

Potencial utilização de fosfato natural na cultura de aveia branca (*Avena sativa* L)

Potential use of natural phosphate in white oat (*Avena sativa* L)

Uso potencial del fosfato natural en la avena blanca (*Avena sativa* L)

Recebido: 15/12/2023 | Revisado: 26/12/2023 | Aceitado: 28/12/2023 | Publicado: 29/12/2023

Kleso Silva Franco Júnior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6807-8889>
Centro Superior de Ensino e Pesquisa, Brasil
E-mail: klesojr@gmail.com

Márcio de Souza Dias

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8367-1341>
Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais, Brasil
E-mail: marciodesouzadias2013@gmail.com

Anderson Caproni Pereira

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-0127-9844>
Fazenda Santa Cruz-MG, Brasil
E-mail: gerencia1@santacruzfazenda.com.br

Sérgio Reis Almeida

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7766-2941>
Fazenda Santa Cruz-MG, Brasil
E-mail: reisalmeidasergio8@gmail.com

Alexandre Aparecido Silva

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1312-5294>
Fazenda Santa Cruz-MG, Brasil
E-mail: carolainesantossilvasilva3637@gmail.com

Elber Augusto Caixeta

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2304-181X>
Fazenda Santa Cruz-MG, Brasil
E-mail: elbercaixeta@hotmail.com

Resumo

Objetivou-se com esta pesquisa avaliar a eficiência da fosfatagem com Fosbio® (Rocafeed) em sistema de produção em cultivo de aveia (*Avena sativa* L) em relação aos teores de fósforo e boro no solo nas camadas de 0-20 cm e de 20-40 cm. A pesquisa foi realizada na Fazenda Santa Cruz, Rodovia MG 453/Km 13, no Município de Paraguaçu-MG no período de abril a setembro de 2023. Os parâmetros químicos e de granulométrica do solo, foram analisados, e com base nos dados obtidos, foi calculado a quantidade de Fosbio® a ser aplicado na gleba, o qual foi aplicado a lanço, em seguida, foi realizada a aplicação do fosfato natural e, posteriormente, a semeadura da aveia branca (*Avena sativa* L) em abril. Os tratamentos foram os seguintes: T1 - Controle, T2 - 500 kg ha⁻¹ de Fosbio® e T3 - 1000 kg ha⁻¹ de Fosbio®. O experimento foi instalado em Delineamento em Blocos Casualizados (DBC) com 5 repetições por tratamento sendo os parâmetros avaliados a produtividade da aveia, teores de fósforo (P) e boro (B) no solo antes do plantio e após a colheita nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm. As médias obtidas foram comparadas pelo teste de Scott-Knott com 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR®. A aplicação de Fosbio® promoveu incrementos de produtividade da aveia, elevou os teores de P no solo, pelo extrator resina e proporcionou incrementos nos teores de B no solo.

Palavras-chave: Remineralizador; Rochagem; Fósforo; Silicato.

Abstract

The objective of this research was to evaluate the efficiency of phosphating with Fosbio® (Rocafeed) in an oat (*Avena sativa* L) production system in relation to phosphorus and boron contents in the soil in the 0-20 cm and 20-40 cm. The research was carried out at Fazenda Santa Cruz, Rodovia MG 453/Km 13, in the Municipality of Paraguaçu-MG from April to September 2023. The chemical and granulometric parameters of the soil were analyzed, and based on the data obtained, The amount of Fosbio® to be applied to the land was calculated, which was applied by broadcast, followed by the application of natural phosphate and, subsequently, the sowing of white oats (*Avena sativa* L) in April. The treatments were as follows: T1 - Control, T2 - 500 kg ha⁻¹ of Fosbio® and T3 - 1000 kg ha⁻¹ of Fosbio®. The experiment was installed in a Randomized Block Design (RBD) with 5 replications per treatment, with the parameters evaluated being oat productivity, phosphorus (P) and boron (B) content in the soil before planting and after harvesting in layers of 0 -20 cm and 20-40 cm. The means obtained were compared using the Scott-Knott test with 5% probability, using the SISVAR® software. The application of Fosbio® promoted increases in oat productivity, increased P levels in the soil, through the resin extractor and provided increases in B levels in the soil.

Keywords: Remineralizer; Rocking; Phosphorus; Silicate.

