

Produção de soja com diferentes doses de boro no solo a partir de produtos com formulações distintas

Jean Trevisol Cavasin^{1*}; Nayara Parisoto Boiago¹

¹Curso de Agronomia, Centro Universitário Assis Gurgacz (FAG), Cascavel, Paraná.

^{1*} jeancavasin@gmail.com

Resumo: Para que a agricultura brasileira continue crescendo e aumentando a produtividade por área, é necessário conhecer cada vez mais as interações e respostas de nutrientes como o boro no desenvolvimento e produção de soja. Dessa forma, o objetivou-se avaliar o desenvolvimento vegetativo e produção da soja com diferentes formulações e doses de boro fornecidas via solo. A condução do experimento foi realizada no município de Cascavel – PR, entre os meses de outubro de 2020 e fevereiro de 2021. O delineamento experimental se deu por meio de blocos casualizados (DBC) em parcelas subdivididas, com dois fatores, onde o fator 1 constitui-se por três níveis, sendo eles, sem produto (controle), produto 1 e produto 2 e o fator 2 com quatro níveis, sendo que cada nível recebeu uma dose crescente de boro 100, 200, 300 e 400 g ha⁻¹. Os tratamentos foram desenvolvidos na combinação entre esses fatores, organizados a campo em parcelas subdivididas, de modo que o fator 1 foi denominado como parcela e o fator 2 como sub parcelas, totalizando 36 unidades experimentais. Os parâmetros avaliados foram o diâmetro do caule, altura de plantas, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, peso de mil grãos e produtividade. Os dados coletados foram submetidos à análise estatística do tipo análise descritiva e ao teste de normalidade por Anderson-Darling. Observou-se diferença na altura de plantas originada pelo fator produto, onde o ácido bórico pô apresentou maior valor. Conclui-se então que o ácido bórico em pó apresentou maior altura de plantas.

Palavras chave: Desenvolvimento vegetativo; nutrição de plantas; micronutriente.

Production of soybeans with different amounts of boron in the soil from products with different formulations

Abstract: In order for Brazilian agriculture to continue growing and increasing productivity per area, it is necessary to know more and more about the interactions and responses of nutrients such as boron in the development and production of soybeans. Thus, the objective was to evaluate the vegetative development and soybean production with different formulations and doses of boron supplied via soil. The experiment was conducted in the municipality of Cascavel - PR, between the months of October 2020 and February 2021. The experimental design was carried out in randomized blocks (DBC) in split plots, with two factors, where factor 1 consists of three levels, without product (control), product 1 and product 2 and factor 2 with four levels, each level receiving an increasing dose of boron 100, 200, 300 and 400 g ha⁻¹. The treatments were developed in the combination of these factors, organized in the field in subdivided plots, so that factor 1 was named as plot and factor 2 as subplots, totaling 36 experimental units. plants, number of pods per plant, number of grains per pod, weight of a thousand grains and yield. The collected data were submitted to statistical analysis of the descriptive analysis type and to the normality test by Anderson-Darling. There was a difference in plant height caused by the product factor, where powder boric acid had the highest value. It is concluded then that the powdered boric acid had the highest plant height.

Keywords: Vegetative development; plant nutrition; micronutrient.

Introdução

A soja é uma cultura de grande importância no Brasil, pois há mais de 20 anos é o principal produto exportado devido a rentabilidade quase garantida das lavouras. Segundo dados da CONAB (2020), nos últimos dez anos, a produção de soja aumentou em 54%, ou seja, passou de 55 milhões de toneladas na safra 2005/06 para 119,7 milhões de toneladas na safra 2019/20 e as expectativas para a safra de 2020/21 são de um crescimento de mais de 4%, ou seja, uma produção acima das 124 milhões de toneladas.

O aumento da produtividade com a expansão limitada de terras deve ser realizado de forma responsável e eficiente, aplicando as Boas Práticas para Uso Eficiente dos Fertilizantes (BPUFs), que se destinam ao propósito de ofertar os nutrientes necessários de forma equilibrada para atender a demanda da cultura (CASARIN e STIPP, 2013).

