

Avaliação da eficiência de fertilizantes de liberação controlada na cultura da soja

Eduardo Tinoco^{1*}; Cornélio Primieri¹

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

*tinoco0112@hotmail.com

Resumo: A cultura da soja é uma das mais plantadas no mundo, e sua utilização é para alimentação humana, animal e na produção de combustíveis. Uma boa produtividade está associada a uma boa adubação com a utilização de fertilizantes corretos e nas quantidades corretas, de acordo com as necessidades da cultura. Baseado nisso o objetivo deste experimento foi avaliar a produtividade da soja submetida a diferentes formas de adubação de base. O experimento foi realizado na área experimental da Fazenda Escola do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz em Cascavel - PR. Foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro blocos. Os tratamentos foram: T1 – testemunha; T2 – Fertilizante convencional (NPK 00-35-00) 500 kg ha⁻¹ na base + formulado 5,0 kg ha⁻¹ no estágio 5.1 + 160 kg KCl ha⁻¹ em cobertura; T3 - Fertilizante convencional (NPK 00-35-00) 500 kg ha⁻¹ na base + formulado 2,0 L ha⁻¹ no estágio 5.1 + 160 kg KCl ha⁻¹ em cobertura; T4 - Fertilizante convencional (NPK 05-25-25) 500 kg ha⁻¹ e T5 - Fertilizante convencional (NPK 00-35-00) 500 kg ha⁻¹ na base + formulado 2,0 L ha⁻¹ no estágio 5.1 + formulado 2,0 L ha⁻¹ no estágio 5.1. Os parâmetros avaliados foram: número de vagens, massa de mil grãos, e produtividade. Os resultados foram submetidos a análise de variância e as médias de cada tratamento foram comparadas através do Teste de Duncan a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico ASSISTAT. Os tratamentos com fertilizante convencional em associação com um fertilizante de liberação lenta e o somente fertilizante convencional foram os que apresentaram os melhores resultados para os parâmetros testados.

Palavras-chave: Produtividade; compostos orgânicos; *Glycine max*.

Efficiency evaluation of controlled release fertilizers in the soybean crop

Abstract: The soybean crop is one of the most planted in the world, and its use is for human and animal food and in the production of fuel. Good productivity is associated with good fertilization with the use of correct fertilizers and in the correct amounts, according to the needs of the crop. Based on this, the objective of this experiment was to evaluate the soybean productivity submitted to different forms of base fertilization. The experiment was carried out in the experimental area of the Farm School of the University Center of the Assis Gurgacz Foundation in Cascavel - PR. The experimental design was randomized blocks, with five treatments and four blocks. The treatments were: T1 – control; T2 – Conventional fertilizer (NPK 00-35-00) 500 kg ha⁻¹ in the base + formulated 5.0 kg ha⁻¹ in stage 5.1 + 160 kg KCl ha⁻¹ in top dressing; T3 - Conventional fertilizer (NPK 00-35-00) 500 kg ha⁻¹ in the base + formulated 2.0 L ha⁻¹ in stage 5.1 + 160 kg KCl ha⁻¹ in top dressing; T4 - Conventional fertilizer (NPK 05-25-25) 500 kg ha⁻¹ and T5 - Conventional fertilizer (NPK 00-35-00) 500 kg ha⁻¹ at the base + formulated 2.0 L ha⁻¹ at stage 5.1 + formulated 2.0 L ha⁻¹ in stage 5.1. The evaluated parameters were: number of pods, mass of a thousand grains, and productivity. The results were submitted to analysis of variance and the means of each treatment were compared using the Duncan Test at 5% probability, using the ASSISTAT statistical program. Treatments with conventional fertilizer in association with a slow-release fertilizer and conventional fertilizer alone were the ones that presented the best results for the parameters tested.

Keywords: Productivity; organic compounds; *Glycine max*.

Introdução

A cultura da soja vem alcançando elevados índices de produção e de produtividade, sendo a forma correta de adubação como um dos elementos extremamente responsável pelo aumento da produtividade.

A soja (*Glycine Max L.*) da família das oleaginosas é de origem da costa leste da Ásia as primeiras plantas eram rasteiras, a sua evolução veio pelos aparecimentos de plantas oriundas de cruzamentos naturais, entre espécies de soja de espécie selvagens que foram domesticadas e principalmente melhoradas por cientistas chineses (EMBRAPA SOJA, 2023).

Segundo CONAB, (2022), na safra 2021/2022, apresentou um aumento na área plantada de 4,9%, onde foram plantados 41.452,0 mil hectares. Onde alcançou uma produtividade de 3.029,0 kg ha⁻¹, sendo 14,1 % menor que a safra anterior. E uma produção total no país de 125.552,3 ton, o que representa um aumento de 9,9 % em relação à safra anterior.

