



Universidade Federal de São Carlos
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Curso de Engenharia Agrônoma



Caio Marcomini Macedo

**DESEMPENHO DA CULTURA DA SOJA COM O USO DE
FERTILIZANTE ORGÂNICO E MINERAL**

ARARAS - 2022



Universidade Federal de São Carlos
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Curso de Engenharia Agrônoma



Caio Marcomini Macedo

**DESEMPENHO DA CULTURA DA SOJA COM O USO DE
FERTILIZANTE ORGÂNICO E MINERAL**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia
Agrônoma – CCA – UFSCar para a obtenção do
título de Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. **VICTOR AUGUSTO FORTI**

ARARAS – 2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por me dar forças e sabedoria para realizar este trabalho e percorrer todo esse caminho da graduação. Ofereço a minha família que sempre me apoiou e amparou nos momentos difíceis, em especial minha mãe, meu pai, meus avós e meu irmão que sempre se fizeram presentes.

Ao Prof. Dr. Victor Augusto Forti, pela oportunidade de trabalhar com ele e por seus exemplos de profissionalismo, dedicação e pela orientação. Sendo uma das pessoas que mais acreditou no meu potencial e ampliou minha visão de ciência, além do valioso auxílio prestado durante a elaboração e execução desta pesquisa.

A todos os professores e funcionários da Universidade Federal de São Carlos, Campus Araras, pelos ensinamentos transmitidos pelos incentivos e auxílio na interpretação dos resultados.

RESUMO

O aumento da produtividade de soja nos últimos anos ocorreu, basicamente, pela adoção de tecnologias como o uso de insumos e equipamentos. Dentre os insumos utilizados, os fertilizantes minerais estão entre os mais onerosos. Como alternativa a estes insumos e potencializando sistemas de produção orgânicos, a utilização de dejetos animais como fertilizantes se torna uma alternativa, de grande interesse em termos ambientais, sociais e agrônômicos. Desse modo, objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos da aplicação de diferentes doses de esterco bovino no desempenho de plantas de soja. Para isso, avaliou-se quatro tratamentos de adubação, um mineral (NPK) com aplicação de 500 kg/ha do formulado 02-29-09 e três com esterco bovino sólido com diferentes dosagens (2,5 ; 5 e 10 t/ha). O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado avaliando-se os dias de duração de cada estágio fenológico, altura de planta, número de vagens e grãos por planta, número de nódulos por planta e produtividade. A adubação com esterco bovino resultou em maior números de nódulos, porém apresentou menor produtividade quando comparado a fertilização mineral. A mudança dos estágios fenológicos, altura das plantas, número de vagens e grãos por planta foram semelhantes entre os diferentes tipos de tratamento, demonstrando que ambos são eficazes em fornecer nutrientes para a cultura da soja. A adubação orgânica, quando realizada em diversos ciclos produtivos poderá promover aumento da produtividade a níveis semelhantes aos observados pelo uso do fertilizante mineral.

Palavras-chave: *Glycine max* L. Merrill, esterco bovino, adubo orgânico, produção orgânica.

ABSTRACT

The increase in soybean productivity in recent years has occurred as a result of the adoption of field technologies. Among the inputs used, mineral fertilizers are the most expensive. As an alternative to mineral fertilizer and to produce in organic systems, the use of animals waste as fertilizers is an alternative with environmental, economics, social agronomic interests. Thus, the objective of this work was to evaluate the effects of the application of different doses of cattle manure on the performance of soybean plants. For this, four fertilization treatments were evaluated, one with the application of 500 kg/ha of the formulated 02-29-09 NPK and three with cattle manure at different dosages (2.5, 5 and 10 t/ha). The experiment was conducted in a completely randomized design and the phenological stage, plant height, pods and grain number per plant, nodules number per plant and productivity were evaluated. Fertilization with cattle manure resulted in higher number of nodules, however with lower yields compared to mineral fertilizer. The change in phenological stages, plants, pod and grains number per plant were equivalent between the treatments, demonstrating that both providing nutrients for the crop. Organic fertilization, when carried out in different production cycles, can increase productivity to similar levels to those observed with the use of mineral fertilizer.