Os micronutrientes são importantes para o bom desempenho da cultura da soja em manejos de alta produtividade, interferindo significativamente quando desbalanceados. De acordo com Gitti, Roscoe e Rizzato (2018), as principais deficiências observadas nas lavouras de soja em solos argilosos com interferência de basalto têm sido boro e zinco. O boro é um nutriente importante em muitos processos metabólicos, como transporte de açúcares, síntese e integridade da parede celular, lignificação. Assim como, no metabolismo de carboidratos, RNA, respiração, metabolismo de ácido indolilacético, metabolismo fenólico e metabolismo de ascorbato (FERNANDES, SOUZA e SANTOS, 2018). Conforme Malavolta (2006), esses efeitos fisiológicos na planta envolvem diferentes papéis, que podem ser resumidos em absorção e transporte de nutrientes, maior área foliar, maior pegamento da florada, menor esterilidade e fixação biológica de nitrogênio que convergem em produtividade.

A disponibilidade de boro para as plantas é maior na faixa de pH 5,0 a 7,5 de modo que valores maiores ou menores de pH podem reduzir a capacidade de absorção (IPNI, 2020). Segundo Yamada (2000), essa absorção de boro é favorecida pela sua concentração na solução como ácido bórico e, além disso, Raij (1991) diz que na forma molecular, grande parte do boro disponível para as plantas é móvel na solução do solo e sujeito a lixiviação da zona radicular em solos arenosos e/ou áreas com alta precipitação pluviométrica.

Estudos mostram que a resposta a adubação com boro depende de vários fatores como observados por Kappes, Golo e Carvalho (2008) que estudaram doses e épocas de aplicação foliar de boro nas características agrônômicas e na qualidade de sementes de soja e observaram interação entre os fatores testados, verificando que as épocas apresentaram resultados distintos sob os parâmetros estudados. Por outro lado, Raimundi, Moreira e Turri (2013) estudaram modos de aplicação de boro na cultura da soja com produto sólido na base e a lanço, verificando

que dessa forma obteve-se o melhor resultado em produtividade. De mesmo modo, Calonego *et al.* (2010) realizaram um estudo sobre adubação boratada foliar na cultura da soja e não observou interferência das doses aplicadas via foliar e teores do nutriente nos testes laboratoriais de tecido vegetal.

Com base nisto, o objetivo deste trabalho deu-se na avaliação do desenvolvimento vegetativo e a produção da soja com diferentes formulações e concentrações de boro fornecido via solo.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido nos meses de outubro de 2020 a fevereiro de 2021 na Fazenda Experimental da Plantar (estrutura da antiga Coodetec), no município de Cascavel no estado do Paraná, localizado nas coordenadas geográficas 53°33'2.85"O; 24°53'9.79"S e altitude de 693 metros. O clima da região segundo a classificação climática de Köppen é caracterizado como *Cfa*, clima subtropical com verões quentes e sem estação seca definida (APARECIDO *et al.*, 2016). Já o solo da área é caracterizado como Latossolo Vermelho Distroférrico, com textura argilosa (EMBRAPA, 2013).

O delineamento experimental ocorreu em blocos casualizados (DBC) com três repetições em parcelas subdivididas, constituídas por dois fatores, onde o fator 1 com três níveis, sendo eles, sem produto (controle - SP), produto 1 (P1) e produto 2 (P2). E o fator 2 com quatro níveis, onde cada nível recebeu uma dose crescente de boro, sendo elas, dose 1 (D1), dose 2 (D2), dose 3 (D3) e dose 4 (D4). Os tratamentos foram realizados pela combinação entre esses fatores, organizados a campo em parcelas subdivididas, onde o fator 1 foi denominado como parcela e o fator 2 como sub parcelas, totalizando 36 unidades experimentais.

Duas formulações com ácido bórico H_3BO_3 foram utilizadas, sendo que o produto 1 (P1) é ácido bórico que por sua natureza física é um fluido e, segundo o rótulo, a concentração de boro é de 136 g L^{-1} e possui densidade de $1,36\text{ g cm}^{-3}$. Já o produto 2 (P2) é ácido bórico que por sua natureza física é um pó branco que foi solubilizado em água para a aplicação, a garantia do produto é de 174 g kg^{-1} de boro.

As doses aplicadas nas sub parcelas se deram com base na concentração do produto (Tabela 1) e, dessa forma, receberam as doses de 100 g ha^{-1} , 200 g ha^{-1} , 300 g ha^{-1} e 400 g ha^{-1} de boro, consecutivamente. Realizou-se a aplicação no momento do plantio, com uso de equipamento de pulverização no sulco com vazão de 40 L ha^{-1} .