Resumen

El objetivo de esta investigación fue evaluar la eficiencia del fosfatado con Fosbio® (Rocafeed) en un sistema de producción de avena (*Avena sativa* L) en relación con los contenidos de fósforo y boro en el suelo en los estratos 0-20 cm y 20-40 cm. La investigación se realizó en la Hacienda Santa Cruz, Rodovia MG 453/Km 13, en el Municipio de Paraguaçu-MG, de abril a septiembre de 2023. Se analizaron los parámetros químicos y granulométricos del suelo y, con base en los datos obtenidos, se determinó la cantidad de Fosbio® a aplicar al terreno, el cual se aplicó al voleo, seguido de la aplicación de fosfato natural y, posteriormente, la siembra de avena blanca (*Avena sativa* L) en abril. Los tratamientos fueron los siguientes: T1 - Testigo, T2 - 500 kg ha⁻¹ de Fosbio® y T3 - 1000 kg ha⁻¹ de Fosbio®. El experimento se instaló en un Diseño de Bloques Aleatorios (DBA) con 5 repeticiones por tratamiento, siendo los parámetros evaluados la productividad de la avena, el contenido de fósforo (P) y boro (B) en el suelo antes de la siembra y después de la cosecha en capas de 0-20 cm y 20-40 cm. Las medias obtenidas se compararon mediante la prueba de Scott-Knott con 5% de probabilidad, utilizando el software SISVAR®. La aplicación de Fosbio® promovió aumentos en la productividad de la avena, incrementó los niveles de P en el suelo, a través del extractor de resina y proporcionó aumentos en los niveles de B en el suelo.

Palabras clave: Remineralizante; Balanceo; Fósforo; Silicato.

1. Introdução

Dados apresentados pela Food and Agriculture Organization (FAO, 2014) destacam que aproximadamente 805 milhões de pessoas no planeta não tem a sua disposição alimento suficiente para suprir suas necessidades e assim promover uma vida saudável. Tal informação nos leva a uma reflexão profunda de que se algo não for feito estaremos entrando em colapso no que se refere a alimentação da população.

Observando o setor agrícola do Brasil é nítida a sua expansão tecnológica o que coloca o país como um dos principais exportadores agrícolas. Desta forma é perfeitamente possível aumentar a produtividade e consequentemente a oferta de produtos para o restante do mercado internacional (IBGE, 2015).

Vale a pena destacar que o Brasil é um grande produtor mundial de alimentos, entretanto deve-se ressaltar que para se ter essa grande produtividade o país utiliza grandes áreas cultiváveis e a demanda por novas áreas enfrenta desafios na área ambiental, onde a preocupação com as mudanças climáticas que vem ocorrendo no mundo e no Brasil tem aumentado diante das grandes alterações do ambiente, preocupação esta que levou ao desenvolvimento do Código Florestal Brasileiro – Lei Federal n. 12.651/2012.

Os solos brasileiros possuem características distintas na formação de sua origem, especialmente no que diz respeito ao nutriente Fósforo. Na maioria dos solos cultiváveis do Brasil, observa-se baixos teores desse elemento. Quando aplicado para correção, uma parte considerável se une covalentemente aos óxidos de ferro e alumínio, sendo adsorvido e indisponível para as plantas, além das perdas por lixiviação.

Além da particularidade dos solos brasileiros em relação ao fósforo, a agricultura está passando por uma modernização contínua, com custos de produção elevados. É crucial otimizar os processos produtivos e adotar tecnologias mais eficientes para manter a competitividade no agronegócio. Pantano et al. (2016), ressaltam que o fósforo é obtido pela extração de rochas fosfáticas, também conhecidas como fosforitas, sendo uma fonte não renovável. Juntamente com o nitrogênio e o potássio, forma um trio essencial para as plantas, utilizado para garantir altos rendimentos nas culturas agrícolas.

Outro aspecto relevante é a busca por insumos mais sustentáveis. Nesse contexto, a demanda por modelos de produção baseados em sequestro/estoque de carbono, biológicos e pó de rocha está em ascensão. O uso de fosfato proveniente de pó de rocha, aditivado com produtos biológicos, pode ser uma ferramenta valiosa para os sistemas de produção modernos.

Sasabuchi et al. (2023), em seus estudos, indicam que as projeções indicam que até 2035 a demanda por fósforo ultrapassará a oferta disponível. Destaca-se a importância de uma abordagem sustentável em relação a esse elemento, juntamente com a melhoria na eficiência da recuperação do fósforo. Cordell et al. (2011) e Searchinger et al. (2013), alertam para a situação crítica que a indústria de alimentos enfrentará até 2050, diante de uma população global prevista de mais de 9 bilhões de pessoas, exigindo um aumento de cerca de 70% na produção agrícola para atender às necessidades.

Devido à concentração geográfica em áreas específicas, a oferta do produto não é uniforme globalmente (Scholz et al., 2013). Cerca de 90% das reservas de rochas fosfáticas estão concentradas em apenas seis países, sendo 74% delas localizadas principalmente no Marrocos e na República do Saara Ocidental (Cordell et al., 2013).