Keywords: *Glycine max* L. Merrill, cattle manure, organic fertilizer, organic production.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Figura 1. Precipitação pluvial e temperatura média no campo experimental (2021).....	09
Figura 2. Análise de regressão do crescimento de plantas de soja em função de fontes de adubação de esterco bovino sob diferentes dosagens em comparação à adubação mineral.	17
Figura 3. Nódulos na raiz da soja.....	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise química inicial do solo da área em que o experimento foi instalado, coletada em 2021.....	10
Tabela 2. Análise química do esterco bovino.....	11
Tabela 3. Descrição dos tratamentos avaliados no experimento e respectivas quantidades de N, P ₂ O ₅ e K ₂ O fornecidas.....	11
Tabela 4. Descrição dos estádios reprodutivos de soja.....	12
Tabela 5. Determinação do estágio fenológico em dias após a semeadura de plantas de soja submetidas a diferentes tratamentos de adubação.....	15
Tabela 6. Média do número de vagens/planta (NVP), número de grãos/vagem (NGV), número de nódulos por planta (NNP) e produtividade (P) em função de fontes de adubação de esterco bovino em comparação à adubação mineral.....	18

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	1
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
A cultura da soja.....	2
Fertilizantes Orgânicos.....	5
Esterco bovino como fertilizante orgânico.....	7
MATERIAL E MÉTODOS.....	10
Localização do experimento.....	10
Histórico da área	10
Tratamentos e delineamento experimental.....	11
Aplicação dos tratamentos	12
Tratos culturais	12
Avaliações.....	14
Determinação dos estádios fenológicos.....	14
Altura das plantas.....	14
Número de vagens/planta e sementes/planta.....	14
Produtividade de grãos e número de nódulos.....	14
Análise estatística.....	15
RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	16
Determinação dos estádios fenológicos.....	16
Avaliações de desenvolvimento e desempenho de plantas	18
CONCLUSÃO.....	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L. Merrill) é uma cultura de origem no continente asiático, sobretudo na região do rio Yangtse, na China. A introdução dessa planta no Ocidente ocorreu em latitudes similares ao centro de origem, iniciando pela Europa em 1712, tendo sido descrita em 1737 por Linné (Linnaeus) nas *Cliffortianus Hortus*. O primeiro relato sobre cultivo de soja nos Estados Unidos é de 1765. Embora lentamente, a soja se expandiu naquele país, exigindo investimento em pesquisas que propiciaram um desenvolvimento tecnológico com base em cultivares produtivas resistentes a doenças, em um sistema produtivo adaptado às diferentes condições de produção norte-americanas (GAZZONI, 2018).

A cultura da soja foi introduzida no Brasil por volta de 1882 e ganhou destaque no final do século 20 como sendo uma das principais *commodities* exportadas pelo Brasil (GAZZONI, 2018). O potencial de produção dessa cultura em sistemas de produção convencionais tem sido amplamente estudado, porém, em sistemas de produção orgânicos, que atualmente têm se expandido para esta cultura, ainda carece de estudos mais detalhados sobre os insumos específicos a serem utilizados (SILVA et al., 2018).

Para assegurar a máxima produtividade de soja, é essencial o fornecimento adequado de nutrientes durante o cultivo por meio da adubação do solo, a qual é normalmente realizada com base no uso de fertilizantes minerais. No entanto, nas últimas décadas, com a escassez desses recursos não renováveis, mais o aumento do custo dos fertilizantes, tornaram-se necessárias alternativas de adubação (SANTOS et al., 2008).

Segundo Araújo (2014), a FBN é uma maneira de reduzir os adubos nitrogenados para essa leguminosa é por meio do uso de bactérias fixadoras de nitrogênio, sendo a maneira ambiental e economicamente mais eficiente para fornecer nitrogênio (N) para a soja. O estudo de Kurihara et al. (2016) confirma que a FBN na cultura da soja, fornece de 25 a 200 kg de N por hectare por ciclo de crescimento e supre de 40 a 100 % das necessidades de N da planta.

Tal prática viabiliza a produção dessa cultura nos trópicos e também é de grande importância na agricultura de baixa emissão de carbono, pois diminui a liberação de gás carbônico, óxido nitroso e metano. Segundo Hungria et al. (2007) produzir uma tonelada de grãos de soja são necessários cerca de 80 kg de nitrogênio. Os estudos de Ragagnin et al. (2013) e Devi et al. (2013), mostram que o desenvolvimento dessas bactérias na raiz da soja está intimamente ligado a quantidade de matéria orgânica no solo, ou seja, quanto maior o teor, mais propício será o crescimento.

Além disso, entendendo que o cultivo de soja pode ser facilmente integrado com outros setores, como por exemplo a pecuária, a utilização do esterco bovino produzido vem se tornando uma prática recorrente nas pequenas e médias propriedades que integram a soja e a pecuária, e, principalmente aquelas com interesse em migrar para sistemas orgânicos de produção (IGREJA et al., 2016).