Um dos grandes problemas da agricultura é a utilização de fertilizantes em função a quantidade e distribuição adequada (BARBOSA FILHO, 2011). O produtor tem realizado adubações sem realizar análise de solo, ou não interpretando os dados corretamente (AVILA e CASIMIRO, 2018). Quando se pretendem utilizar uma adubação adequada as necessidades da cultura, deve-se realizar uma boa interpretação das características do solo, analisando as concentrações para ajustar as doses e também a época para que os nutrientes estejam em equilíbrio com o solo (SILVA, FERREIRA e CORTEZ, 2002).

Segundo Martins (2013), o potássio (K) que é um dos nutrientes mais utilizados na cultura da soja, ocupa a sétima maior concentração na crosta terrestre. E que como apresenta uma grande reatividade e afinidade com outros elementos químicos, o mesmo nunca ocorre em sua forma elementar. Sendo encontrado em rochas, no solo, em lagos e regiões salinas. Onde cerca de 95% do que é retirado, ou seja, da produção mundial, é utilizado na agricultura. Tendo como principais sais que são utilizados na agricultura são o sulfato de K (que contém de 50 a 52 % de K₂O) e o cloreto de potássio (KCl) que contém de 60 a 62% de K₂O (KIMPORA, 2003). No Brasil o potássio é encontrado na Bacia Sedimentar de Sergipe e também na Bacia Sedimentar do Amazonas-Solimões (OLIVEIRA, 2008).

Os fertilizantes convencionais minerais consistem em produtos aplicados em campo, que tem como finalidade proporcionar maiores rendimentos para as culturas agrícolas. Entretanto, o uso excessivo desses fertilizantes no solo acarreta problemas ambientais,

econômicos e energéticos, incentivando a busca por alternativas a fim de mitigar os efeitos nocivos (ISHERWOOD, 2000).

De acordo com Borelli (2020), um fertilizante de liberação gradual ou lenta, ou ainda chamada de liberação controlada, apresenta uma taxa de disponibilização dos nutrientes para a cultura de forma mais lenta, quando comparados aos fertilizantes com liberação imediata, que disponibilizam praticamente todos os nutrientes em um curto período após a adubação.

O uso de fertilizantes de liberação lenta e/ou controlada, que são produzidos com produtos oriundos da condensação de ureia e aldeídos, ou dos chamados fertilizantes encapsulados, ou que são recobertos por certos polímeros, teve um grande aumento na utilização nos últimos anos. Fertilizantes estes que pertencem a uma classe denominada de eficiência aprimorada, inteligentes, especiais ou ainda como fertilizantes ecologicamente corretos (TRENKEL, 2010).

Ainda de acordo com Tenkel (2010), os processos que estes fertilizantes são fabricados, permitem prolongar e retardar a liberação de nutrientes para as culturas, bem como da redução das quantidades de produtos a serem utilizados, pois se utiliza o que a cultura necessita e em todo ciclo da mesma. O que também vem a diminuir uma provável poluição e seus efeitos nocivos ao meio ambiente.

Os fertilizantes de liberação controlada são revestidos com certos polímeros que são produzidos formando uma cobertura e ou proteção com alguns tipos de materiais que são insolúveis em água, ou seja, formam uma barreira física cuja função é controlar a entrada da água no grânulo, bem como a taxa de dissolução, a disponibilidade de nutrientes e como principal função, o período da liberação destes nutrientes para a cultura. Esta cobertura de polímeros pode ser composta por uma ou várias camadas (FU *et al.*, 2018).

Diante do exposto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a massa de mil grãos, o número de vagens e produtividade da soja, com o uso de fertilizantes convencionais e de liberação controlada.

Material e métodos

O experimento foi realizado a campo na Fazenda Escola do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, sob as coordenadas geográficas 24°56'27.26''S e 53°30'35.09''O, região oeste do Paraná, com altitude de 690 metros no município de Cascavel – PR, no período de outubro de 2022 a março de 2023.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso (DBC), com cinco tratamentos e quatro blocos, totalizando 20 unidades experimentais, assim distribuídos: T1 –