Vale ressaltar que Scheer et al. (2017), em seus estudos sobre o crescimento inicial de quatro espécies florestais em áreas degradadas, observaram que a espécie *Schinus terebinthifolius* (aroeira-vermelha) teve um desenvolvimento significativamente superior em relação ao diâmetro e altura quando submetida a três níveis de fertilizantes com alta concentração de P (NPK 5 – 20 -10).

A falta de persistência das gramíneas está relacionada à gestão inadequada, diminuição da fertilidade do solo e ausência de reposição de adubos. A escassa disponibilidade de nitrogênio (N), fósforo (P) e a elevada saturação por alumínio (Al) são os principais fatores que limitam a produtividade de forrageiras em solos de regiões tropicais (Santos et al., 2002), ressaltando a importância da calagem, nitrogênio e fósforo nessa área.

Apesar da eficácia na reposição de nutrientes, a aplicação de fertilizantes e corretivos pelos criadores de gado é restrita devido aos custos elevados, que podem representar mais de 60% do custo total de produção (Barcellos et al., 2008). Nesse sentido, a fosfatagem surge como uma potencial solução para a disponibilidade de fósforo para as plantas.

Embora o Brasil tenha avançado em produtividade, eficiência e sustentabilidade na agricultura, ainda há uma alta dependência de importação de insumos, especialmente matérias-primas para fertilizantes. Esses sais solúveis, que incluem fontes cruciais de nitrogênio, potássio e fósforo, são essenciais para o crescimento de qualquer cultura agrícola (Teixeira et al., 2012; Pillon, 2017).

Com o objetivo de regulamentar os pós de rochas, em 10 de dezembro de 2013, a Presidência da República promulgou a Lei Federal nº 12.890/2013, incorporando-os como uma categoria de insumos destinados à agricultura, denominados remineralizadores. Em 10 de março de 2016, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento emitiu a Instrução Normativa (IN) nº 53 (MAPA, 2016), estabelecendo normas e critérios para o uso de remineralizadores e condicionadores de solo, definindo as especificações e garantias mínimas desses produtos. Nesse contexto, pesquisas direcionadas ao desenvolvimento de métodos de análise para a caracterização de remineralizadores de solo tornaram-se de extrema importância para respaldar o registro e a utilização adequada desses insumos na agricultura. Manning (2010) e Silva et al. (2017), destacam que a remineralização é uma prática agrícola adotada com o intuito de melhorar as características do solo e aumentar a produtividade de biomassa. Ressalta-se que remineralização é uma tecnologia de baixo custo que atua no sequestro de carbono através do aumento do intemperismo levando a mineralização do carbono (Manning, 2010), e seus efeitos variam com a taxa de dissolução dos seus minerais (Ramos et al., 2015).

O boro desempenha um papel crucial no desenvolvimento das plantas, sendo essencial para o crescimento meristemático, formação de raízes, síntese da parede celular, funcionamento das membranas, respostas hormonais e regulação do ciclo celular (Araújo & Silva, 2012). Javorski et al. (2014), salientam sua importância na germinação do grão de pólen e no desenvolvimento do tubo polínico. A deficiência de boro pode causar problemas na planta, prejudicando seu desenvolvimento e reduzindo seu potencial produtivo (Silva et al., 2014), resultando em distúrbios nos processos fisiológicos dependentes desse elemento (Brunes et al., 2015).

Objetivou-se com esta pesquisa avaliar a eficiência da fosfatagem com Fosbio® (Rocafeed) em sistema de produção em cultivo de aveia (*Avena sativa* L) em relação aos teores de fósforo e boro a 0 -20 cm e de 20 -40 cm de profundidade do solo.

2. Metodologia

A pesquisa foi realizada na Fazenda Santa Cruz, Rodovia MG 453/Km 13, no Município de Paraguaçu-MG, altitude média de 900 m, sendo o clima classificado como Cwa (Köppen & Geiger, 1948), temperatura média anual de 20,7 °C, com uma

pluviosidade média anual de 1.227 mm (CLIMATE-DATA.ORG, 2021), no período de abril a setembro de 2023. A referida pesquisa de campo é de natureza quantitativa de acordo com a metodologia descrita por Pereira et al. (2018).

A gleba selecionada está localizada a 21°38'50" S e 45°47'40" W, a 860 m de altitude, onde foi cultivada nesta área no verão soja, e posteriormente a sua colheita foi realizado a amostragem de solo na camada de 0-20 cm e 20-40 cm com uso de sonda, com 20 subamostras simples para compor a amostra final. Após coleta, a amostra composta de solo foi acondicionada em recipiente estéril e encaminhada para o laboratório de análise de solos Ribersolo Análises Agrícolas – Ribeirão Preto/SP, cuja análise está representada na Tabela 1.