Essa estratégia, além suprir os nutrientes exigido pelas culturas e propiciar retorno dos nutrientes extraídos das áreas, tornam os sistemas produtivos mais sustentáveis. Uma vantagem do esterco bovino sobre os fertilizantes minerais é que proporciona, melhoria dos atributos químicos, físicos e biológicos como agregação, porosidade, densidade e atividade de microrganismos do solo (FREITAS et. al., 2012).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de diferentes doses de esterco bovino no desempenho de plantas de soja.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A cultura da soja

A introdução da soja no Brasil deu-se por volta de 1882, pela Escola de Agronomia da Bahia, responsável pelos primeiros estudos com a cultura no país. Cerca de dez anos depois, o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), no Estado de São Paulo, também iniciou estudos para obtenção de cultivares aptos à região. Porém, naquela época o interesse pela cultura não era pelo seu material nobre, o grão, e sim para a utilização como forrageira e na rotação de culturas (IGREJA et al., 2016).

Esse grão começou a ser mais facilmente encontrado no país a partir da intensificação da imigração japonesa, nos anos 1908. Em 1914, essa cultura foi oficialmente introduzida no Rio Grande do Sul, estado que apresenta condições climáticas similares às das regiões produtoras nos Estados Unidos, onde se deu a origem dos primeiros cultivares (GAZZONI, 2018).

Na década de 70, a soja já era considerada a principal cultura da agricultura nacional, e a ampliação da indústria de óleo aliada ao desenvolvimento de novas tecnologias impulsionou o cultivo da soja, que nessa década passou de 1,3 milhões de hectares cultivadas para 8,8 milhões. Até então, tradicionalmente cultivada no Sul do Brasil, com o advento de novas tecnologias, dentre elas o desenvolvimento de cultivares mais adaptadas as condições climáticas do restante do país e o sistema plantio direto, ocorreu o aumento da área de produção da soja no Brasil, expandindo o cultivo para o Centro-Oeste, Nordeste e Norte (EMBRAPA, 2016).

Em relação as exigências nutricionais, o elemento mais requerido pela soja é o nitrogênio. Em sua maior parte, é fornecida pela fixação biológica do nitrogênio. Por esse fato, é importante realizar uma inoculação bem-feita, para se ter eficiência na fixação simbiótica do nitrogênio. Vale ressaltar que, devesse diminuir ou evitar a adubação com nitrogênio mineral, pois além de causar a

inibição da nodulação e reduzir a eficiência da fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico, dificilmente irá aumentar a produtividade da soja (ALTMANN, 2012).

Segundo Araújo (2018), o fósforo (P) é considerado o nutriente mais limitante à cultura de soja, no Brasil, em consequência da baixa disponibilidade natural desse nutriente. Desse modo, para a aquisição de uma maior produtividade, é indispensável fornecer o P via fertilização. Esse elemento exerce função vital na fotossíntese, no metabolismo de açúcares, no armazenamento e passagem de energia, na divisão e no desenvolvimento celular, bem como na troca de informações genéticas.

O potássio é o segundo elemento mais exigido pela soja, sendo mais exigido durante a formação das vagens e grãos. Esse elemento, além de ser um ativador enzimático, é um importante elemento no processo de formação de nódulos fixadores de N, bem como para o controle de doenças fúngicas. Sob níveis de baixo teor de potássio, no solo, pode existir deficiência dessa substância nas folhas, podendo ser verificados alguns sinais, como haste verde, retenção foliar e formação de frutos partenocárpicos na soja. A maneira mais adequada para evitar essa situação é a manutenção da relação de bases Ca+Mg/K, entre 23 e 28, pois, acima desses valores, já se constata ausência de potássio (ALTMANN, 2012).

O cálcio também é considerado um fator de grande relevância. É um nutriente exigido em quantias variadas nas diferentes variedades, sendo componente básico das plantas, de grande importância na composição da parede celular, na germinação do grão de pólen e desenvolvimento do canal polínico. Ademais, é indispensável para reproduzir as flores, fixar os botões florais e formar as vagens (TAIZ et al., 2017).

A cultura da soja, em geral, necessita de magnésio (Mg), um macronutriente exigido em quantias maiores para a obtenção de altas produtividades econômicas. A deficiência de Mg tem como um sinal típico clorose internerval nas folhas maduras. Esse nutriente é essencial à formação da clorofila e à fotossíntese; além do mais, há evidência de que as raízes em crescimento e as sementes em desenvolvimento também são, rigorosamente, afetadas, se há deficiência (ARAÚJO, 2018).

Em relação aos micronutrientes, é importante observar que são necessárias pequenas quantidades para suprir as necessidades fisiológicas da soja, porém, não se deve deixar faltar nenhum deles, pois todos são essenciais, e com a falta de apenas um deles não haverá bom desenvolvimento e rendimento de grãos (TAIZ et al., 2017).

