



**RELATÓRIO DE ENSAIO COMERCIAL COM O
FERTILIZANTE MAGNESIANO DUNITO[®]**

COMPANHIA MAGNÉSIO, Maio de 2021



1 - INTRODUÇÃO

Trabalhos recentes têm mostrado que a cultura da soja apresenta alta capacidade de resposta à adubação e tal desempenho pode ser atribuído à evolução do conhecimento e dos avanços tecnológicos disponibilizados aos agricultores, além da interação entre o potencial genético dos novos materiais com o ambiente. Muitas vezes, a adubação atinge níveis altos em áreas de primeiro ano e em áreas cultivadas anteriormente, com o sistema de plantio direto já estabilizado. E, dentro do balanço nutricional, o magnésio (Mg) é usualmente negligenciado na adubação dos cereais, sendo fornecido exclusivamente através de calcário dolomítico. A solubilidade do Mg contido no referido corretivo comparado ao cálcio (Ca) e ao potássio (K) que incorporam formulações NPK e fertilizantes simples é bem mais lenta no solo, necessitando de tempo para que se obtenha regular efetividade o que, muitas vezes, não é suficiente no sentido de atender as demandas de Mg exigidas pela soja, sobretudo por materiais mais exigentes e com alto potencial de produção.

Em muitas situações, apesar de existir no solo quantidade de Mg suficiente para atender as exigências das culturas, o nutriente não é assimilado pelas raízes das plantas. A membrana plasmática das células das raízes tem pouca afinidade pelo Mg e sua absorção pode ser suprimida pela presença de outros cátions, como o Ca e, principalmente o K, cujas adubações são realizadas via cloreto de potássio (KCl), que consiste numa fonte altamente solúvel na umidade do solo. Dessa forma, o excesso de K inibe a assimilação de Mg pelas raízes podendo causar carência ou deficiência do nutriente, mesmo em concentrações consideradas adequadas de Mg no solo.

Além dos desequilíbrios entre cátions gerados pelo manejo nutricional, as características geológicas do solo também podem contribuir para limitação de Mg, principalmente em solos calcíticos, onde o excesso de Ca natural, oriundo do material de origem, predomina. No Brasil, existe grande número de classes de solos que ocorrem sobre embasamento calcário, mas somente algumas são realmente influenciadas por esse material de origem. Sobre o embasamento calcário da região Centro-Oeste, a maior expressão desses solos ocorre na serra da Bodoquena, onde são verificados solos com os horizontes superficiais apresentando cores escuras, sendo esse padrão decorrente da associação do carbono orgânico com o íon cálcio, levando à formação de humatos de cálcio (DUCHAUFOR, 1982), o que confere maior estabilidade à matéria orgânica. Esses solos desenvolvidos sob a influência do calcário apresentam saturação por bases elevadas, geralmente acima de 80 %, com



predominância de Ca e baixos teores de Mg, o que leva as culturas apresentarem deficiências bem marcantes do nutriente.

Já se reconhece um crescimento significativo do manejo de aplicação de magnésio nas últimas safras, mas observa a limitação na divulgação dos resultados como o grande desafio para aumentar a disseminação da prática junto aos produtores e técnicos no país. Dessa forma, torna-se especialmente importante o estudo de fontes de magnésio e seus desdobramentos no sistema solo-planta, como disponibilidade, eficiência e alterações no comportamento produtivo e qualitativo das culturas. Essas informações permitirão manejar de forma eficiente as adubações magnesianas, visando equilíbrio nutricional e incremento produtivo.

O fertilizante magnesiano Dunito[®] consiste numa ferramenta importante na adequação de Mg no solo, uma vez que é composto por minerais de fraca e moderada resistência ao intemperismo, responsáveis por rápidas respostas iniciais a campo e pelo fornecimento de Mg ao longo do ciclo da cultura, respectivamente. Este ensaio de validação técnico-comercial visou determinar se o fertilizante Dunito[®] consiste em uma fonte eficiente de magnésio para a cultura da soja, se é capaz de melhorar o desempenho da cultura, alterando, positivamente, a produtividade e as características qualitativas dos produtos colhidos.

2 – MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio comercial foi conduzido no município de Bonito, Mato Grosso do Sul, em uma propriedade particular (Fazenda América), num solo classificado como Nitossolo de coloração escura no horizonte superficial, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA 2018), nas coordenadas geográficas 21°12'25.6"S 56°36'20.7"W, com 350 m altitude, e um clima tropical com temperatura média na faixa dos 24 °C (KÖPPEN, 2001). A área do ensaio comercial se encontrava com a vegetação natural, sem o uso de corretivos e fertilizantes. A característica química média da área onde o ensaio foi realizado, na camada superficial de 0-20 cm de profundidade, está exposta na Tabela 01.