Tabela 1 - Análise química e física inicial do solo de 0-20 e de 20-40 cm.

0-20cm	pH CaCl ₂	MO g dm ³	P Res mg dm ³	P Mehlich mg dm ³	Ca	Mg	K	H+Al mmolc dm ³	Al	SB	CTC	V%	M%	B mg dm ³
inicial	7	23	40	23	111	12	3,3	9	0	126,3	135	94	0	0,75
0-40cm	pH CaCl ₂	MO g dm ³	P Res mg dm ³	P Mehlich mg dm ³	Ca	Mg	K	H+Al mmolc dm ³	Al	SB	CTC	V	M	B mg dm ³
Inicial	7	20	33	6	53	11	3	13	0	67	80	84	0	0,67

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Os parâmetros químicos do solo, foram analisados, e com base nos dados obtidos, foi calculado a quantidade de Fosbio® a ser aplicado na gleba, o qual foi aplicado a lanço em abril, e em seguida, realizou-se a semeadura da aveia branca (*Avena sativa* L) utilizando-se de grade niveladora para a incorporação das sementes.

Os tratamentos foram os seguintes: T1 - Controle, T2 - 500 kg ha⁻¹ de Fosbio® e T3 - 1000 kg ha⁻¹ de Fosbio® (00-25-00 + 0,5% de boro, sendo 5% de P₂O₅ solúveis em ácido cítrico a 2%).

O experimento foi instalado em Delineamento em Blocos Casualizados (DBC) com 5 repetições por tratamento sendo os parâmetros avaliados a produtividade da aveia, teores de fósforo (P) e boro (B) no solo antes do plantio e após a colheita nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm.

A colheita da aveia ocorreu no mês de setembro.

As médias obtidas foram comparadas pelo teste de Scott-Knott com 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR® (Ferreira, 2014).

3. Resultados e Discussão

Após 130 dias da semeadura, a aveia atingiu o seu ponto de colheita onde foram avaliados os tratamentos em função da produtividade obtida na safra 2023 (Tabela 2).

Tabela 2 - Produtividade da aveia branca (*Avena sativa* L) submetidas ao fornecimento de Fosbio®

Tratamentos	Dosagem de Fosbio® (Kg ha ⁻¹)	Produtividade (ton ha ⁻¹)
1(controle)	Zero	2694,77 C
2	500	3725,45 A
3	1000	3476,94 B
CV (%)		12,55

*Letras diferentes indicam diferenças estatísticas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Analisando os dados referentes a produtividade (Tabela 2), onde o tratamento controle, o qual não houve a aplicação de fósforo, observou-se que os tratamentos que receberam doses de Fosbio®, proporcionaram maiores níveis de produção, sendo a dosagem de 500 kg/ha⁻¹ a que melhor produtividade resultou, demonstrando que o fornecimento de P exerce função direta na

produção da cultura. Pesquisa realizada por Almeida Júnior et al. (2022) no cultivo de soja em solos do cerrado destacam que a utilização de remineralizador é uma opção para ser utilizado como fertilizante natural apresentando resultados positivos na referida pesquisa. Almeida Júnior et al. (2021), obtiveram resultados positivos em relação a utilização de remineralizador de solo em substituição aos fertilizantes convencionais em área experimental quando comparados aos ao tratamento controle.

Porém é necessário destacar que doses elevadas, podem ser comparadas com a lei dos incrementos decrescentes (Raij, 1991). Na dosagem de 1000 kg/ha⁻¹ é possível verificar uma queda na produtividade o que poderia ser justificado pelo aumento do incremento da dosagem em função do ponto de máxima de eficiência técnica por hectare do remineralizador fosfato natural descrito por Almeida Júnior (2022).

A aplicação de determinado nutriente exerce influência linear até determinado nível de produtividade, tal famosa lei dos incrementos decrescentes (Mitscherlich, 1954), o que pode ter sido evidenciado nesta pesquisa.

Silva et al. (2019) em pesquisa conduzida em condições de campo observaram a diferença significativa quanto a eficiência do remineralizador em doses diferentes.

Assim, o emprego de gramíneas tropicais para cobertura do solo, geralmente reconhecidas por sua capacidade de se adaptar bem a condições desfavoráveis do solo e clima, é uma estratégia significativa para integrar nos programas de rotação de culturas durante o Sistema Plantio Direto (SPD) e a Integração Agricultura-Pecuária (IAP) em áreas onde o inverno é seco. Essa abordagem visa melhorar a eficiência no uso de fosfatos naturais e promover a reciclagem do fósforo, resultando em uma maior sustentabilidade nos sistemas de produção localizados no Brasil Central (Foloni et al., 2008).

