e prático, como é o DRIS, a partir de resultados analíticos das folhas de uma planta e, ou, lavoura (PARTELLI et al., 2005).

Baldock e Schulte (1996) chegaram à conclusão que o método DRIS apresenta pontos positivos e negativos. Entre os positivos estão: a) a escala de interpretação é contínua e fácil de usar; b) o DRIS ordena os nutrientes dos mais deficientes para os mais excessivos; c) o DRIS pode identificar os casos em que a produtividade está limitada por desequilíbrio nutricional; e d) o IBN fornece uma medida dos efeitos combinados dos nutrientes na produção. Já entre os negativos estão: a) requer um sistema computacional complexo; b) existem interdependências dos índices, nos quais o índice de um nutriente pode ter efeito marcante sobre o outro; e c) em alguns casos há sensibilidade da planta.

DRIS na cultura da soja

Em soja, vários foram os trabalhos desenvolvidos sobre o DRIS. O primeiro foi publicado por Sumner (1977), o qual trabalhou com nitrogênio, fósforo e potássio. A partir da população referência gerada por ele, outros autores como Handson (1981) desenvolveram seus trabalhos no mesmo sentido. Este último pesquisador chegou à conclusão, em seu trabalho, que a melhor época para realizar a coleta de materiais para a análise foliar é o estágio R₂, quando

comparado com R₅ e R₇, provando, dessa forma, que o método é limitado quanto aos estádios de desenvolvimento.

Beverly et al. (1986), após desenvolverem normas DRIS para vários nutrientes (macros e micros), evidenciaram que as condições edafoclimáticas de cada região têm efeito direto sobre os valores de referência, pois estas alteram os teores de nutrientes nas folhas, influenciando negativamente na avaliação do estado nutricional.

Da mesma forma, Lantmann et al. (2002) criaram normas DRIS a partir de amostras dos ensaios da Embrapa Soja implantados em cinco localidades no Estado do Paraná. Eles compararam a norma deles, de caráter regional, com outra norma de caráter global. O resultado foi que o IBN da região local foi menor que a global, chegando à conclusão que a norma local apresenta melhor avaliação do estado nutricional. Desse modo, os autores sugerem que os bancos de dados sejam regionalizados, por indicarem melhor avaliação do estado nutricional pela metodologia DRIS.

NutriFert[®] – uso da informática para a adubação da soja

O NutriFert[®] é um programa editado pela Equipe de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas da Embrapa Soja. Ele é um CD-ROM que contém planilhas com as recomendações das tecnologias de adubação e de calagem para a produção sojícola nacional. Este programa foi lançado em 2004 e realizadas algumas alterações em 2007, tudo para que as interpretações das informações contidas na análise de solo se tornem mais dinâmicas e para facilitar as recomendações técnicas.

Nesse mesmo CD há, também, uma planilha com fotos e a descrição dos sintomas de deficiências de nutrientes na soja. Esta planilha visa auxiliar na identificação desses sintomas, quando estes aparecerem na lavoura (SFREDO; LAZZAROTTO, 2007).

CONCLUSÕES

A soja, atualmente consolidada como a principal cultura no contexto do agronegócio para o país, é beneficiada por uma quantidade significativa de trabalhos, tanto na área acadêmica, como na extensão. A revisão apresentada buscou contribuir com fatos que auxiliem o leitor na aplicação prática dos propósitos da nutrição mineral da soja, a fim de que o país continue entre os maiores produtores mundiais desta *commoditie*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBINO, U.B.; CAMPO, R.J. Efeito de fontes e doses de molibdênio na sobrevivência do *Bradyrhizobium* e na fixação biológica de nitrogênio em soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v.36, n.3, p.527-534, mar. 2001.

ARBOLEDA, C.; ARCILA, J.P.; MARTINEZ, R.B. Sistema integrado de recomendación y diagnosis: Uma alternativa para la interpretación de resultados del análisis foliar em café. *Agronomía Colombiana*, Bogota, v.5, n.1, p.17-30, 1988.