Tabela 01. Características químicas médias da área do ensaio realizado na Fazenda América. Bonito – MS, maio de 2021. Vide Anexo I.

AMOSTRA	M.O.	pH	P*	S-SO ₄	Ca	Mg	K	H+Al	Al	CTC	V
0-20 cm	(g dm ⁻³)	(CaCl ₂)	(mg dm ⁻³)				(mmol _c dm ⁻³)				(%)
MÉDIA	45,6	7,0	16,5	7,2	290,9	14,5	7,7	7,2	0,0	324,0	95,1

* Mehlich⁻¹ (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹).



Na área onde foi realizado o ensaio comercial, 32 hectares receberam 1.000 kg/ha do fertilizante magnésiano Dunito[®], além da adubação convencional de semeadura e cobertura realizada pelo produtor, com a finalidade de equilibrar os teores de Mg do solo com os cátions Ca e K. As principais características do referido fertilizante encontram-se no item 2.1. As sementes de soja dos materiais M 6410 IPRO, da Monsanto e FPS 1867 IPRO, da Fundação Pró-Sementes foram semeadas em 29/11/2021 e colhidas em 03/04/2021, quando toda a lavoura atingiu o estado de maturação fisiológica.

No momento de pleno florescimento da cultura, foram coletadas folhas conforme metodologia descrita por Raij et al. (1996). O material foi moído em moinho tipo Willey e devidamente identificados. Nesse material foram determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg e S, segundo a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

Na maturação plena, estágio vegetativo R₈, foram coletadas plantas da área com o fertilizante Dunito[®] e testemunha, onde não se aplicou o produto, totalizando 9 m², para determinação da produtividade (amostragem), após correção da umidade dos grãos para 13 % (base úmida). Também após a correção da umidade, foi determinada a massa de 100 grãos da produção obtida dessa amostragem, o número de vagens cheias e chochas por planta e o número de grãos por planta. A produtividade total da lavoura foi obtida através de colheita em máquina pelo proprietário da Fazenda.

2.1 – Obtenção de proteínas de reserva e proteína bruta

A primeira etapa realizada consistiu em obter a farinha de soja integral a partir dos grãos triturados em um moinho refrigerado, posteriormente as mesmas foram desengorduras com n-hexano como solvente para extração de lipídios. O processo foi conduzido na proporção 1:10 (solvente:amostra), sob agitação, durante 30 minutos, à temperatura ambiente. A mistura foi filtrada e mantida em recipiente aberto para completa evaporação do n-hexano, ocorrendo o mesmo procedimento por mais duas vezes. Para isolamento das frações proteicas, foram utilizadas diferentes soluções extratoras, considerando a solubilidade das mesmas. As extrações das frações proteicas, albumina, globulina, glutelina e prolamina, foram realizadas com base no descrito por Sathe e Salunkhe (1981). Em seguida, foi realizada a determinação das proteínas nas diferentes frações proteicas pelo método de Bradford (1976), usando-se albumina sérica bovina como padrão. A cada 100 µl de amostra preparada em diferentes



diluições, foram adicionados 2,5 ml do reagente de Bradford e após 10 minutos foram feitas as leituras das absorvâncias em comprimento de onda de 595 nm.

Para a determinação da proteína bruta, foi realizada utilizando-se o método de Kjeldahl, na quantificação de nitrogênio total, conforme recomendação da Association Of Official Analytical Chemist (1975) e Vitti et al. (2001), com modificações. Foram analisadas quatro subamostras de 0,2 g da farinha de soja moída, provenientes de amostras dos grãos de cada repetição de campo. A farinha de soja moída foi condicionada em tubos de ensaio, junto com 2 g de uma mistura catalítica (sulfato de cobre e selênio em pó) e 5 mL de ácido sulfúrico concentrado. Estes tubos foram levados para aquecimento em um bloco digestor para a fase de digestão da matéria orgânica. O aquecimento foi gradual e assim que a temperatura de 350 °C foi atingida, o material permaneceu a esta temperatura constante por mais 2,5 horas. Após a obtenção do material digerido, iniciou-se a fase de destilação da amônia liberada e, após a reação com hidróxido de sódio (50 %), foi recolhida em solução de ácido bórico a 4 %. A titulação foi realizada em solução-padrão de ácido clorídrico a 1 N. Obteve-se para esse procedimento uma recuperação de 99,7 % de nitrogênio. Para o cálculo da conversão de nitrogênio em proteínas, foi utilizado o fator 6,25 e a porcentagem de proteínas foi obtida com base na matéria seca.