Os teores de Fósforo (P resina) presentes nas amostras de solo coletadas pós colheita de 0-20 e de 20-40 cm estão representados na Tabela 3.

Tabela 3 - Teores de P resina no solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm.

Tratamentos	Dosagem de Fosbio® (Kg ha ⁻¹)	P	
		(0-20 cm) (mg dm ⁻³)	(20-40 cm) (mg dm ⁻³)
Inicial	-	40	33
1 (controle)	Zero	45 B	42 B
2	500	69 A	43 B
3	1000	67 A	78 A
CV (%)		6,21	4,77

*Letras diferentes indicam diferenças estatísticas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Quanto ao teor de P resina no solo (Tabela 3), podemos observar que praticamente não houve variação nos teores iniciais e do tratamento controle, principalmente na camada de 0-20 cm, porém quando avaliamos com o fornecimento do Fosbio®, fica evidente o incremento nos teores no solo, elevando em 22 a 24 mg/dm³ na camada de 0-20 e 36 mg/dm³ na camada de 20-40 cm com a dose de 1.000 kg/ha⁻¹. Klein & Agne (2012) alertam que a utilização incorreta do fósforo pode fazer com que este insumo passe de fertilizante a poluente, uma vez que seu excesso no ambiente pode ocasionar vários impactos negativos no solo.

A mobilidade do fósforo na solução solo é lenta e o processo de mineralização dos resíduos orgânicos no solo (Anghinoni & Bissani, 2008) irá ocorrer de forma gradativamente, ocorrendo a sua liberação e redistribuição de forma mais solúvel no perfil do solo, podendo explicar os seus efeitos nas diferentes profundidades (Oliveira et al., 2014).

Moreira (2016) ressalta que a recuperação do solo uma vez degradado é um grande desafio e que práticas utilizando a remineralização vão além da nutrição da planta, pois a sua utilização contribui com a sustentabilidade, estabilidade do solo, do clima e até mesmo com o sequestro de carbono.

No entanto, ocorreram respostas distintas de incremento de P no solo de acordo com a espécie cultivada, ou seja, a máxima dose de 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅ disponibilizou cerca de 19 mg dm⁻³ de P no solo cultivado com milho, contra teores

variando de 24 a 27 mg dm⁻³ de P nos tratamentos com braquiária, milho e soja em relação ao trabalho realizado por Foloni et al. (2008).

Também foi avaliado os teores de Fósforo (P extrator Mehlich) presentes nas amostras de solo coletadas pós colheita de 0-20 e de 20-40 cm estão representados na Tabela 4.

Tabela 4 - Teores de P Mehlich mg dm³ no solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm.

Tratamentos	Dosagem de Fosbio® (Kg ha ⁻¹)	P	
		(0-20 cm) (mg dm ⁻³)	(20-40 cm) (mg dm ⁻³)
	-	23	6
1 (controle)	Zero	18 B	11 A
2	500	19 B	9 B
3	1000	22 A	6 B
CV (%)		5,65	4,89

*Letras diferentes indicam diferenças estatísticas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Para o parâmetro P extrator Mehlich (Tabela 4), os níveis de P no solo inicial e controle na camada de 0-20 cm, praticamente se mostram muito parecidos, porém quando observamos o fornecimento de 1000 kg/ha⁻¹, este diferiu estatisticamente.

Vale aqui ressaltar que o extrator Mehlich se baseia na dissolução parcial ácida dos coloides inorgânicos do solo de onde irá ocorrer a extração do fósforo ligado ao cálcio, ferro e alumínio (Brasil & Muraoka, 1997).

A eficiência da adubação fosfatada é altamente dependente da espécie extratora de acordo com estudos realizados por Novais & Smyth (1999), sendo a adaptação da cultivar ao solo tropical um ponto a ser utilizado para definir a eficiência da absorção de fósforo (Siqueira et al., 2004).

Dessa maneira, Raij (1991) ressalta que, na agricultura tropical, é comum a aplicação de fertilizantes fosfatados em quantidades consideravelmente acima das demandas das plantas, devido à intensa fixação química desse nutriente pelos componentes do

Os teores de Boro no solo presentes nas amostras de solo coletadas pós colheita de 0-20 e de 20-40 cm estão representados na Tabela 5.

Tabela 5 - Teores de boro mg dm³ resina no solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm.