testemunha; T2 – Fertilizante convencional (NPK 00-35-00) 500 kg ha⁻¹ na base + formulado (N=12% - K= 39% - MG= 1,8% - S= 2,8%) 5,0 kg ha⁻¹ no estágio 5.1 + 160 kg KCl ha⁻¹ em cobertura; T3 - Fertilizante convencional (NPK 00-35-00) 500 kg ha⁻¹ na base + formulado (Composto por açúcares do grupo Inositol (Rafinose, Glucose e Estaquiase) + Boro + Molibdênio) 2,0 L ha⁻¹ no estágio 5.1 + 160 kg KCl ha⁻¹ em cobertura; T4 - Fertilizante convencional (NPK 05-25-25) 500 kg ha⁻¹ e T5 - Fertilizante convencional (NPK 00-35-00) 500 kg ha⁻¹ na base + formulado (Composto por açúcares do grupo Inositol (Rafinose, Glucose e Estaquiase) + Boro + Molibdênio) 2,0 L ha⁻¹ no estágio 5.1 + formulado (NPK 06-12-40) 2,0 L ha⁻¹ no estágio 5.1.

Realizou-se o manejo de ervas daninhas no pré-plantio e pós-plantio com aplicação de herbicidas seletivos as plantas invasoras de acordos com produtos registrados na ADAPAR/PR (Agência de Defesa Agropecuária do Paraná).

A cultivar semeada foi a Brasmax ZEUS[®], com um ciclo de 125 a 140 dias até a colheita. Onde o plantio foi feito com uma semeadora específica para parcelas da marca Tatu Marchesan, com 4 linhas espaçadas com 0,45 m entre linhas. Onde foram utilizadas 13,6 sementes por metro linear, sendo 300.000 plantas finais por ha⁻¹. O plantio ocorreu no dia 25 de outubro de 2023

Todos os tratos culturais tais como: controle de pragas e doenças foram feitos com defensivos agrícolas devidamente registrados na ADAPAR/PR, e de acordo com as necessidades durante o ciclo da cultura.

A coleta de dados para o parâmetro de altura das plantas foi feito no dia 18 de janeiro de 2023, quando as plantas se encontravam no estágio R 5.3, onde foram coletadas 10 plantas aleatórias dentro de cada parcela e eram medidas as alturas das mesmas com o auxílio de uma trena.

A colheita foi realizada nos dias 02/03/23 e 10/03/23, visto que dois tratamentos tiveram seu ciclo mais tardio que os demais, onde a colheita foi feita manualmente quando os grãos apresentaram umidade de aproximadamente 14%. Sendo colhido 3 fileiras com comprimento de 2,0 m, na parte central de cada parcela, para desconsiderar o efeito bordadura.

O volume colhido em cada parcela foi devidamente identificado para posterior debulha, que foi feita em um debulhador específico para debulha de parcelas. Após a debulha foi feita a limpeza dos grãos colhidos para retirada das impurezas e acondicionado em sacos de papel devidamente identificados para posterior coleta de dados.

Após a debulha e limpeza, foram feitos a coleta dos parâmetros de massa de mil grãos e da produtividade. Que foram feitas no Laboratório de Sementes do Centro Universitário Assis Gurgacz, em Cascavel/PR. Sendo a massa de mil grãos através da contagem de cem grãos, pesagem destes grãos com o uso de uma balança de precisão. Após a pesagem, os grãos eram devolvidos ao pacote, feito uma boa mistura, e realizada a contagem novamente, em seguida, a pesagem de mais cem grãos, isto por seis vezes. Após, foram feitas a médias e padronizados para a massa de mil grãos, conforme a metodologia da Regras de Análise de Sementes (RAS), (BRASIL, 2009).

A produtividade foi analisada pela pesagem das amostras dos grãos coletados de cada parcela, já padronizado para 13 % de umidade, onde as amostras foram pesadas em uma balança de precisão. Posteriormente foi convertido para kg ha^{-1} . Todos os parâmetros foram anotados em uma planilha para posterior análise estatística.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas através do Teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico ASSISTAT (SILVA e AZEVEDO, 2016).

Resultados e discussões

De acordo com a Tabela 1, observa-se que a análise de variância dos dados obtidos após a avaliação do experimento apresentam diferenças estatísticas em níveis de 5% pelo teste de Tukey, para todos os parâmetros avaliados.

Tabela 1. Análise de variância das médias de número de vagens por plantas, produtividade e massa de mil grãos.