2.2 – Obtenção de amido, açúcares totais e sacarose

As mesmas amostras de grãos moídos também foram submetidos ao fracionamento de açúcar por cromatografia líquida de alto desempenho (HPLC) em um Shimadzu cromatógrafo modelo 10 A com detector de índice de refração RID - 10 A e modelo LC – 10 AD bomba isocrática. Água purificada foi usada como fase móvel a uma taxa de fluxo de 0,6 mL min⁻¹. Antes da HPLC, 1,0 g de amostra de folha e 8,0 g de água purificada foram pesados e incubado em um banho metabólico Marconi modelo MA095 a 60 C por 40 min com constante agitação. Após centrifugação subsequente a 12.000 rpm, o sobrenadante foi filtrado através de uma membrana de fluoreto de polivinilideno (PVDF) millipore com uma porosidade de 0,22 m e diâmetro de 13,0 mm. As amostras foram então injetadas no sistema de HPLC, e os cromatogramas resultantes foram comparados com aqueles de concentrações definidas de sacarose, glicose e frutose (açúcares redutores). As concentrações de sacarose e açúcares redutores foram calculados comparando suas áreas com as dos padrões e, em



seguida, multiplicando pela diluição de cada amostra. A concentração de amido nos grãos foi determinada usando um espectrofotômetro a 535 nm.

2.3 - Fertilizante Magnésiano Dunito®

De acordo com Crusciol et al. (2019), o fertilizante Dunito® consiste numa fonte de Mg e Si de solubilidade imediata e constante, pois a liberação dos nutrientes ocorre de forma controlada, sendo que o mecanismo de liberação dos nutrientes do produto é comprovadamente regulado pela demanda da planta, uma vez que é dependente da remoção dos produtos dos equilíbrios de dissolução e hidrólise dos minerais que compõem o fertilizante, sendo este fator mais determinante, inclusive, que a acidez do solo.

O produto apresenta teores de metais pesados abaixo dos limites estabelecidos pelos Anexos I, III e V da Instrução Normativa 27, referindo às concentrações máximas permitidas para metais pesados tóxicos (MAPA, 2019). Por esse motivo, o produto possui certificação orgânica pelo Instituto Biodinâmico de São Paulo (IBD), sendo permitida sua utilização em áreas agrícolas orgânicas certificadas, com toda segurança das boas práticas agronômicas (Tabela 02).

Tabela 02. Quantificação de metais pesados do fertilizante magnésiano Dunito®. Extraído de Moretti et al., 2021.

Descrição	Símbolo Químico	Valor	Unidade
Metais pesados			
Arsênio	As ³⁺	3,79	mg kg ⁻¹
Cadmio	Cd ²⁺	0,80	mg kg ⁻¹
Chumbo	Pb ²⁺	2,50	mg kg ⁻¹
Mercúrio	Hg ²⁺	<0,20	mg kg ⁻¹
Selênio	Se ²⁺	<0,10	mg kg ⁻¹
Cromo	Cr ³⁺	0,037	%
Níquel	Ni ²⁺	0,239	%

A análise de difração por raios-X (DRX) foi realizada para determinar e quantificar as fases mineralógicas (Figura 01) do produto, sendo que os resultados quantitativos destas estão expressos na Tabela 03. A identificação das fases cristalinas foi obtida comparando a amostra com a base de dados PDF₂ do ICDD - Centro Internacional para Dados de Difração e ICSD -



Base de Dados de Estrutura de Cristais Inorgânicos. Os valores foram calculados pelo método de Rietveld (YOUNG, 1993) utilizando as estruturas cristalinas ICSD padrão e fluorita interna (CaF₂), conforme demonstrado na Tabela 03. As características químicas do Dunito[®] (garantias), assim como as granulométricas, também estão demonstradas nesta Tabela.