Atualmente, a soja possui extrema importância econômica para o Brasil, principalmente pelo interesse que desperta no mercado internacional. O complexo soja foi o principal setor exportador em 2021, com um total de 135,409 milhões de toneladas de soja em grão (FMI, 2021). Esse valor representa 5,2% a mais que no ano anterior, alcançando assim uma cifra recorde da série histórica no período entre 1997 a 2021 (FMI, 2021). O Brasil é o segundo maior produtor e exportador de grãos de soja do mundo, estando atrás apenas dos Estados Unidos.

Segundo Embrapa (2021), em território brasileiro, durante a safra 2020/21, destaca-se os estados de Mato Grosso, Rio Grande do Sul, Paraná, Goiás e Mato Grosso do Sul, produzindo 76 % de toda soja nacional. Cada estado contribuiu, respectivamente com, 35,95; 20,16; 19,87; 13,72 e 13 milhões de hectares. Os estados de Roraima, Minas Gerais, Tocantins, Rondônia, Piauí, Distrito Federal, São Paulo, Maranhão, Bahia, Santa Catarina e Pará representam o restante da produção de grãos de soja. Segundo a mesma fonte de dados, do total produzido, 9,3% advém de agricultura familiar.

O Brasil produziu em 2021, 15 mil toneladas da soja orgânica. Esse valor é pouco perto das milhões de toneladas de soja cultivadas de maneira convencional, que saem das nossas lavouras, mas é um número significativo para um mercado em crescimento (EMBRAPA, 2021).

Nos últimos tempos, a soja também se destacou como a cultura agrícola com maior extensão de área cultivada e principal responsável pela expansão da fronteira agrícola. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) (2021) a área de plantio de soja no país é de aproximadamente 33 milhões de hectares. O Brasil vem ganhando destaque no cenário internacional, obtendo aumento de 42,9% para 47,5% da participação do mercado asiático nas exportações brasileiras em 2021. A China é o principal mercado consumidor da

soja brasileira, seguida de outros mercados em expansão como o Irã; Índia; Emirados Árabes Unidos e Japão (MDA, 2016).

No Estado de São Paulo, são semeados cerca de 1,16 milhões de hectares de soja e é a cultura principal para a maioria dos sistemas de produção, incluindo os integrados (INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA - IEA, 2019). Segundo a Conab (2021), a estimativa é que a área plantada de soja cresça 3,7% na safra 2022/2023, em terras paulistas, devido ao alto preço da saca vendido a mercados externos e a facilidade de crédito concedido pelo governo a esses pequenos e médios produtores, que representam 45% da soja produzida no estado.

Além desse aumento, os produtores paulistas visam maximizar a produtividade. Dentre todas as variáveis para isso, como adoção de novas cultivares, condição natural e manejo de pragas e doenças, destaca-se o manejo da fertilidade do solo, sendo condição essencial para o sucesso da cultura (IEA, 2019).

A longo prazo, o Brasil tem chance de continuar sendo destaque mundial na produção de grãos e até mesmo aumentar suas áreas agrícolas por ainda possuir grandes extensões de terras agrícolas voltadas para outras culturas, podendo assim expandir suas fronteiras econômicas (TRAUTMANN et al., 2014). Além disso, o aumento da produtividade de soja, pela adoção de novas tecnologias, pode ser eficaz nesse quesito, como já ocorreu nos últimos anos.

Um expoente dessas práticas é o uso de fertilizantes minerais mais efetivos, que são facilmente absorvidos pelas plantas e dificilmente perdidas para o ambiente. Segundo os estudos de Lazzarotto e Hiraçuri (2016) os gastos com os fertilizantes minerais compõem a maior parcela dos custos de produção da soja.

Além da elevada participação nos custos, os fertilizantes minerais são fatores de produção com forte influência na produtividade. Portanto a sua correta utilização pode significar a diferença entre lucro ou prejuízo, além de poder prejudicar o meio ambiente

Fertilizantes Orgânicos

A sustentabilidade dos sistemas agrícolas vem se tornando uma necessidade de caráter global. O desenvolvimento de insumos químicos, bem como o aumento do consumo trouxeram o problema da degradação da fauna, flora, água e até mesmo do solo (LEITE, 2015).

A urgência em se buscar alternativas para frear a degradação ambiental, sem, contudo, parar de produzir levou a novas práticas no campo. Muitas dessas práticas de campo estão baseadas no princípio da Agricultura orgânica que visa a produção agrícola atrelada a uma sustentabilidade econômica, social, e ambiental, em que não são permitidos o uso de insumos sintéticos, organismos transgênicos e radiação ionizante em qualquer etapa do processo produtivo (ALMEIDA, 2015).