Tratamentos	Dosagem de Fosbio (Kg ha ⁻¹)	B (mg dm ⁻³)	
		0-20 cm	20-40 cm
Inicial	-	0,75	0,67
1 (Controle)	Zero	0,5 C	0,5 B
2	500	0,64 B	0,59 B
3	1000	1,38 A	1,1 A
CV (%)			

*Letras diferentes indicam diferenças estatísticas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Fonte: Dados da pesquisa (2023).

O micronutriente boro, que é um nutriente essencial, apresentou acréscimos nos níveis do solo, pela dosagem do Fosbio® aplicado, destaca se aqui que a fonte utilizada no produto comercial é a base de Ulexita. Os níveis de B no solo (Tabela 5) quando aplicados na dosagem de 500 kg/ha⁻¹ resultou no incremento no teor no solo 0.14 mg/dm³ na camada de 0-20 cm, já para a camada de 20-40 cm não houve diferenças estatística.

Beneduzzi (2011) destaca que os micronutrientes como por exemplo o boro, são requeridos em pequenas quantidades (partículas por milhão/ppm).

Porém quando se usou dosagem mais elevada de Fosbio[®], os níveis foram elevados em 0,88 mg/dm³ na camada de 0-20 cm e 0,6 mg/dm³ na camada de 20-40 cm. Assim sendo uma boa opção para construção de teores de B no solo, tanto nas camadas superficiais quando nas camadas mais profundas. Desta forma tais resultados vêm de encontro com estudos realizados por Shelp (1993) em que a adubação realizada com boro apresentou efeito positivo no que se refere ao crescimento radicular, com os estudos de Cakmak & Römheld (1988) os quais destacaram a contribuição do B na síntese de parede celular e integridade da membrana plasmática, e que segundo Shelp (1993) sua deficiência inibe consequentemente o desenvolvimento do sistema radicular.

Trautmann et al. (2014) em trabalho realizado com soja observaram que os teores de boro no solo aumentaram de forma linearmente com as doses do nutriente aplicado no solo, sendo observado na maior dose (2 mg dm⁻³ de B) sintomas de típicos de toxidez de B nas folhas da cultura da soja o que não foi observado na cultura aveia.

4. Conclusão

A aplicação de Fosbio[®] promoveu incrementos de produtividade da aveia, elevou os teores de P no solo, pelo extrator resina e proporcionou incrementos nos teores de B no solo.

Não se pretende aqui esgotar a discussão sobre o assunto, mas sim propor que pesquisas adicionais sejam elaboradas, pois acredita-se que o uso de remineralizadores pode contribuir com o aumento significativo da produtividade das culturas agrícolas.

Referências

- Almeida Júnior, J. J.; Smiljanic, K. B. A.; Matos, F. S. A.; Perozini, A. C.; Silva, R. F.; Araújo, S. L. & Dutra, J. M. (2021) *Milho em segunda safra com a utilização do remineralizador micaxisto em consórcio com fertilizante orgânico implantado no centro-oeste do Brasil*. Agricultura sustentável e lucrativa/Organizador Joaquim Júlio de Almeida Júnior. Ponta Grossa - PR: Atena. ISBN 978-65-5983-197-5. <https://doi.org/10.22533/at.ed.9752116063>
- Almeida Júnior, J. J.; Smiljanic, K. B. A.; Matos, F. S. A.; Pereira, R. M. & Filho, E. T. S.; Cremonese, H. S.; Mendonça, A. F.; Santos, M. M.; Silva, L. F.; Barbosa, U. R.; Miranda, B. C.; Silva, V. J. A. (2022). Fosfato natural reativo como remineralizador de solo utilizado na cultura de soja na região de Cerrado. *Conjecturas*, 22(9), 1-14. <https://doi.org/10.53660/CONJ-1288-X56>
- Araújo, E. O. & Da Silva, M. A. C. (2012). Interação boro e zinco no crescimento, desenvolvimento e nutrição do algodoeiro. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 7, 720-7.
- Anghinoni, I. & Bissani, C. A. (2008) *Fósforo e adubos fosfatados*. In: Bissani, C.A.; Gianello, C.; Tedesco, M.J. & Camargo, F.A. O. Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas, 2. Ed. Porto Alegre: Metropole, 344p.
- Barcellos, A. O., Ramos, A. K. B., Vilela L. & Junior, G. B. M. (2008). Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. *R. Bras. Zootec.*, 37(suplemento especial), 51-67.
- Beneduzzi, B. E. (2011). *Rochagem: agregação das rochas como alternativa sustentável para a fertilização e adubação de solos*. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Porto Alegre-RS, 2011. <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/55696/000858721.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Brasil, E. C.; Muraoka, T. (1997). Extratores de fósforo em solos da Amazônia tratados com fertilizantes fosfatados. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, 21, 599-606.
- BRASIL. (2012) Lei 12.651/2012. Código Florestal Brasileiro [on line]. <http://www.planalto.gov.br/ccivil03/leis/L4771.htm>.
- BRASIL. (2013). Lei nº 12.890, de 10 de dezembro de 2013. Inclui os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura, e dá outras providências. Brasília, 2013.
- BRASIL. (2013). Instrução Normativa Mapa nº 53, D.O.U. 23/10/2013, sobre a regulamentação e outras providências. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Ministério do Meio Ambiente. <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-53-2013-com-as-alteracoes-da-in-6-de-10-3-16.pdf>
- Brunes, A. P., Oliveira, S. D., Lemes, E. S., Tavares, L. C., Gehling, V. M., Dias, L. & Villela, F. A. (2015). Adubação boratada e produção de sementes de trigo. *Ciência Rural*, 45(1), 1572-8. <https://www.scielo.br/j/cr/a/WQJrmYDBsCdMQbWxQQYkBc/?lang=pt>
- Cakmak, I. & Römheld, V. (1998). Boron deficiency-induced impairments of cellular functions in plants. In: Dell, B.; Rown, P.H. & Bell, R.W., eds. *Boron in soil and plants: Review*. Symposium. Chiang Mai. *Plant Soil*, 193, 71-83.
- Climate-data.org (2021). Clima Paraguaçu. <https://pt.climatedata.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/poco-fundo-25005/>