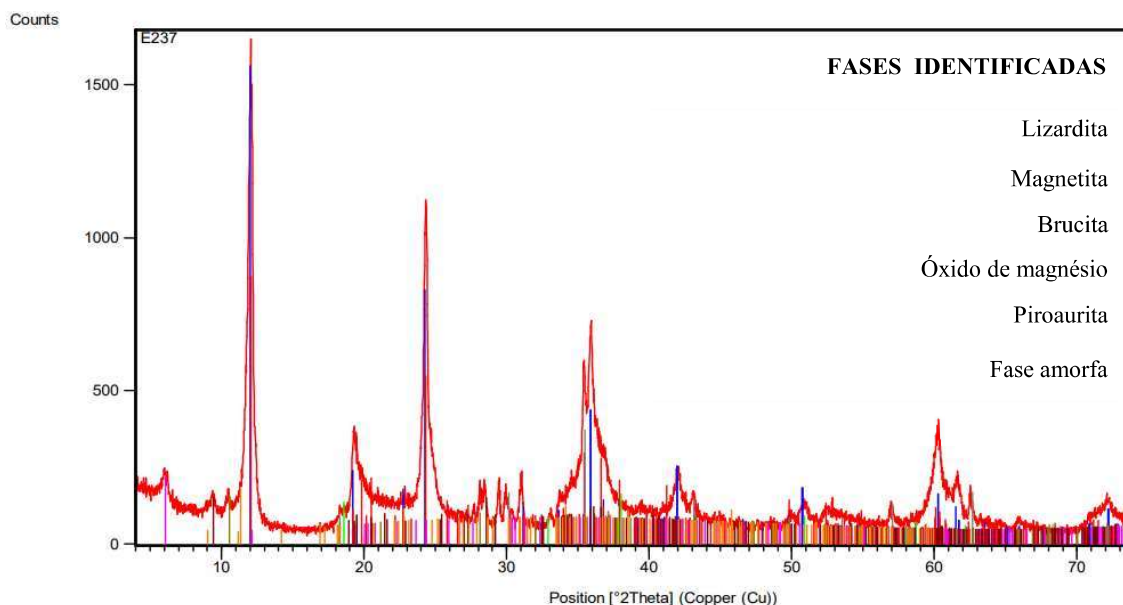


Figura 01. Difratograma de raios-X do Dunito[®] da CMAG Fertilizantes. Universidade de São Paulo (USP), Escola Politécnica, Departamento de Minas e Engenharia de Petróleo, Laboratório de Caracterização Tecnológica, São Paulo, Brasil, 2020.

Tabela 03. Metais pesados, fases mineralógicas e garantias como fertilizante do Dunito[®]. Botucatu - SP, 2020.

Fases Mineralais [‡]	Fórmula molecular	Valor	Unidade
Lizardita	Mg ₃ (Si ₂ O ₅ (OH) ₄)	50,3	%
Magnetita	Fe ₃ O ₄	1,3	%
Brucita	Mg(OH) ₂	12,3	%
Óxido de magnésio	MgO	0,3	%
Piroaurita	Mg ₂ Fe(OH)16CO ₃ .4H ₂ O	0,3	%
Fase amorfa	-	35,5	%
Garantias[§]			
Óxido de magnésio	MgO	40	%
Sílica	SiO ₂	34	%
Granulometria			
Dunito [®]		100 mesh	= 149 μm

[‡] Relatório técnico n.118-2666. HPF. Universidade de São Paulo (USP), Escola Politécnica;

[§] Relatório técnico n. 9336-9342. Agrilab – Laboratório de Análises Agrícolas e Ambientais.



O Dunito[®] é constituído, predominantemente, por fase amorfa ou vítrea (35,5 %), brucita (12,3 %) e lizardita (50,3 %) (Tabela 03). Brucita e fase amorfa consistem no grupo de minerais que mais contribuem para as rápidas respostas a campo do Dunito[®], principalmente relacionado ao Mg, pois são altamente suscetíveis ao intemperismo. O vidro (fase amorfa) não obedece a um padrão estrutural repetitivo como um mineral, característica que faz toda a diferença na resistência ao intemperismo e, conseqüentemente, solubilidade. Já a lizardita, silicato hidratado de magnésio, é um mineral pertencente ao grupo da serpentina, de moderada a alta resistência ao intemperismo, responsável pelas respostas de Mg e Si de médio a longo prazo. Por fim, baseado no conhecimento da mineralogia do produto, é possível inferir que a solubilidade do produto é controlada, apresentando Mg de solubilidade imediata e constante, o que garante o suprimento do nutriente para as fases iniciais e também posteriores, de maior exigência em Mg, como diferenciação floral e enchimento de grãos.

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições pedogenéticas influenciam sobremaneira o equilíbrio do Mg com outros cátions, podendo induzir a deficiência deste, principalmente em solos calcíticos, onde se encontra excesso de Ca, limitando a absorção de Mg. No solo da área onde o ensaio comercial foi realizado, o íon Ca^{2+} predomina no complexo sortivo (Tabela 01 – MATERIAL E MÉTODOS), cujo horizonte superficial apresenta cores escuras a negras, de textura argilosa, alta saturação por bases e de alta concentração de matéria orgânica que, neste caso, encontra-se bastante estabilizada justamente pelos elevados teores de Ca^{2+} , que formam pontes entre a fração mineral e os grupos funcionais reativos ionizados na matéria orgânica. O material de origem carbonático e o clima favorecem a formação de horizonte cálcico nesses tipos de solos na Serra da Bodoquena.