Dentro dessas práticas integradas à agricultura orgânica, têm a utilização de dejetos animais como fertilizantes orgânicos.

A composição desses fertilizantes orgânicos pode conter praticamente todos os elementos essenciais para o desenvolvimento das plantas. Porém, podem ocorrer variações nas concentrações desses nutrientes, de acordo com a dietas alimentícias dos animais que vão gerar a matéria prima a ser utilizada (SANTOS, 2016).

De maneira geral, a composição desses adubos é baseada na presença de macro e micronutrientes que após a mineralização são assimilados pelas plantas, tais como: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, sódio, ferro, cloro, silício, molibdênio, boro, cobre, zinco e manganês. Se tratando do pH, este se encontra entre 7,0 e 8,0, podendo ser inferior caso o esterco seja utilizado sem a devida decomposição (BROCH; RANNO, 2020).

Ao ser aplicado no solo, o adubo orgânico gera efeitos positivos nas características físicas como: aeração, aumento da velocidade de infiltração, armazenamento de água, melhoria na estruturação, redução de processos erosivos; características químicas como: aumento da capacidade de troca catiônica (CTC), fornecimento e retenção de nutrientes, aumenta o potencial de

fertilidade; e por fim características biológicas no aumento da atividade microbiana (ALMEIDA, 2015).

Além das vantagens ambientais, há princípios econômicos, ou seja, propriedades que tratavam os dejetos animais como resíduos, podem realizar o descarte correto desse material, afim de não trazer danos fitossanitários e contaminação do ambiente. Aproveitando esses resíduos, existe a economia nesse processo de descarte, além de reduzir a compra de insumos químicos (PANDOLFO, 2018).

Segundo Miragaya (2018), a maneira mais eficaz de tornar esses dejetos animais como fontes absorvíveis para as plantas é por meio da promoção da decomposição do material orgânico gerando como produto final adubo orgânico, biofertilizante e biogás.

Esse modelo de adubação pode trazer algumas desvantagens, como: o processo de liberação de nutrientes mais lento, devido ao nutriente não estar prontamente disponível, obrigatoriedade de realizar esterilização do material afim de evitar riscos de contaminação do solo, maior custo de transporte e aplicação em comparação aos fertilizantes minerais e a proporção dos nutrientes contidos nos fertilizantes orgânicos pode não atender as necessidades das plantas (BROCH; RANNO, 2020).

Esterco bovino como fertilizante orgânico

No Brasil, a partir da década de 80, houve aumento expressivo na quantidade de bovinos em confinamento, acarretando na maior disponibilidade de dejetos. Apesar do aproveitamento dos nutrientes presentes nos alimentos pelos bovinos, os dejetos representam forma importante de reciclagem de nutrientes no sistema, em especial dos macronutrientes (CHANG; JANZEN, 1996).

Os esterco são dejetos sólidos ou líquidos de animais domésticos cuja composição química depende do tipo de animal que o originou e do manejo do resíduo (PANDOLFO, 2018).

A variação na produção de esterco e a sua composição apresentam relações estreitas com a raça, a idade do animal e a alimentação, sendo que a dieta baseada em alimentos mais concentrados resulta em menor produção de esterco, enquanto que o fornecimento de alimentos mais volumosos propicia maior produção desse insumo (SANTOS, 2016). Ressalta-se que a quantidade de esterco utilizado para a fertilização é baseada nos bovinos mantidos em confinamento, desconsiderando a produção de esterco bovino nos sistemas extensivos (SANTOS, 2016).

Segundo Pandolfo (2018), na legislação brasileira, os fertilizantes orgânicos são classificados em três categorias: fertilizantes orgânicos simples, composto e fertilizante organo-mineral, estando os esterco animais dentro dos fertilizantes orgânicos simples.

O esterco bovino fresco é rico em bactérias que vivem no trato digestivo animal e logo no início da fermentação, observa-se uma multiplicação destas, o que torna o esterco um ótimo meio de cultura para os microrganismos aumentando a quantidade de bactérias do local onde o esterco for adicionado. Sendo assim, o esterco pode ser um bom inoculante para a aceleração da compostagem (KURIHARA et al., 2016).

O esterco bovino possui valor como corretivo do solo e como nutriente para as plantas. Dessa maneira, culturas adubadas com esterco normalmente apresentam plantas com nutrição mais equilibrada e com melhor desenvolvimento, a longo prazo, do que aquelas adubadas somente com fertilizantes minerais. O adubo orgânico aumenta os estoques de carbono orgânico e nitrogênio total no solo, em relação aos sistemas de produção com adubação mineral ou mesmo sem adubação (FREITAS et. al, 2012).