Tabela 1 - Doses dos fertilizantes à base de boro utilizados de acordo com a concentração do nutriente em cada formulação.

Ácido bórico	Dose do Produto (L ha ⁻¹)			
	100 g ha ⁻¹ B	200 g ha ⁻¹ B	300 g ha ⁻¹ B	400 g ha ⁻¹ B
Líquido (16,3%)	0,735	1,471	2,206	2,941
Pó (17%)	0,574	1,149	1,724	2,299

Fonte: Os autores, 2020.

Em relação à área experimental, utilizou-se uma área de 259,2 m² de produção onde as parcelas foram compostas por quatro linhas de soja com espaçamento entrelinhas de 0,45 m e 4 m de comprimento, totalizando 7,2 m² de área por parcela. Para a avaliação, apenas as duas linhas centrais foram consideradas e descartou-se 1 m em cada extremidade, totalizando 1,8 m² de área útil por parcela. A população final de plantas por hectare ficou em 260 mil.

Para a análise de solo foram coletadas 10 sub amostras de 0-20 cm com uso de uma broca acoplada a uma parafusadeira elétrica e um balde com um flange no fundo, sendo que as sub amostras representaram a área do experimento. O solo coletado foi homogeneizado, devidamente identificado e encaminhado ao laboratório no dia da coleta. Os resultados da análise estão disponíveis na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultado obtido através da análise química do solo.

pH (CaCl ₂)	H+Al	Ca	Mg	K	P Mehlich ⁻¹	M.O.	CTC	V	B
-	-----cmolc dm ⁻³ -----				mg dm ⁻³	%	%	%	mg dm ⁻³
5,57	4,96	6,00	2,94	0,87	28,06	4,46	14,77	66,41	0,17

Fonte: Laboratório Acquasollus 2019.

Como observado na análise de solo, os teores de fósforo (P) e potássio (K) estão superiores aos valores tidos como suficientes segundo SBCS (2017), sendo 12 mg dm³ para P, e para a CTC presente, o teor ideal de K seria aproximadamente 0,6 cmolc dm³, desta forma o plantio foi realizado sem adubação de base. A semeadura da soja realizou-se no solo, utilizando semeadora com disco horizontal distribuindo aproximadamente 12 sementes por metro.

Os tratamentos culturais foram realizados de acordo com o padrão da fazenda e as sementes serão adquiridas com tratamento industrial com inseticida imidacloprido e fungicida carbendazim + tiram. As plantas daninhas foram eliminadas manualmente. Realizou-se três aplicações de fungicida preventivamente para ferrugem asiática da soja *Phakopsora pachyrhizi*. Primeira aplicação com bixafen, prothioconazol e trifloxistrobina a 0,5 L ha⁻¹, e óxido cuproso a 0,2 L ha⁻¹ como protetor. A segunda e terceira aplicações foram com trifloxistrobina e ciproconazol a 0,2 L ha⁻¹, utilizando clorotalonil a 1,5 L ha⁻¹ como protetor. Identificou-se

apenas a presença do percevejo barriga verde *Dichelops sp.* e foram realizadas duas aplicações com uso de etiprole a $0,2 \text{ L ha}^{-1}$ para controle.

Os parâmetros avaliados na fase vegetativa da soja foram altura de plantas e diâmetro de caule aos 80 dias após a semeadura. Realizou-se a avaliadas cinco plantas por parcela coletadas de forma aleatória. Para as medidas de diâmetro utilizou-se um paquímetro analógico, onde as medidas foram informadas em cm. A altura das plantas foi mensurada com auxílio de uma trena disposta ao chão.

Já os parâmetros avaliados com relação a produtividade dizem respeito ao número de vagens por planta, número de grãos por vagem, peso de mil grãos (PMG) e produtividade média por hectare, que foram medidos no ponto de maturação fisiológica da soja. As técnicas para avaliação do número de vagens por planta e número de grãos por vagem foram desenvolvidas por Lee e Herbek (2005) e Casteel (2012). As técnicas para avaliação do PMG seguem as regras para análise de sementes (RAS), foram pesadas oito repetições de 100 sementes e calculado o peso médio (BRASIL, 2009). Também realizou-se cálculos para estimar a produtividade por hectare baseado no total de grãos colhidos na área útil da parcela. Tanto para a análise de PMG quanto produtividade, a umidade dos grãos foi padronizada em 14%.