Na Figura 02 é possível observar deficiência severa de magnésio manifestado pela clorose internerval nas folhas de plantas que não receberam a adubação magnésiana. Plantas deficientes em magnésio podem apresentar clorose nas folhas devido à produção deficiente de clorofila, menor translocação de fotoassimilados para órgãos de reserva ou de reprodução (flores e grãos, no caso como soja, milho, feijão e trigo) e maior sensibilidade a estresses abióticos, como altas temperaturas e luminosidade.





Figura 02. Deficiência de magnésio em plantas de soja. Bonito – MS, 2020/21.

Encontram-se na Tabela 04 os teores foliares de macronutrientes na cultura da soja cultivada em solo com predominância de cálcio natural submetida ou não à adubação magnésiana com Dunito[®]. Observa-se que para o Mg, objeto do estudo, onde se aplicou o fertilizante magnésiano as plantas apresentaram menor teor de Mg foliar.

Tabela 04. Teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) na cultura da soja cultivado em solo com e sem adubação magnésiana. Bonito – MS, 2020/21.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- (g kg ⁻¹) -----					
Padrão	54,88	2,33	13,92	18,03	4,65	1,95
Padrão + Dunito [®]	49,14	2,52	10,43	11,06	3,88	2,16
Embrapa Soja 2020*	45-65	2,8-4,5	18-25	6-10	2,8-5	2,4-4

* Oliveira Júnior et al. (2020).

Esses decréscimos na concentração foliar de Mg e também nas concentrações de N, K e Ca nas plantas que receberam a adubação com o fertilizante Dunito[®], caracteriza-se o chamado efeito diluição, também conhecido por "efeito Steenbjerg", sob o qual o crescimento é proporcionalmente maior do que a própria absorção do elemento, não permitindo o aumento



de sua concentração no tecido das plantas (MALAVOLTA et al. 1997). Em razão do déficit de magnésio no solo, ocorreu drástica redução no crescimento das plantas onde não foi fornecido o fertilizante, proporcionando o aumento da concentração foliar destes nutrientes justamente nas plantas que não receberam o fertilizante magnésiano comparado às plantas adubadas com Dunito®.

Na Tabela 04 é possível conferir os dados sobre as faixas adequadas dos nutrientes, segundo Embrapa Soja, citando Oliveira Júnior et al. (2020), e compará-los com os teores obtidos nas plantas submetidas à adubação padrão do produtor com e sem Dunito®. Para N e Mg os teores encontram-se dentro da faixa considerada adequada pelos autores, com o Ca em patamares elevados, corroborando com os teores altos do referido nutriente no solo (Tabela 01). Já para P, K e S os teores foliares encontram-se abaixo da faixa considerada adequada. Torna-se interessante ressaltar que as condições do solo onde foi elaborado o trabalho que resultou no laudo das sugestões das faixas adequadas para os teores de nutrientes foliares para soja da Embrapa, são bem distintas do solo em questão, podendo levar a diferentes resultados.

Na Tabela 05 encontram-se os componentes de produção e produtividade na cultura da soja em função da adubação padrão da fazenda com e sem adição do fertilizante magnésiano.

Tabela 05. Estande final de plantas, número total de vagens por planta, número de vagens chochas por planta, número de grãos por planta (Nº), massa de 100 grãos (M100) e produtividade, obtida na amostragem e na propriedade, em função de fornecimento de Mg e Si via Dunito®. Bonito – MS, 2020/21.

TRATAMENTO	Estande final (planta m ⁻²)	Nº de vagens		Nº grãos	M 100 (g)	Produtividade	
		Total	Chochas			amostragem	propriedade
		-----	(planta ⁻¹)	-----		-----	(kg ha ⁻¹)
Padrão	20,4	58,7	4,0	97	16,6	3.295	3.331
Padrão + Dunito®	21,1	64,3	0,9	113	18,3	4.058	3.900

Não houve nenhum efeito significativo para população final de plantas (estande final) em função do uso de Dunito®. Entretanto, o número total de vagens, o número de vagens chochas e o número de grãos por planta foram afetados positivamente pela adição de Mg ao solo. O adequado fornecimento de Mg às plantas influi decisivamente no transporte pelo floema de fotoassimilados e afeta, significativamente, a distribuição de carboidratos entre os órgãos fonte e órgãos dreno, que não são capazes de fotossintetizar, tais como raízes em



crescimento, sementes em desenvolvimento, tubérculos, frutos e grãos. Assim, a demanda por magnésio é especialmente alta no estágio de crescimento reprodutivo das plantas (RÖMHELD; KIRKBY, 2007).