Além das vantagens nos atributos químicos, a incorporação desse adubo orgânico no solo influencia nas propriedades físicas do solo, reduzindo a densidade aparente, formando agregados, melhorando a aeração e a capacidade de armazenamento de água (FREITAS et. al., 2012).

Segundo Costa (2012), os dejetos bovinos possuem um efeito sobre o poder tampão do solo ao manter o pH quando há mudanças bruscas no meio, além de favorecer a troca catiônica, complexar e solubilizar alguns metais tóxicos

as plantas e ter influência na temperatura do solo. Outros efeitos, também especificados por ele, são o de favorecer o enraizamento, por diminuir os efeitos tóxicos do alumínio e aumentar a atividade microbiana do solo.

A dificuldade no uso do esterco bovino existe porque a taxa de mineralização depende da decomposição, composição e do tratamento aplicado ao resíduo e também está associada às condições edafoclimáticas como temperatura, precipitação e textura do solo. A combinação de todas estas variáveis torna difícil estimar a quantidade de N que será fornecida em dado intervalo de tempo para a cultura, assim como prever em quanto tempo a mineralização estará completa (BAYER; MIELNICZUK, 2008).

Esse adubo possui composição química muito variável, em função principalmente da alimentação e da água empregada no manejo do animal. Os dejetos apresentam, simultaneamente, vários nutrientes que se encontram em quantidades desproporcionais em relação às necessárias para as plantas (COSTA, 2012).

Cada tipo de solo, em condições ambientais específicas, apresentam uma capacidade de suporte à adubação orgânica, de forma que a saturação dessa capacidade, possivelmente, resultará em contaminação das águas (BAYER; MIELNICZUK, 2008).

Em algumas situações, o processo de decomposição da matéria orgânica no solo pode inibir o crescimento das plantas devido à alta relação C/N dos materiais, o que requererá a imobilização do N do solo, causando redução de sua disponibilidade para as plantas, sendo necessário o ajuste dessa relação através da adubação nitrogenada (MIYASAK et al., 1997).

Segundo Silva (2018), alguns compostos orgânicos presentes nesses fertilizantes podem ser prejudiciais às plantas. Um exemplo é o ácido bihidroxílico – esteárico, que é tóxico para os vegetais. Entretanto, pode acontecer que tais compostos sejam apenas produtos de condições desfavoráveis presentes no solo e, quando tais condições são corrigidas, desaparecem seus efeitos tóxicos.

Além disso, o alto volume necessário e o preço dificulta seu transporte a locais distantes. Embora a adição de adubos orgânicos ao solo promova diversos

benefícios, seu uso ainda é pouco difundido pelos grandes agricultores brasileiros, uma vez que os ganhos econômicos e ambientais promovidos pelo uso dessas fontes são difíceis de mensurar (SILVA, 2018).

MATERIAL E MÉTODOS

Localização do experimento

O experimento foi instalado na área produtiva do Sítio Grotinha, no município de Pirassununga - SP, entre as coordenadas 21°96'18,66" latitude sul e 47°26'80,41" de longitude oeste e altitude média de 627 m. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico, de textura muito argilosa (SETZER, 1941).

Histórico da área

O estudo foi conduzido na safra 2021/2022, em sistema de plantio direto, com a cultura da soja sobre a palhada de milho. O experimento foi executado durante a safra de verão, com temperaturas altas e elevado índice pluviométrico (Figura 1).