Os resultados foram submetidos à análise descritiva e ao teste de normalidade de Anderson Darling e, posteriormente, submetidos à análise de variância (ANOVA) avaliação individual dos fatores e, também, a interação entre eles. Para os valores significativo no teste f ($p > 0,05$), os diferentes tipos de fonte de boro foram comparados pelo teste Tukey. Utilizou-se o software Minitab para a avaliação estatística do experimento (MINITAB, 2016).

Resultados e Discussões

Observa-se na Tabela 3, o resultado dos parâmetros vegetativos avaliados na cultura da soja perante aplicação de boro onde estão descritos os valores dos parâmetros estudados: ácido bórico formulado em pó solúvel e formulado em líquido e testemunha e as doses de boro utilizadas: 100 g ha^{-1} , 200 g ha^{-1} , 300 g ha^{-1} e 400 g ha^{-1} . Houve uma diferença na altura das plantas em relação ao produto utilizado, de acordo com o p-valor da ANOVA.

Tabela 3 – Resumo da análise descritiva e de variância para os fatores produtos (P) de ácido bórico formulação pó e líquido, dose (D) e a interação entre eles para os parâmetros vegetativos altura e diâmetro do caule avaliados na soja avaliados.

	Altura (cm)	Diâmetro (cm)
Média	56,35	0,89
C.V. %	12,96	12,51
Anderson Darling	0,277	0,06
	p-valor da Anova	
Produto	0,042*	0,635 ^{ns}
Dose	0,680 ^{ns}	0,447 ^{ns}
Produto*Dose	0,467 ^{ns}	0,108 ^{ns}

C.V. = coeficiente de variação; ns = não significativo; * = significativo pelo teste F ($p \geq 0,05$).

Quando o coeficiente de variação é utilizado como medida da precisão experimental, não são preocupantes valores classificados como muito altos, altos ou médios, porém, experimentos com baixa precisão experimental são normalmente descartados. Para isso, Gomes (2000), classificou que valores menores que 10% seriam considerados baixos, entre 10% e 20%, médios, entre 20% e 30%, altos, e maiores que 30%, muito altos.

Os coeficientes de variação (CV) tanto para altura quanto para diâmetro são então definidos com média precisão, sendo 12,96 e 12,51 respectivamente os CV obtidos através dos cálculos de ANOVA.

O diâmetro de caule das plantas de soja avaliadas nesse experimento não apresentou diferença estatística nas médias quando analisados os dados com 5% de significância. Já a altura das plantas apresentou variação estatística no p-valor em relação ao produto utilizado, como descrito na Tabela 4.

Tabela 4 – Médias de altura das plantas de soja, em resposta ao tratamento com as formulações de ácido bórico pó solúvel, ácido bórico líquido e testemunha.

	Altura da Planta (cm)
Testemunha	52,20 b
Ácido bórico pó	59,75 a
Ácido bórico líquido	57,08 ab

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quando aplicado o ácido bórico na formulação pó solúvel, observou-se a maior altura média das plantas, comparando com a aplicação de boro em formulação líquida.

De acordo com as observações estatísticas de Raimundi, Moreira e Turri (2013) em aplicações de boro na base, em cobertura e na base mais cobertura, a testemunha que não recebeu boro apresentou a maior altura de planta, porém, menor diâmetro de caule e

produtividade. Já as parcelas que receberam boro apresentaram as menores alturas e diâmetro de caule, os valores produtivos para as parcelas que receberam boro foram maiores.

Comparando com ABREU *et al* (2015), que analisaram a lixiviação do boro em função da fonte utilizando água quente como extrator onde foram comparados ácido bórico, ulexita e hidrobóracita em termofosfato. Os ensaios concluíram que o ácido bórico proporcionou as maiores perdas de boro quando comparado com ulexita e hidrobóracita em termofosfato, sendo que a menor perda por lixiviação foi a hidrobóracita em termofosfato.