Tratamentos	Número de vagens por plantas (un)		Produtividade (kg ha^{-1})		Massa de mil grãos (g)	
T1	34,52	b	3.786,00	b	189,87	b
T2	34,77	b	4.586,29	a	203,33	ab
T3	45,12	a	4.219,44	a	207,83	a
T4	50,22	a	4.127,13	a	210,75	a
T5	38,15	b	3.433,05	b	195,71	ab
CV (%)	5,62		17,87		3,85	

Médias com mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

CV = Coeficiente de Variação

T1 – testemunha; T2 – Fertilizante convencional (NPK 00-35-00) 500 kg ha^{-1} na base + formulado (N=12% - K=39% - MG= 1,8% - S= 2,8%) 5,0 kg ha^{-1} no estágio 5.1 + 160 kg KCl ha^{-1} em cobertura; T3 - Fertilizante convencional (NPK 00-35-00) 500 kg ha^{-1} na base + formulado (Composto por açúcares do grupo Inositol (Rafinose, Glucose e Estaquiose) + Boro + Molibdênio) 2,0 L ha^{-1} no estágio 5.1 + 160 kg KCl ha^{-1} em cobertura; T4 - Fertilizante convencional (NPK 05-25-25) 500 kg ha^{-1} e T5 - Fertilizante convencional (NPK 00-35-00) 500 kg ha^{-1} na base + formulado (Composto por açúcares do grupo Inositol (Rafinose, Glucose e Estaquiose) + Boro + Molibdênio) 2,0 L ha^{-1} no estágio 5.1 + formulado (NPK 06-12-40) 2,0 L ha^{-1} no estágio 5.1.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 1, verifica-se que ocorreram diferenças estatísticas em níveis de 5% de significância pelo teste de Duncan no parâmetro número de vagens, onde os tratamentos T3 (fertilizante de liberação controlada + KCl em cobertura) e T4 (fertilizante de liberação convencional) foram superiores aos demais tratamentos, porém estatisticamente iguais entre si. Os demais tratamentos T1 (Testemunha), T2 (MAP + KCl em cobertura) e T5 (fertilizante de liberação controlada sem KCl em cobertura), apresentaram resultados semelhantes entre si.

Dias *et al.* (2017) em seu experimento onde utilizaram fertilizantes convencionais e de liberação lenta, não encontraram diferenças estatística entre os tratamentos para o parâmetro número de vagens por plantas.

Para o parâmetro produtividade, conforme a Tabela 1, os tratamentos T2 (MAP + KCl em cobertura), T3 (fertilizante de liberação controlada + KCl em cobertura) e T4 (fertilizante de liberação convencional), foram o que apresentaram as maiores produtividades, sendo 4.586,29 kg ha⁻¹, 4.219,44 kg ha⁻¹ e 4.127,1 kg ha⁻¹, respectivamente. E ficaram estatisticamente iguais entre si pelo teste de Tukey em níveis de 5%. O que demonstra que o uso de fertilizantes convencionais e de liberação controlada mais KCl em cobertura obtiveram produtividades semelhantes. Já os tratamentos T1 (Testemunha) e T5 (fertilizante de liberação controlada sem KCl em cobertura), ficaram inferiores os demais tratamentos, porém estatisticamente iguais entre si.

Este experimento difere com Silva Junior *et al.* (2008), onde utilizaram um fertilizante revestido por polímero e um superfosfato simples, e o fertilizante revestido com polímero apresentou maior produtividade da soja (2.300 kg ha⁻¹) quando comparado ao superfosfato simples convencional (2.000 kg ha⁻¹).

Segundo os dados apresentados na Tabela 1 para o parâmetro massa de mil grãos, demonstra que os tratamentos T2 (MAP + KCl em cobertura), T3 (fertilizante de liberação controlada + KCl em cobertura), T4 (fertilizante de liberação convencional) e T5 (fertilizante de liberação controlada sem KCl em cobertura), se apresentaram estatisticamente iguais entre si pelo teste de Tukey em níveis de 5%, com um leve acréscimo nos tratamentos T3 e T4. A testemunha (T1) foi o tratamento que apresentou a menor massa de mil grãos, o que pode estar associado à ausência de adubação com P e K.

Rosolem e Tavares (2006) verificaram na fase de pegamento de vagens um período que apresentou uma maior sensibilidade à deficiência de fósforo, quando comparada à fase de

enchimento de grãos, destacando que se a deficiência ocorrer após a fase de enchimento dos grãos, isto reduz os números de grãos chochos e consequentemente um aumento nos demais.

Conclusão

Conclui-se com este experimento que os tratamentos T3 (Fertilizante convencional (NPK 00-35-00) em associação com um fertilizante de liberação lenta) e o T4 (Fertilizante convencional (NPK 05-25-25)), apresentaram os melhores resultados nos parâmetros testados.

Referências

AVILA, T. S.; CASIMIRO, E. L. N. **Diferentes épocas e formas de aplicação de kcl (cloreto de potássio) na cultura da soja**. Centro Universitário Assis Gurgacz, 2018. Disponível em: <<https://www.fag.edu.br/upload/revista/seagro/5b466740368bc.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2023.