ALVAREZ V., V.H.; RIBEIRO, A.C. Calagem. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação*. Viçosa: Editora UFV, 1999. p.43-60.

BALDOCK, J.O.; SCHULTE, E.E. Plant analysis with standardized scores combines DRIS and sufficiency range approaches of corn. *Agronomy Journal*, Madison, v.88, n.3, p.448-456, 1996.

BAUDOIN, E.; BENIZRI, E.; GUCKERT, A. Impact of artificial root exudates on the bacterial community structure in bulk soil and maize rhizosphere. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v.35, n.9, p.1183-1192, 2003.

BEAUFILS, E.R. Physiological diagnosis – a guide for improving maize production based on principles developed for rubber trees. *Fertilizer Society of South African Journal*, Pretoria, v.1, n.1, p.1-30, 1971.

BEAUFILS, E.R. *Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS)*. Pietermaritzburg: University of Natal, 1973. 132p. (Soil Sci. Bulletin, 1)

BERTOLIN, D.C.; SÁ, M.E.; ARF, O.; FURLANI JUNIOR, E.; COLOMBO, A.S.; CARVALHO, F.L.B.M. Aumento da produtividade de soja com a aplicação de bioestimulantes. *Bragantia*, Campinas, v.69, n.2, p.339-347, 2010.

BEVERLY, R.B.; SUMNER, M.E.; LETZSCH, W.S.; PLANCK, C.O. Foliar diagnosis of soybean By DRIS. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v.17, p.237-256, 1986.

BEVILAQUA, G.A.P.; SILVA FILHO, P.M.; POSSENTI, J.C. Aplicação foliar de cálcio e boro e componentes de rendimento e qualidade de sementes de soja. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.32, n.1, p.31-34, 2002.

CAIRES, E.F.; FONSECA, A. F. Absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema de plantio direto em função da calagem na superfície. *Bragantia*, Campinas, v.59, n.2, p.213-220, 2000.

CAIRES, E.F.; CHUEIRI, W.A.; MADRUGA, E.F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.22, n.1, p.27-34, 1998.

CAIRES, E.F.; GARBUIO, F.J.; ALLEONI, L.R.F.; CÂMBRI, M.A. Calagem superficial e cobertura de aveia preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.30, n.1, p.87-98, 2006.

CAMPO, R.J.; ALBINO, U.B.; HUNGRIA, M. *Métodos de aplicação de micronutrientes na nodulação e na fixação biológica do N₂ em soja*. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1999. 7p. (EMBRAPA-CNPSo. Pesquisa em Andamento, 19).

CAMPO, R.J.; HUNGRIA, M. Importância dos micronutrientes na fixação biológica do nitrogênio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2.; MERCOSOJA 2002, Foz do Iguaçu, PR. *Anais...* Londrina: Embrapa Soja, 2002. p.355-366. (Embrapa Soja. Documentos, 180).

CAMPO, R.J.; HUNGRIA, M. Fontes e doses de molibdênio para enriquecimento de sementes e seus efeitos no rendimento da soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 29, Campo Grande, MS. *Resumos Expandidos...* Londrina: Embrapa Soja, 2007. p.191-194. (Embrapa Soja. Documentos, 287).

CANTARELLA, H. O uso eficiente de fertilizantes em citros. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS NO SPD, 2, 2013, Bebedouro, SP. Disponível em: <[http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0f085ed5f091b1b85257900057902e/dd5c955b7ff79fb483257c050061d840/\\$FILE/Heitor%20Cantarella%20-%20Presentations.pdf](http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0f085ed5f091b1b85257900057902e/dd5c955b7ff79fb483257c050061d840/$FILE/Heitor%20Cantarella%20-%20Presentations.pdf)>. Acesso em: 28 mai. 2015.

CARNEIRO, C.E.A.; FIORETTO, R.A.; FONSECA, I.C.B.; CARNEIRO, G.E.S. CALPOT, fosfato e silício co-aplicados ao solo para a cultura da soja. *Seminário: Ciências Agrárias*, Londrina, v.27, n.1, p.5-12, jan./mar. 2006.