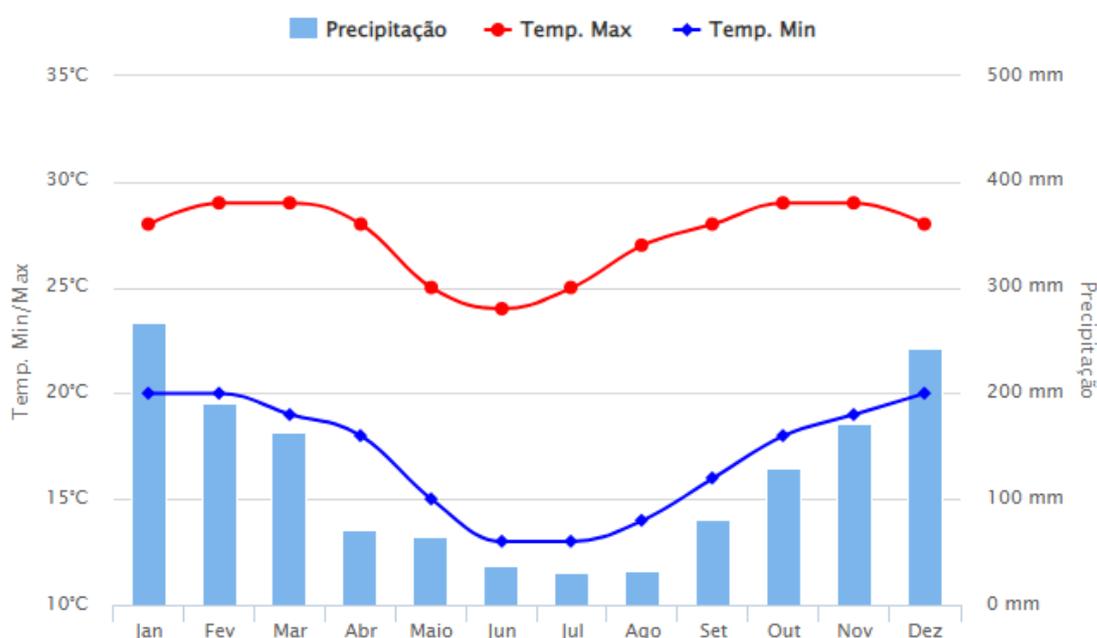


Figura 1. Precipitação e temperatura média no campo experimental (2021).

Fonte: INMET - Instituto Nacional de Meteorologia.

O histórico da área se inicia em 2010, com o cultivo de cana-de-açúcar até o início da safra de inverno de 2016. Posteriormente, durante a segunda safra vem se cultivando milho e na safra de verão, realiza-se o plantio de soja. Durante

esse período todo o manejo foi realizado por meio do uso de insumos químicos, seguindo procedimentos específicos da agricultura convencional. Em 2021, antes da instalação do experimento, foram retiradas amostras de solo, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, sendo encaminhadas para análise química, cujos resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química inicial do solo da área em que o experimento foi instalado.

P Resina	M.O.	Ph	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
mg/dm ³	g/dm ³	Ca Cl ₂			mmolc/dm ³				%
56	26	5,2	4,3	26	10	32	40,3	72,3	56

Devido ao V% (Tabela 1) ser bem próximo ao V% exigido pela soja (60%), a quantidade de calcário para correção do solo era baixa e, portanto, a calagem não foi realizada.

O plantio ocorreu no dia 13 de outubro de 2021, utilizando a cultivar Brevant AS 3707 i2x de ciclo médio e indeterminado, devido a área ser produção comercial e a necessidade de se colher o material no verão, com a finalidade de se plantar para a segunda safra, aproveitando as chuvas dessa época.

Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi desenvolvido utilizando o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com dez repetições. A escolha do DIC se deu pelo fato da área seguir um padrão de homogeneidade, indicando não haver a necessidade de instalação em blocos. Os tratamentos de esterco bovino (sólido) foram escolhidos conforme os mais utilizados atualmente dentro de sistemas de produção orgânicos. O esterco bovino foi adquirido na própria propriedade, tendo sua análise química previamente realizada (Tabela 2). Feito isso, determinou-se três tratamentos de dosagem do fertilizante orgânico seco (2,5 t/ha, 5 t/ha, 10 t/ha), conforme as literaturas de Altarugio et al. (2017) e Onyenali et al. (2020), que exemplificam as dosagens mais utilizadas pelos produtores orgânicos. Um tratamento adicional foi utilizado como testemunha, com base na adubação mineral com o uso de 500 kg/ha do formulado NPK 02-29-09, obtido com base

na recomendação para a cultura da soja no Boletim Técnico 100 (LORENZI et al., 1997). As quantidades de N, P₂O₅ e K₂O fornecidas por cada tratamento também são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 2. Análise química do esterco bovino.

Determinação	%
N total	1,15
P ₂ O ₅ total	1,23
K ₂ O	0,82
Ca	1,81
Mg	0,84
S	0,18
Fe	0,105
Mn	0,0023
Zn	0,0076
Cu	0,021

Tabela 3. Descrição dos tratamentos avaliados no experimento e respectivas quantidades de N, P₂O₅ e K₂O fornecidas.

Descrição do tratamento	Doses ton.ha ⁻¹	N total	P ₂ O ₅	K ₂ O
		----- kg.ha ⁻¹ -----		
Esterco Bovino	2,5	20,125	21,525	14,35
	5	40,25	43,05	28,70
	10	80,50	86,10	57,40
Adução Mineral	0,5	45	145	45

As parcelas experimentais foram compostas de 10 linhas de 10 m de comprimento, espaçadas em 45 cm, totalizando 40,5 m². A área útil colhida foi formada pelas seis linhas centrais, descartando-se as duas linhas das extremidades, totalizando 22,5 m².