A Figura 03 a seguir ilustra uma planta de soja com vagem chocha por consequência da deficiência de magnésio em área onde não foi realizada a adubação com o fertilizante Dunito[®]. A marcha de absorção por Mg acompanha a cinética de crescimento das plantas, sendo maior no período que vai do florescimento ao início do enchimento de grãos, quando atinge um consumo diário máximo. E como o Mg é considerado um nutriente móvel no floema, em casos de deficiência, os sintomas típicos de carência de Mg ocorrem primeiramente nas folhas mais velhas, no baixeiro das plantas, sendo por esse motivo, mais difícil sua identificação e posterior correção.



Figura 03. Vagem chocha em pleno enchimento de grãos e deficiência de magnésio em folhas de soja. Bonito – MS, 2020/21.

Com o desenvolvimento da deficiência, a distribuição dos sintomas se estende para as folhas do terço médio, podendo alcançar, em casos mais graves, até as folhas do terço superior, com comprometimento até na fase de enchimento de grãos (Figura 03), principalmente nas combinações com grande desequilíbrio na relação Ca:Mg e altas doses de



K. Em solos com grave deficiência de Mg estes sintomas podem evoluir para necrose entre as nervuras principais com a curvatura do limbo foliar para baixo.

O peso (ou massa) dos grãos de soja também foi influenciado positivamente pela adubação corretiva de magnésio refletindo, conseqüentemente, em maior produtividade, tanto na amostragem realizada como na obtida na área total da fazenda, cujas informações foram enviadas pelo produtor. Segundo Cakmak e Yazici (2010), o Mg apresenta várias funções-chave nas plantas, sendo um dos principais a influencia positiva no enchimento de grãos, o qual pode ser devido a sua função no carregamento do floema, pois o acúmulo de carboidratos nas folhas é um fenômeno comum em plantas com sua deficiência, podendo ter de 3,5 a 9 vezes mais sacarose e também podem conter elevados teores de amido e reduzidos teores de açúcares, comparadas às plantas com teores suficientes do nutriente Mg. Todavia, há uma inibição severa na exportação de açúcares das folhas deficientes em Mg para o floema, e do floema para os órgãos dreno (grãos), comprovando papel direto proposto por esse ensaio no fornecimento de Mg para enchimento e produtividade de grãos.

O magnésio executa um grande número de funções em adição ao seu papel estrutural na clorofila. Juntamente com o K, é um dos principais ativadores enzimáticos em vegetais, participando diretamente da síntese de carboidratos, ácidos nucléicos e no metabolismo de transferência de energia via trifosfato de adenosina (ATP) (EPSTEIN; BLOOM, 2005; CAKMAK; YAZICI, 2010). Na Tabela 05 encontram-se os teores de proteínas de reserva, proteína bruta e carboidratos nos grãos de soja com e sem adubação magnesiana. É possível observar que o fornecimento de Mg via Dunito[®] influenciou de maneira significativa o aumento de globulina e de proteína bruta nos grãos de soja.

Tabela 05. Concentração de proteínas de reserva, proteína bruta, amido, açúcares totais e sacarose em grãos de soja. Bonito – MS, 2020/21.

Amostra	Proteínas de reserva				Proteína Bruta	Carboidratos		
	Globulina	Glutelina	Prolamina	Albumina		Amido	Aç. Totais	Sacarose
	----- (%) -----					----- (g 100 g ⁻¹ de grãos) -----		
Padrão	47,3	29,7	3,3	19,7	40,1	0,3	8,3	5,2
Dunito [®]	51,7	29,5	3,7	19,7	43,0	0,3	8,7	6,1

Do teor total de Mg nas plantas, 75 % está envolvido na síntese proteica (WHITE; BROADLEY, 2009), atuando como ativador enzimático no metabolismo e incorporação do carbono fotossintético (CAKMAK; KIRKBY, 2008). Por essa razão, o suprimento adequado



de magnésio é importante para a soja, uma planta que acumula ao redor de 40 % de proteína nos grãos. Assim, mesmo que o teor de proteína nos grãos seja uma característica com forte dependência genética, a eficiência do processo de síntese de proteínas está diretamente relacionada com o fornecimento adequado de Mg às plantas.