BARBOSA FILHO, M. P. **Agência de informação Embrapa Adubação**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2011. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/CONTAG01_81_1311200215104.html>. Acesso em: 02 abr. 2023.

BORELLI, L. M. **Fertilizantes de eficiência aprimorada - perspectivas e potencial de uso de biopolímeros como matrizes de liberação lenta ou controlada**. TCC. UFSC. Curso de engenharia agrônoma. Araras/SP. 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/13587/TFG%20-%20LA%C3%8DZE%20BORELLI__%20versao%20final20p%20C3%B3s-defesa%2021-12-20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 03 abr. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.

CONAB. Boletim da safra de grãos. 12º Levantamento – Safra 2021/2022. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 30 mar. 2023.

DIAS, G. de A.; LIMA, L. M. V.; MINGOTTE, F. L. C.; SOUZA, J. R. Desempenho agrônomo da soja, em função de fontes e doses de fertilizantes NPK em semeadura. **Revista Produção em Destaque**, Bebedouro SP, v1: 221-245, 2017. Disponível em: <https://www.unifafibe.com.br/revistasonline/arquivos/revistaproducaoemdestaque/sumario/53/22052019165430.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2023.

EMBRAPA SOJA. História da soja. 2023. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/historia>>. Acesso em: 30 mar. 2023.

FU, J.; WANG, C.; CHEN, X.; HUANG, Z.; CHEN, D. Classification research and types of slow controlled release fertilizers used – a review. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 49, n.17, 2018. Disponível em: < <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00103624.2018.1499757?journalCode=lcss20>>. Acesso em: 05 abr. 2023.

GUARESCHI, R.; GAZOLLA, P. R.; PERIN, A.; SANTINI, J. M. K. Adubação antecipada na cultura da soja com superfosfato triplo e cloreto de potássio revestidos por polímeros. *Revista Cienc. Agrotec.* 2011. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cagro/a/S6twbhrKTLKf8yXvqdgwmr/?lang=PT>>. Acesso em: 10 abr. 2023.

ISHERWOOD, K. F. O uso de fertilizantes minerais e o meio ambiente. Tradução da Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA). França: Paris, 2000. 63p. Disponível em: < <http://anda.org.br/wp-content/uploads/2018/10/OUsoDeFertilizantesMinerais.pdf>>. Acesso em: 04 abr. 2023.

KINPARA, D. I. **A Importância estratégica do potássio para o Brasil**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 27p, 2003.

OLIVEIRA, L. A. **Potássio. Departamento Nacional de Produção Mineral**, 2008. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/7-3-potassio>>. Acesso em: 03 abr. 2023.

ROSOLEM, C. A.; TAVARES, C. A. Sintomas de deficiência tardia de fósforo em soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 02, p. 385- 389, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/q3TbxTKMZD3bJ5Df5hvWWwb/?lang=pt>. Acesso em: 10 abr. 2023.

SILVA JUNIOR, H. R.; LIMA, R. E.; PERIN, A. Adubação fosfatada com fertilizantes polimerizados na cultura da soja. In: Jornada da Produção Científica da Educação Profissional e Tecnológica da Região Centro-Oeste, 2., 2008, Cuiabá. **Anais**. Cuiabá/MT,.

SILVA, F. de A.; AZEVEDO, C. **The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data**. *African Journal of Agricultural Research*, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

SILVA, M. J. L.; FERREIRA, G. B.; CORTEZ, J. R. B. **Adubação e Correção do solo: Procedimentos a Serem Adotados em Função dos Resultados da Análise do Solo**. Circular Técnica Embrapa. Campina Grande – PB, 2002. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPA/19595/1/CIRTEC63.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2023.

TRENKEL, M. E. **Slow and Controlled Release and Stabilized Fertilizers: An option for enhancing nutrient use efficiency in agriculture**. Paris: International Fertilizer Industry Association, 2010. Disponível em: < https://www.fertilizer.org/images/Library_Downloads/2010_Trenkel_slow%20release%20book.pdf> Acesso em: 05 abr. 2023.

SILVA, F. de A.; AZEVEDO, C. **The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data**. *African Journal of Agricultural Research*, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

SILVA, M. J. L.; FERREIRA, G. B.; CORTEZ, J. R. B. **Adubação e Correção do solo: Procedimentos a Serem Adotados em Função dos Resultados da Análise do Solo.** Circular Técnica Embrapa. Campina Grande – PB, 2002. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPA/19595/1/CIRTEC63.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2023.