Percebe-se que o boro proveniente do ácido bórico pode ser lixiviado facilmente pela água pluvial, dependendo do volume, e pode causar dificuldade na absorção desse micronutriente. E fazendo uma correlação entre as três situações, pode-se observar que a maior altura das plantas pode estar relacionada a uma menor oferta de boro pelo solo.

Para compreender melhor a diferença na altura das plantas, é preciso conhecer mais sobre quais são as funções do boro nos processos fisiológicos das plantas. Kirkby e Römheld (2007) trazem as principais funções, translocação de açúcares e metabolismo de carboidratos, florescimento, processo de frutificação, interfere na absorção e metabolismo de cátions como Ca^{++} , por exemplo, metabolismo de RNA e AIA, absorção de água e formação de parede celular.

Mascarenhas *et al.* (1988) dizem que também alguns sintomas relacionados a deficiência de boro envolvendo, redução e possível deformação das zonas de crescimento, diminuição da superfície foliar, acúmulo de nitrogenados nas partes mais velhas da planta, abortamento floral, fendas em ramos pecíolos e frutos, diminuição da concentração de clorofila, diminuição da resistência a infecções, menor atividade de enzimas oxidantes.

Não foram observados sintomas de deficiência ou toxidez de forma nítida no campo como citado pelos autores, porém, percebe-se que a altura da planta foi afetada pela menor disponibilidade de boro durante o ciclo da cultura e onde as plantas apresentaram um tamanho maior, a quantidade de boro disponível era menor.

O campo experimental foi conduzido até a colheita para a avaliação dos dados de produção pelos parâmetros vagens por planta, grãos por vagem, peso de mil grãos e produtividade por hectare. A análise de variância dos dados para os fatores produtos, doses e suas interações estão descritos na Tabela 5.

Tabela 5 – Resumo da análise descritiva e de variância para os fatores produtos (P), ácido bórico formulação pó e líquido, e dose (D), e a interação entre eles para os parâmetros produtivos da soja avaliados, vagens por planta (VPP), grãos por vagem (GPV), peso de mil grãos (PMG) e produtividade (Prod.).

	VPP	GPV	PMG (g)	Prod (kg ha ⁻¹)
Média	52,57	2,41	151,00	4128,2
C.V. %	16,81	10,89	3,85	10,83
Anderson Darling	0,918	0,283	0,073	0,756
p-valor da Anova				
Tratamento	0,156 ^{ns}	0,829 ^{ns}	0,250 ^{ns}	0,284 ^{ns}
Dose	0,681 ^{ns}	0,471 ^{ns}	0,856 ^{ns}	0,682 ^{ns}
Tratamento*Dose	0,191 ^{ns}	0,407 ^{ns}	0,407 ^{ns}	0,756 ^{ns}

C.V. = coeficiente de variação; ns = não significativo pelo teste F ($p \geq 0,05$).

Fonte: Os autores, 2021.

Os dados nesse experimento não tiveram diferença estatística para nenhum fator produtivo avaliado, portanto, as médias dos dados levantados estão descritas na Tabela 6.

Tabela 6 – Médias das interações entre os produtos ácido bórico em pó e líquido, as doses aplicadas, e os parâmetros estudados para dose, altura, diâmetro, vagens por planta (VPP), grãos por vagem (GPV), peso de mil grãos (PMG) e produtividade (Prod.).

	Dose (g ha ⁻¹)	Altura (cm)	Diâmetro (cm)	VPP	GPV	PMS (g)	Prod. (kg ha ⁻¹)
Testemunha	0,00	56,50	0,96	59,33	2,57	146,33	3898,13
	0,00	49,83	0,81	58,16	2,34	147,83	3958,97
	0,00	51,50	0,83	53,16	2,40	153,00	3915,73
	0,00	51,00	0,85	49,83	2,50	150,16	4043,20
Ácido Bórico (pó)	100	58,50	0,93	58,00	2,40	150,33	3738,33
	200	63,16	0,86	48,16	2,42	156,66	4491,87
	300	52,83	0,81	49,33	2,24	148,33	4116,73
	400	64,50	0,98	59,83	2,48	156,00	4347,70
Ácido Bórico (líquido)	100	58,66	0,86	43,50	2,65	154,16	4270,63
	200	57,33	1,03	48,16	2,37	152,83	4147,03
	300	57,66	0,88	49,33	2,39	154,16	4366,57
	400	54,66	0,83	55,16	2,20	150,83	4243,93

Fonte: Os autores, 2021.