Além dos efeitos no metabolismo da proteína, o fornecimento de Mg é importante também para a formação e translocação de carboidratos das folhas para os grãos, como constatado por diversos autores. Observa-se na Tabela 05 que os teores de sacarose encontram-se consideravelmente maiores nos grãos de soja que receberam o fornecimento de magnésio via Dunito[®] (0,9 g a cada 100 g de grãos), corroborando com os dados de Moretti et al. (2019), que verificaram incrementos no teor de sacarose dos grãos e na produtividade de soja trabalhando com o mesmo fertilizante em solo arenoso e argiloso.

O magnésio influencia diretamente no acúmulo de sacarose das folhas para fora, ou seja, amplia o acréscimo de açúcar em frutos e grãos (CRUSCIOL et al., 2019). Dessa forma, se evidencia uma interação positiva entre o aumento da produtividade e esses componentes, proteínas e carboidratos, acarretando numa relação custo/benefício muito satisfatória ao produtor, referente à utilização do fertilizante magnésiano Dunito[®].

4 – CONCLUSÃO

Foi constatado claramente que existe uma inibição severa na exportação de açúcares das folhas deficientes em Mg para grãos, comprovando papel direto proposto por esse trabalho no fornecimento de magnésio para enchimento e, conseqüentemente, maiores produtividades de grãos de soja. O Dunito[®] consiste numa fonte nutricional magnésiana e fornecedora de Si para a cultura da soja capaz de melhorar positivamente o desempenho agrônomo, proporcionando efeitos diretos no estado nutricional, enchimento e produtividade de grãos.

5 – BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. Washington: 1975. 1054 p.



BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, n. 1-2, p. 248–254, 1976.

CAKMAK, I.; KIRKBY, E. A. Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photooxidative damage. **Physiology Plantarum**, v. 133, p.692 – 704, 2008.

CAKMAK, I.; YAZICI, A. M. Magnesium: a forgotten element in crop protection. **Better Crops With Plant Food**, v. 94, n. 2, p. 23-25, 2010.

CRUSCIOL, C. A. C.; MORETTI, L. G.; BOSSOLANI, J. W.; MOREIRA, A.; MICHERI, P. H.; ROSSI, R. Can Dunitite Promote Physiological Changes, Magnesium Nutrition and Increased Corn Grain Yield?, **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 50, n. 18, p. 2343-2353, 2019.

DUCHAUFOR, P. **Pedology**: Pedogenesis and classification. London, George Allen & Unwin, 1982. 187p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. 2^a Ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2005.

KÖPPEN, W. Climatologia. In: PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. (Ed). **Agrometeorologia**: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2001. 478 p.

MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Associação Brasileira para pesquisa de potassa e do fosfato, 1997. 201 p.

MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). **Solubilidade de Fertilizantes contendo Silício** – método de incubação. Brasil: 2019.

OLIVEIRA JÚNIOR, A.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A.; KEPLER, D. Fertilidade do solo e avaliação do estado nutricional da soja. In: SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.;



BALBINOT JÚNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKY, F. C.; LEITE, R. M. V. B. C. (Ed.). **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. Cap. 7, p. 133-184. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 17).

RAIJ, B van, CANTARELLA, H., QUAGGIO, J.A. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. 285 p. (Boletim técnico, 100).

RÖMHELD, V.; KIRKBY, E. A. Magnesium Functions In Crop Nutrition And Yield. **International Fertiliser Society**, vol. 616, pp. 1 – 23, 2007.

SATHE, S. K., SALUNKHE, D. K. Isolation, partial characterisation and modification of the great Northern bean (*Phaseolus Vulgaris* L.) starch. **Journal of Food Science**, v.46, p.617–621, 1981.

VITTI, G.C.; CAMARGO, M.A.F.; LARA, C. **Síntese de análise químicas em tecido vegetal**. Piracicaba: Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2001.

YOUNG, R. A. Introduction to the Rietveld Method. In: YOUNG, R. A. (Ed.). **The Rietveld Method**, Oxford, University Press, London, 1993.



ANEXO I – Caracterização química da área do ensaio comercial. Fornecido por Coplanagri. Bonito – MS, 2020/21.