- Cordell, D., Rosemarin, A., Schröder, J. J. & Smit, A. L. (2011). Towards global phosphorus security: a systems framework for phosphorus recovery and reuse options. *Chemosphere*, 84(6), 747-58. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.02.032>.
- Cordell, D. & White, S. (2013). Sustainable Phosphorus Measures: Strategies and Technologies for Achieving Phosphorus Security. *Agronomy*, 3, 86-116. <https://doi.org/10.3390/agronomy3010086>
- FAO. *The state of food insecurity in the world*. (2014). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Home. <http://www.fao.org/publications/sofi/en/>
- Ferreira, D. F. (2014). Sisvar: um guia dos seus procedimentos de comparações múltiplas Bootstrap. *Ciência e Agrotecnologia*, 38(2), 109-112. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>
- Foloni, J. S. S.; Tiritan, C. S.; Calonego, C. & Júnior, J. A. (2008). Aplicação de fosfato natural e reciclagem de fósforo por milho, braquiária, milho e soja. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, 32(1), 1147-155.
- IBGE. (2015). Banco de Dados Agregados. *Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA- Produção da Extração Vegeta Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. <http://www.ibge.gov.br>.
- Javorski, M., Rinaldi, L. K., Javorski, D., Simonetti, A. P. M. & Moreira, G. C. (2014). Qualidade de sementes de milho produzidas com diferentes doses de cálcio e boro. *Revista Cultivando o Saber*, 7(3), 41-51.
- Klein, C. & Agne, S. A. A. (2012). Fósforo: de nutriente à poluente! *Revista Elet. Em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 8(8), 1713-721. <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/6430/pdf>
- Köppen, W.; Geiger, R. (1928). *Klimate der Erde, Justus Perthes, Gotha*.
- Manning, D. A. C. (2010). Mineral sources of potassium for plant nutrition. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30, 281-94. <https://doi.org/10.1051/agro/2009023>
- Mitscherlich, E. A. (1954). *Bodenkunde, Für Landwirte, Forstwirte und Gärtner*, Berlim. 7ª ed., 168p.
- Moreira, D. T. (2016). *Remineralize a terra*. In: Congresso brasileiro de rochagem, 3., Pelotas-RS. Anais...Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília: Embrapa Cerrados; Assis: Triunfal Gráfica e Editora, 2016, p. 455. <https://www.embrapa.br/documents/1354346/26325871/Livro+Congresso+de+rochagem+Formato+Web.pdf/29be78a9-dd7a-8050-5b31-2b02c583589e>
- Novais, R. F. & Smyth, T. J. (1999). *Fósforo em solo e planta em condições tropicais*. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 399p.
- Oliveira, L. B., Tiecher, T., Quadros, F. L. F., Trindade, J. P. P., Gatiboni, L. C., Brunetto, G., & Santos, D. R. (2014). Formas de fósforo no solo sob pastagens naturais submetidas à adição de fosfatos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38(3), 867-78. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000300018>
- Pantano, G., Grosselli, G. M., Mozeto, A. A. & Fadini, P. S. (2016). Sustentabilidade no uso do fósforo: uma questão de segurança hídrica e alimentar. *Química Nova*, 39, (6), 732-40. <http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20160086>
- Pereira, A. S. Shitsuka, D. M., Parreira, F. J. & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [free e-book]. 1. ed. Santa Maria/RS. Ed. UAB/NTE/UFMS. https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/358/2019/02/Metodologia-da-Pesquisa-Cientifica_final.pdf
- Pillon, C. N. *Anais do III Congresso Brasileiro de Rochagem, Pelotas, Brasil* (2017). Embrapa Clima Temperado. p. 15.
- Raij, B.van. (1991). Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba, *Ceres Potafos*, 1(1), 343p.
- Ramos, C. G., Querol, X., Oliveira, M. L. S., Pires, K., Kautzmann, R. M. & Oliveira, L. F. S. (2015). A preliminary evaluation of volcanic rock powder for application in agriculture as soil a remineralizer. *Science of the Total Environment*, 512-513, 371-80. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.12.070>
- Sasabuchi, I. T. M., Krieger, K. S., Nunes, R. S., Ferreira, A. C., Xavier, G. T. M., Urzedo, A. L., Carvalho, W. A. & Fadini, P. S. (2023). Sustentabilidade no uso de fósforo: uma revisão bibliográfica com foco na situação atual do estado de São Paulo, Brasil. *Química Nova*, 46(2), 185-198. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170967>
- Santos, I. P. A., Pinto J. C., Siqueira, J. O., Morais A. R. & Santos, C. L. (2002). Influência do fósforo, micorriza e nitrogênio no conteúdo de minerais de *Brachiaria brizantha* e *Arachis pintoi* consorciados. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31(2), 605-16.
- Searchinger, T., Hanson, C., Ranganathan, J., Lipinski, B., Waite, R., Winterbottom, R., Dinshaw, A. & Heimlich, R. (2023). *Creating a Sustainable Food Future: Interim Findings – ONU report Organização das Nações Unidas*. <http://www.wri.org/publication/creating-sustainable-food-future-interim-findings>.
- Silva, I. F., Barbosa, A. M., Tiritam, C. S. & Catuchi, T. A. (2014). Adubação boratada na cultura do arroz em solos de cerrado de baixa fertilidade. *Colloquium Agrariae*, 10(1), 1-8. <https://doi.org/10.5747/ca.2014.v10.nesp.000130>
- Silva, R. C., Cury, M. E., Ieda, J. J. C., Sermarini, R. A. & Azevedo, A. C. (2017). Chemical attributes of a remineralized Oxisol. *Ciência Rural*, 47, e20160982. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20160982>
- Silva, V. J. A., Almeida Júnior, J. J., Matos, F. S. A., Smiljanic, K. B. A., Ferreira, M. C. & Miranda, B. C. (2019). Avaliação dos caracteres agrônômicos da soja tratada com doses crescentes de pó de rocha. *IV Colóquio Estadual de Pesquisa Multidisciplinar II Congresso Nacional de Pesquisa Multidisciplinar*. ISSN 2527-2500
- Siqueira, J. O., Andrade, A. T. & Faquim, V. (2004). O papel dos microrganismos na disponibilização e aquisição de fósforo pelas plantas. In: Yamada, T.; Abdalla, S.R.S., eds. *Fósforo na agricultura brasileira*. Piracicaba, Potafos, 117-149.