É possível observar na Tabela 6, que não houve diferença estatística nos parâmetros avaliados. Isso se deve aos fatores que influenciam na absorção desse micronutriente. Como observado por Hu e Brown (1997) quando aumenta a transpiração da planta tem aumento na absorção de boro, e essa variação na transpiração varia de acordo com a umidade relativa, temperatura e intensidade luminosa.

Quando analisado doses de boro mais elevadas em soja, há diferença nos resultados. Raimundi, Moreira e Turri (2013) obtiveram resultados com aplicação de 10 kg ha^{-1} de boro. Os resultados em produtividade apresentados trazem diferenças no número de vagens por planta e o peso de mil grãos.

Contestando os resultados observados nesse trabalho, durante o desenvolvimento da cultura a campo houveram diferentes influencias ambientais e, também, os níveis iniciais de boro trazidos pelo laudo eram de $0,17 \text{ mg dm}^{-3}$, o que poderia justificar os resultados produtivos semelhantes entre as parcelas testemunha e as maiores doses, é o solo pobre em boro e as doses aquém do necessitado pelas plantas, aliado a um período climático instável.

Quando observamos as temperaturas no mesmo período (Tabela 1), os dados de temperatura variam entre 20 e 30 °C que, de acordo com Farias, Neumaier e Nepomuceno (2007), representa a faixa ideal de oscilação térmica onde a cultura da soja se adapta com maior facilidade sendo temperaturas próximas a 30°C o ideal para seu desenvolvimento. A temperatura média no período foi 23,2°C.

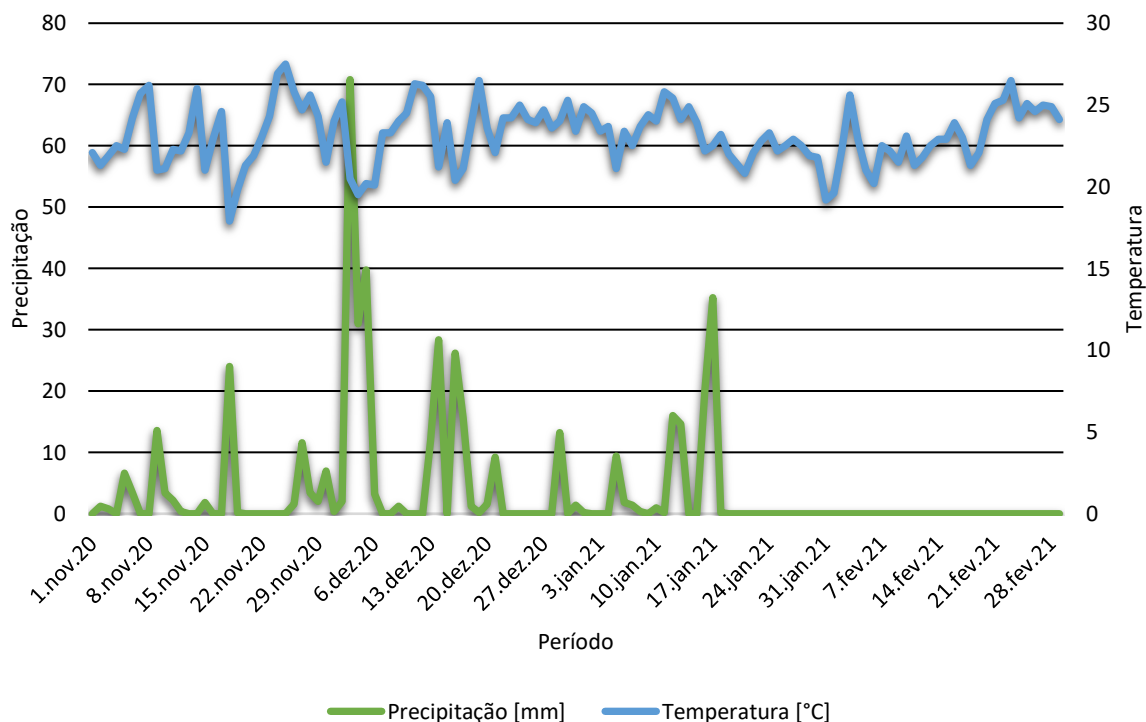
Os dados da Figura 1 mostram que durante as primeiras semanas do ciclo da soja, as chuvas foram bem distribuídas e, a partir de janeiro, as chuvas cessaram. Isso pode ter influenciado o comportamento do boro na solução do solo, como observado por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), onde é o fluxo de massa da água no solo é a principal forma de contato do boro até as raízes ou para longe delas (ABREU *et al.*, 2015). A água no solo é quem causa os maiores entraves na adubação com esse micronutriente, Chaves *et al.* (2006) em seu estudo concluíram que a água quente é o melhor extrator de boro do solo, onde houve maior recuperação do boro adicionado ao solo. Dessa forma, as águas pluviais podem facilmente movimentar o boro no solo, mesmo que a água não seja quente, é contínuo, uma chuva após a outra.