AMOSTRA	M.O. (g dm ⁻³)	pH (CaCl ₂)	P (mg dm ⁻³)	S – SO ₄ (mg dm ⁻³)	Ca	Mg	K (mmol _c dm ⁻³)	H+Al	Al	CTC	V (%)
E1 0-20cm	50,9	6,9	4,5	10,8	386,4	9,0	4,0	10,8	0,0	409,6	97,5
E2 0-20cm	62,2	7,4	7,5	6,3	405,3	11,0	8,8	6,3	0,0	429,8	98,9
E3 0-20cm	55,6	7,4	22,6	8,3	410,4	12,2	7,4	8,3	0,0	435,1	98,8
E4 0-20cm	50,4	7,5	6,3	7,6	424,2	8,9	5,3	7,6	0,0	443,0	99,0
E5 0-20cm	25,3	7,0	3,2	4,5	414,4	6,1	2,9	4,5	0,0	433,1	97,8
E6 0-20cm	72,4	7,3	62,8	7,4	428,6	11,3	12,8	7,4	0,0	456,7	99,1
E7 0-20cm	46,2	6,9	10,6	6,6	408,3	13,5	7,9	6,6	0,0	440,2	97,6
E8 0-20cm	45,2	7,4	3,3	11,1	349,6	10,1	6,0	11,1	0,0	375,1	97,5
E9 0-20cm	29,2	6,5	6,2	6,4	239,0	16,9	6,4	6,4	0,0	281,3	93,2
E10 0-20cm	31,2	7,3	4,7	4,7	292,1	6,8	8,4	4,7	0,0	316,8	97,0
E11 0-20cm	44,0	7,2	6,1	7,4	356,8	8,8	7,5	7,4	0,0	382,6	97,5
E12 0-20cm	63,0	7,4	82,4	8,9	462,9	10,5	5,6	8,9	0,0	482,7	99,2
E13 0-20cm	43,7	7,6	9,6	8,4	390,2	12,5	3,2	8,4	0,0	415,2	97,8
E14 0-20cm	44,0	7,7	10,4	8,0	335,6	21,1	9,4	8,0	0,0	374,8	97,7
E15 0-20cm	26,9	7,3	3,2	7,5	384,2	12,5	4,2	7,5	0,0	410,3	97,7
E16 0-20cm	42,4	7,6	3,3	6,8	398,1	7,2	5,6	6,8	0,0	420,3	97,8
E17 0-20cm	52,7	7,2	5,1	5,7	312,7	9,9	7,5	5,7	0,0	335,0	98,5
E18 0-20cm	44,0	7,5	4,8	8,3	381,9	9,3	3,7	8,3	0,0	398,2	99,2
E19 0-20cm	34,5	5,7	4,8	6,3	88,4	18,1	10,3	6,3	0,0	142,0	82,3
E20 0-20cm	20,9	7,7	2,6	5,2	381,4	12,7	3,0	5,2	0,0	406,0	97,8
E21 0-20cm	39,2	6,8	4	8,4	132,2	18,2	5,3	8,4	0,0	165,3	94,2



E22 0-20cm	38,1	6,1	5,2	5,4	96,6	18,2	6,5	5,4	0,0	146,8	82,6
E23 0-20cm	24,2	6,8	7	5,4	248,5	11,9	4,1	5,4	0,0	272,5	97,1
E24 0-20cm	50,2	7,3	28,6	6,8	288,7	12,1	7,1	6,8	0,0	311,5	98,8
E25 0-20cm	51,4	7,1	10,7	6,4	284,6	18,5	4,7	6,4	0,0	311,9	98,7
E26 0-20cm	53,9	7,1	9,2	6,7	380,9	11,8	4,2	6,7	0,0	403,1	98,5
E27 0-20cm	48,1	7,2	44,1	5,6	439,5	17,5	3,7	5,6	0,0	465,7	98,9
E28 0-20cm	41,1	6,3	7,9	5,6	115,5	17,2	9,4	5,6	0,0	166,0	85,6
E29 0-20cm	45,5	5,5	4,5	6,3	119,7	16,5	4,4	6,3	0,0	173,1	81,2
E30 0-20cm	54,7	7,3	130,3	13,3	131,6	25,6	28,4	13,3	0,0	190,5	97,4
E31 0-20cm	49,1	6,5	13,3	6,6	110,6	24,8	14,0	6,6	0,0	151,6	98,5
E32 0-20cm	67,8	7,1	22,3	7,1	293,9	19,0	8,6	7,1	0,0	325,0	98,9
E33 0-20cm	59,3	7,3	14,1	8,5	410,4	12,1	4,5	8,5	0,0	429,1	99,5
E34 0-20cm	47,6	6,5	7,4	5,7	105,1	24,8	11,2	5,7	0,0	148,3	95,1
E35 0-20cm	38,9	6,2	5,3	6,7	76,0	22,5	11,9	6,7	0,0	140,9	78,4
E36 0-20cm	38,1	6,2	2,5	6,0	76,2	23,7	21,3	6,0	0,0	143,7	84,3
E37 0-20cm	55,8	6,2	5,9	8,7	203,4	13,5	4,2	8,7	0,0	253,6	87,2
MÉDIA	45,6	7,0	16,5	7,2	290,9	14,5	7,7	7,2	0,0	324,0	95,1