Scheer, M .B., Carneiro, C., Bressan, O .A. & Santos, K. (2017). Crescimento inicial de quatro espécies florestais nativas em área degradada com diferentes níveis de calagem e adubação. *Revista Floresta*, 47(3), 279-87.

Shelp, B. J. (1993). *Physiology and biochemistry of boron in plant*. In: Gupta, U.C., ed. Boron and its role in crop production. Boca Raton, CRC Press. p.53-85.

Scholz, R. W., Ulrich, A. E., Eilittä, M. & Roy, A. (2013). Sustainable use of phosphorus: A finite resource. *Science of The Total Environment*, 461-462, p. 799 – 803. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.05.043>

Teixeira, A. M. S., Sampaio, J. A., Garrido, F. M. S. & Medeiros, M. E. (2012). Avaliação da rocha fonolito como fertilizante alternativo de potássio. *Holos*, 5, 21-33. <https://doi.org/10.15628/holos.2012.1102>

Trautmann, R. R.; Lana, M. C.; Guimaraes, V. F.; Gonçalves Jr.; A. C. & Steiner, F. (2014). Potencial de água do solo e adubação com boro no crescimento e absorção do nutriente pela cultura da soja. *Revista Brasileira De Ciência Do Solo*, 38(1), 240–51. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000100024>