A disponibilidade de boro também depende do pH presente no solo, como observado por Kirkby (2007), em situações onde o pH é mais ácido o boro encontra-se na forma de ácido bórico indissociável, sendo absorvido pela planta por fluxo de massa, e somente em pH mais alto o boro está na forma de borato e adsorvido a matriz do solo.

No presente estudo, estima-se que a não resposta da adubação boricada aconteceu devido aos fatores climáticos, ambientais e nutricionais. Como podemos observar na Figura 1, durante a maior parte do período vegetativo, as chuvas foram regulares e alguns dias com grande volume. A partir de janeiro, as chuvas cessaram, reduzindo o potencial hídrico do solo. De acordo com o comportamento do boro no solo, é possível que a variação da disponibilidade de água no solo seja uma das causas. Analisando os dados de precipitação, ao considerarmos uma

chuva de 15 mm como adequada, foram poucas as chuvas que atingiram ou superaram essa marca.

Figura 1 – Gráfico das chuvas e temperaturas ocorridas durante a condução do campo de soja.



Em relação aos valores de produtividade da Tabela 6, estatisticamente os valores são semelhantes estatisticamente a 5% de significância, porém, ao analisar a diferença numérica nota-se que nos tratamentos com ácido bórico pó houve incremento maior na dose de 200 g ha⁻¹ que apresentou 4.491,87 kg ha⁻¹ e a menor produção 3.738,33 kg ha⁻¹, sendo uma variação de 753,54 kg ou 13 sacas. Já o ácido bórico líquido apresentou maior estabilidade produtiva, sendo o melhor resultado na dose de 300 g ha⁻¹ com 4.366,57 kg ha⁻¹ e a menor produtividade com 4.147,03 kg ha⁻¹, nesse caso, uma variação de 219,54 kg ou 4 sacas.

Em relação ao custo de aquisição dos produtos foi de R\$ 15,60 por quilo para o ácido bórico pó e R\$ 28,80 por litro do ácido bórico pó. Considerando o valor aproximado da saca de soja para o período em R\$ 150,00 há retorno no investimento nas duas opções de produto.

Conclusão

Pode-se concluir que a utilização de ácido bórico em soja na formulação pó apresenta maior altura de plantas. Já onde houve aplicação de ácido bórico na formulação líquida a altura

média das plantas foi menor. Para os parâmetros produtivos avaliados, não houve diferença estatística com 5% de significância.

Referências

ABREU, C. A. de; SOUZA C. P. C. de; ANDRADE C. A. de; ROSSI R. **Lixiviação e Disponibilidade de Boro em Função de Fontes e Características de Solos**. XXXV Congresso brasileiro de ciência do solo. 2015.

APARECIDO, L. E. DE O; ROLIM, G. DE S; RICHETTI, J; SOUZA, P. S. DE, E JOHANN, J. A.; Classificações climáticas de Köppen, Thornthwaite e Camargo para zoneamento climático no Estado do Paraná, Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1413-70542016404003916>>.

BORKERT C. M.; ALMEIDA A. M. R.; YORINORI J. T.; CORRÊA-FERREIRA B. S.; FERREIRA L. P.; SFREDO G. J. **Seja o doutor da sua soja**. Potafos. Arquivo agrônômico nº5 junho/1994.

BRASIL. **Regras para análise de sementes**. 1ª ed. Brasília: DF. 399p. 2009.

CALONEGO, J. C.; OCANI, K.; OCANI, M.; SANTOS, C. H. Adubação boratada foliar na cultura da soja. **Colloquium Agrariae**, v. 05, n. 1, p. 20–26, 2010.