CASTRO, P.R.C.; VIEIRA, E.L. Ação de bioestimulante na cultura do feijoeiro. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. (Ed.). *Feijão irrigado – tecnologia de produtividade*. Piracicaba: ESALQ/USP, 2003. p.1-29.

CHEN, Y.; AVIAD, T. Effects of humic substances on plant growth. In: MCCARTHY, P.; CLAPP, C.E.; MALCOLM, R.L.; BLOOM, P.R. (Ed.). *Humic substances in soil and crop sciences: selected readings*. Madison: SSSA, 1990. p.161-186.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. *Acompanhamento da safra brasileira: grãos, quarto levantamento*, Janeiro, 2015. Brasília: Conab, 2015. 91 p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_01_09_09_0_0_21_boletim_graos_janeiro_2015.pdf>. Acesso em: 28 mai. 2015.

CORDEIRO, D.S.; SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M.; SARRUGE, J.R.; PALHANO, J.B.; CAMPO, R.J. Calagem, adubação e nutrição mineral. In: EMBRAPA SOJA. *Ecologia, manejo e adubação da soja*. Londrina: Embrapa Soja, 1979. p.19-49. (Circular Técnica, 2).

- EMBRAPA SOJA. **Tecnologias de Produção de Soja - Região Central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 264p. (Sistema de Produção/Embrapa Soja, n.15).
- DOURADO NETO, D.; DARIO, G.J.A.; VIEIRA JÚNIOR, P.A.; MANFRON, P.A.; MARTIN, T.N.; BONNECARRÉRE, R.A.G.; CRESPO, P.E.N. Aplicação e influência do fitoregulador no crescimento das plantas de milho. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v.11, n.1, p.1-9, 2004.
- EPSTEIN, E. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. São Paulo/Rio de Janeiro: Editora da Universidade de São Paulo e Livros Tec. e Cient. Editora, 1975. 34p.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2.ed. Londrina: Editora Planta, 2006. p.169-201.
- ESCANO, C.R.; JONES, C.A.; UEHARA, G. Nutrient diagnosis in corn on hydric dystrandepts: II. Comparison of two system of tissue diagnosis. **Soil Science Society American Journal**, v.45, p.1140-1140, 1981.
- FANCELLI, A.L. Influência da nutrição de plantas na ocorrência de doenças e pragas. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. (Ed.). **Feijão irrigado – tecnologia de produtividade**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2003. p.1-29.
- FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: Editora UFLA/FAEPE, 2005. 186p.
- 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.
- FRANCA-NETO, J.B.; HENNING, A.A.; KRZYŻANOWSKI, F.C.; PEREIRA, O.A.P.; LORINI, I.; PANOFF, B.; BRZEZINSKI, C.R.; BERGONSI, J.S. Efeito do tratamento de sementes de soja com micronutrientes e bioestimulantes sobre o desenvolvimento de plântulas. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 32, 2011, São Pedro, SP. **Resumos Expandidos...** Londrina: Embrapa Soja, 2011. p.345-347.
- GAN, Y.; STULEN, I.; POSTHUMUS, F.; VAN KEULEN, H.; KUIPER, P.J.C. Effects of N management on growth, N₂ fixation and yield of soybean. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v.62, n.2, p.163-174, 2002.
- GAN, Y.; STULEN, I.; VAN KEULEN, H.; KUIPER, P.J.C. Effect of N fertilizer top-dressing at various reproductive stages on growth, N₂ fixation and yield of three soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) genotypes. **Field Crops Research**, Warwick, v.80, n.2, p.147-155, 2003.
- HEENAN, D.P.; CAMPBELL, L.C. Soybean nitrate reductase activity influenced by manganese nutrition. **Plant and Cell Physiology**, Kyoto, v.21, n.4, p.731-736, June 1980.
- HUBER, D.M. Efeitos do glifosato em doenças de plantas. In: SIMPÓSIO SOBRE PROBLEMAS DE NUTRIÇÃO E DE DOENÇAS DE PLANTAS NA AGRICULTURA MODERNA: AMEAÇAS À SUSTENTABILIDADE?, 1, 2007, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba: INPI, 2007. CD-ROM.
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80p. (Embrapa Soja. Documentos, 283).
- KLAHOLD, C.A.; GUIMARÃES, V.F.; ECHER, M.M.; KLAHOLD, A.; CONTIERO, R.L.; BECKER, A. Resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) à ação de bioestimulante. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.28, n.2, p.179-185, 2006.
- LANA, M.R.Q.; VILELA FILHO, C.E.; ZANAO JUNIOR, L.A.; PEREIRA, H.S.; LANA, A.M.Q. Adubação superficial com fósforo e potássio para a soja em diferentes épocas em pré-semeadura na instalação do sistema de plantio direto. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.4, n.2, p.53-60, 2003.
- LANTMANN, A.F.; PEREIRA, L.R.; ZOBIOLE, L.H.S.; CASTRO, C.; ORTIZ, F.R. Normas DRIS regionalizadas para avaliação do balanço nutricional da soja no Paraná. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 24, 2002, São Pedro, SP. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2002. 128p.
- MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. Nutrição mineral e adubação de leguminosas alimentícias. In: **Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas**. São Paulo: Ed. Pioneira, 1974. p.558-577.
- MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação da soja**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1980. 40p. (Série Divulgação Técnica Ultrafertil).
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Livrocere, 2006. 638p.
- MANN, E.N.; REZENDE, P.M.; CARVALHO, J.G.; CORRÊA, J.B.D. Efeito da adubação com manganês, via solo e foliar em Diferentes épocas na cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.2, p.264-273, 2001.
- MASCARENHAS, H.A.A.; WUTKE, E.B.; BRAGA, N.R.; TANAKA, R.T.; MIRANDA, M.A.C. Cultura da soja: adubar ou não com nitrogênio? **O Agrônomo**, Campinas, v.53, n.1, p.46-48, 2001.
- MASCARENHAS, H.A.A.; TANAKA, R.T.; WUTKE, E.B.; BRAGA, N.R.; MIRANDA, M.A.C. Potássio para a soja. **O Agrônomo**, Campinas, v.55, n.1, p.20-21, 2003.
- MEDAL-JOHNSEN, A.; SUMNER, M.E. Foliar diagnostic norms for potatoes. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.2, n.5, p.569-576, 1980.
- MENDES, I.C.; HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T. Soybean response to starter nitrogen and *Bradyrhizobium* inoculation on a Cerrado Oxisol under no-tillage and conventional tillage systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.1, p.81-87, 2003.
- MENDES, I.C.; REIS JUNIOR, M.; SOUSA, D.M.G.; CAMPO, R.J. Adubação nitrogenada suplementar tardia em soja cultivada em latossolos do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, D.F., v.43, n.8, p.1053-1060, 2008.
- MIRANDA, L.N.; MIRANDA, J.C.C.; REIN, T.A.; GOMES, A.C. Utilização de calcário em plantio direto e convencional de soja e milho em Latossolo Vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, D.F., v.40, n.6, p.563-572, 2005.
- NOGUEIRA, M.A.; MELO, W.J. Enxofre disponível para a soja e atividade de arilsulfatase em solo tratado com gesso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.4, p.655-663, 2003.
- PARTELLI, F.L.; VIEIRA, H.D.; COSTA, A.N. Diagnóstico nutricional em caféiro conilon orgânico e convencional no Espírito Santo, utilizando o DRIS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.6, p.1456-1460, 2005.
- PEOPLES, M.B.; CRASWELL, E.T. Biological nitrogen fixation: investments, expectations and actual contributions to agriculture. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.141, n.1, p.13-39, 1992.
- PETTER, F.A.; PACHECO, L.P.; ALCANTARA NETO, F.; SANTOS, G.G. espostas de cultivares de soja à adubação nitrogenada tardia em solos de cerrado. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.25, n.1, p.67-72, 2012.
- PÖTTKER, D.; BEN, J.R. Calagem para uma rotação de culturas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.4, p.675-684, 1998.
- REZENDE, P.M., GRIS, C.F., CARVALHO, J.G., GOMES, L.L.; BOTTINO, L. Adubação foliar. I. épocas de aplicação de fósforo na cultura da soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.6, p.1105-1111, nov./dez., 2005.
- RHEINHEIMER, D.S.; ALVAREZ, J.W.R.; OSORIO FILHO, B.D.; SILVA, L.S.; BORTOLUZZI, E.C. Resposta de culturas à aplicação de enxofre e a teores de sulfato num solo de textura arenosa sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n.3, p.562-569, mai.-jun. 2005.
- RICHART, A.; LANA, M.C.; SCHULZ, L.R.; BERTONI, J.C.; BRACCINI, A.L. Disponibilidade de fósforo e enxofre para a cultura da soja na presença de fosfato natural reativo, superfosfato triplo e enxofre elementar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n.4, p. 695-705, 2006.
- ROSOLEM, C.A.; MARCELLO, C.S. Crescimento radicular e nutrição mineral da soja em função da calagem e adubação fosfatada. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.55, n.3, p.448-455, 1998.
- SACRAMENTO, L.V.S.; ROSOLEM, C.A. Eficiência de absorção e utilização de potássio por plantas de soja em solução nutritiva. **Bragantia**, Campinas, v.57, n.2, 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87051998000200017&lng=en&nm=iso>. Acesso em: 28 mai. 2015.
- SALVAGIOTTI, F.; CASSMAN, K.G.; SPECHT, J.E.; WALTERS, D.T.; WEISS, A.; DOBERMANN, A.R. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. **Agronomy & Horticulture** -- Faculty Publications. Paper 133. 2008. Disponível em: <<http://digitalcommons.unl.edu/agronomyfacpub/133>>. Acesso em: 28 mai. 2015.
- SEDIYAMA, T. **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenas, 2009. 314p.
- SFREDO, G.J.; BORKERT, C. M.; LANTMANN, A.F. **Molibdênio e cobalto na cultura da soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1997. 18p.
- SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M. **Deficiências e toxicidades de nutrientes em plantas de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2004. (Documentos, n.231).
- SFREDO, G.J. **Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral**. Londrina: Embrapa Soja, 2008.