CASARIN, V.; STIPP, S. R. Quatro medidas corretas que levam ao uso eficiente dos fertilizantes. **IPNI**, v. 142, p. 14–20, 2013.

CASTEEL, S. N. **Estimating Soybean Yields** – Simplified. Purdue University: Casteel, 2012. 4p. Disponível em: <https://www.agry.purdue.edu/ext/soybean/News/2012/2012_0814SOYSimplifiedYieldEstimates.pdf> Acesso em set. 2020.

CHAVES F. S.; NOGUEIRA A. R. A.; SOUZA G. B.; PRIMAVESI A. C. **Avaliação de procedimento de extração e determinação de boro em amostras de solo**. Boletim da pesquisa e desenvolvimento Embrapa Pecuária Sudeste. 1ª ed online. São Carlos. dezembro 2006.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Série Histórica das Safras**, Soja. 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/item/download/33175_84ed2510b45075c31c134ae355e5dd95> Acesso em 13 set. 2020.

EMBRAPA. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. Distrito Federal: EMBRAPA, 353p. 2013.

FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Ecofisiologia da Soja. **Circular técnica 48**. EMBRAPA. Londrina – PR. 2007

FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R.; SANTOS, L. A. **Nutrição Mineral de Plantas**. 2ª ed. Rio de Janeiro: RJ. Editora SBCS. 2018. 670p..

GITTI, D. DE C.; ROSCOE, R.; RIZZATO, L. DE A. **Manejo e Fertilidade do Solo para a Cultura da Soja**. Maracaju: MS, Fundação MS, 2018.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 14.ed. Piracicaba, Degaspari. 2000. 477p.

HU, H.; BROWN, P. H. **Absorption of boron by plant roots**. Plant and Soil. p. 49–58 (1997). Disponível em: <<https://doi.org/10.1023/A:1004255707413>> Acesso em 06 jun. 2021.

IPNI. International Plant Nutricional Institute. **Boro**, 2020. Disponível em: <[http://www.ipni.net/publication/nutrifacts-brasil.nsf/0/D78B4EB5E98E3623832581860044C9AC/\\$FILE/NutriFacts-BRASIL-7.pdf](http://www.ipni.net/publication/nutrifacts-brasil.nsf/0/D78B4EB5E98E3623832581860044C9AC/$FILE/NutriFacts-BRASIL-7.pdf)> Acesso em 13 set. 2020.

KAPPES, C.; GOLO, A. L.; CARVALHO, M. A. C. DE. Doses e épocas de aplicação foliar de boro nas características agronômicas e na qualidade de sementes de soja. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 3, p. 291, 2008.

KIRKBY, E. A.; RÖMHELD, V. **Micronutrientes na fisiologia de plantas: Funções, absorção e mobilidade**. Encarte técnico nº118 IPNI. 2007.

LEE, C.; HERBEK, J. **Estimating Soybean Yield**. University of Kentucky Cooperative Extension, 2005. Disponível em: <<http://www2.ca.uky.edu/agcomm/pubs/agr/agr188/agr188.pdf>> Acesso em set. 2020.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. In: Agronomica Ceres. 1ª ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres LTDA, 2006. p. 631.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Princípios e avaliações. 2ª ed. Piracicaba, Potafós, 1997, 319p.

MASCARENHAS, H. A. A.; MIRANDA, M. A. C.; BATAGLIA, O. C.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; TANAKA, R. T.; **Deficiência de boro em soja**. Instituto agrônômico de Campinas. Campinas – SP. 1988.

MINITAB. **Getting started with Minitab 17**. Minitab, p. 82. 2016

RAIJ, B. VAN. **Fertilidade Do Solo e Adubação**. Piracicaba: Ceres, Potafos, 1991.

RAIMUNDI, D. L.; MOREIRA, G. C.; TURRI, L. T. Modos de aplicação de boro na cultura da soja. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 6, n. 2, p. 112-121, 2013

SBCS. Sociedade Brasileira De Ciência Do Solo (SBCS). Núcleo Estadual do Paraná (NEPAR). **Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná**. Curitiba: SBCS/NEPAR, 2017. 482. p.

YAMADA, T. Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas? **Informações Agrônômicas - Potafos**, n. 90, p. 20, 2000.