- SFREDO, G.J.; LAZZAROTTO, J.J. **Uso da informática para adubação e nutrição de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. (Embrapa Soja. Documentos, 289). 1 CD-ROM.
- SILVA, D.J.; ALVAREZ VENEGAS, V.H.; RUIZ, H.A.; SANT'ANA, R. Translocação e redistribuição de enxofre em plantas de milho e de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, D.F., v.38, n.6, p.715-721, jun. 2003.
- SUMNER, M.E. Preliminary N, P, and K foliar diagnostic norms for soybeans. **Agronomy Journal**, Madison, v.69, n.2, p.226-230, 1977.
- VARGAS, M.A.T.; MENDES, A.R.; SUHET, A.R.; PERES, J.R.R. Fixação Biológica do Nitrogênio. In: ARANTES, N.E.; SOUZA, P.I.M. (Ed.). **Cultura da soja nos Cerrados**. Piracicaba: Potafós, 1993. 535p.
- VITTI, G.C.; FAVARIN, J.L.; GALLO, L.A.; PIEDADE, S.M.S.; FARIA, M.R.M.; CICARONE, F. Assimilação foliar de enxofre elementar pela soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, D.F., v.42, n.2, p.225-229, fev. 2007.
- WADT, P.G.S. **Os métodos da chance matemática e do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) na avaliação nutricional de plantios de eucalipto**. 1996. 123p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.
- WALWORTH, J.L.; SUMNER, M.E. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). **Advances in Soil Science**, New York, v.6, p.149-188, 1987.
- ZOBIOLE, L.H.S.; OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J.; BIFFE, D.F.; KREMER, R.J. Uso de aminoácido exógeno na prevenção de injúrias causadas por glyphosate na soja RR. **Planta Daninha**, Viçosa, v.28, n.3, p.643-653, 2010.