Aplicação dos tratamentos

Para os tratamentos com esterco bovino, foram aplicados uma semana antes da semeadura, para facilitar o trabalho no dia do plantio, em superfície com incorporação. Para a testemunha, a adubação foi realizada com adubo mineral no sulco de semeadura e realizado a adubação de cobertura 30 dias após a

semeadura de acordo com as recomendações para a cultura descritas no Boletim Técnico 100 (LORENZI et al., 1997).

Tratos culturais

O controle fitossanitário foi realizado em todos os tratamentos com aplicações de herbicida: glifosato 648 g/L (803 g/ha de i.a.) nos estádios V3 e V6; de inseticidas: triflumurom 480 g/L (24 g/ha de i.a.) nos estádios V3, V6, R1 e R3; metomil 215 g/L (430 g/ha de i.a.) nos estádios V3, V6, R1, R3 e R6; flubendiamida 480 g/L (70 g/ha de i.a.) nos estádios V8, R3 e R6; imidacloprido 100 g/L + beta-ciflutrina 12,5 g/L (56,25 g/ha de i.a. + 112,5 g/ha de i.a.) nos estádios V6, R1, R3 e R6; acefato 750 g/L (705 g/ha de i.a.) nos estádios V6, R1, R3, R6 e R7.

Os fungicidas utilizados foram: trifloxistrobina 375 g/L + ciproconazol 160 g/L (75g/ha de i.a. + 32 g/ha de i.a.) nos estádios V3, R6 e R7; trifloxistrobina 150 g/L + proticonazol 175 g/L (70 g/ha de i.a. + 60 g/ha de i.a.) nos estádios V6 e R1. A descrição dos estádios fenológicos foi realizada segundo classificação proposta por Fehr (1977) (Tabela 4).

Tabela 4. Descrição dos estádios reprodutivos de soja. Fonte: Fehr e Caviness (1977).

Estádio	Denominação	Descrição
VE	Emergência	Cotilédone acima da superfície do solo
VC	Cotilédone	Cotilédones completamente abertos
V1	1º nó	Folhas unifolioladas completamente desenvolvidas
V2	2º nó	Primeira folha trifoliolada completamente desenvolvida
V3	3º nó	Segunda folha trifoliolada completamente desenvolvida
V4	4º nó	Terceira folha trifoliolada completamente desenvolvida
V5	5º nó	Quarta folha trifoliolada completamente desenvolvida
V6	6º nó	Quinta folha trifoliolada completamente desenvolvida
V...
Vn	Enésimo nó	Ante-enésima folha trifoliolada completamente desenvolvida
R1	Início do florescimento	Uma flor aberta em qualquer nó da haste principal
R2	Florescimento pleno	Uma flor aberta nos dois últimos nós da haste principal com folha completamente desenvolvidas
R3	Início da formação de vagem	Vagem com 5 mm de comprimento num dos 4 últimos nós da haste principal com folha completamente desenvolvidas
R4	Vagem completamente formada	Vagem com 2 cm de comprimento num dos 4 últimos nós da haste principal com folha completamente desenvolvidas
R5	Início do enchimento de grão	Grãos com 3 mm de comprimento em vagem num dos 4 últimos nós da haste principal com folha completamente desenvolvidas
R6	Grão verde ou vagem cheia	Uma vagem contendo grãos verdes preenchendo as cavidades da vagem de um dos 4 últimos nós da haste principal com folha completamente desenvolvidas
R7	Início da maturação	Uma vagem normal da haste principal com colocação de madura
R8	Maturação plena	95% das vagens com coloração de madura

Avaliações

Determinação dos estádios fenológicos

Realizou-se periodicamente avaliações de crescimento, florescimento e frutificação para determinar o estágio fenológico de cada planta de acordo com a escala fenológica adotada por Fehr e Caviness (1977) (Tabela 4). Considerou-se a mudança de estágio fenológico de uma parcela quando, pelo menos, 50% das plantas estiveram num determinado estágio, contando-se os dias após a semeadura.

Altura das plantas

Essa variável foi estabelecida utilizando régua graduada em centímetros, medindo desde a base da planta (colo) até o topo da parte apical (nó superior).

Os dados foram coletados em decorrência do tempo, sendo realizada em três momentos durante a fase vegetativa (V3) e em dois momentos durante a reprodutiva (R2 e R7). Determinou-se a altura de 10 plantas ao acaso para cada parcela.

Número de vagens/planta e sementes/vagem

No momento da colheita, quando as plantas estavam em estágio R9, foram selecionadas 10 plantas ao acaso por parcela. Avaliou-se o número de vagens por planta e, posteriormente, determinou-se a média do número de sementes por planta, o qual também auxilia na estimativa da produtividade.

Produtividade de grãos e número de nódulos

A colheita foi realizada manualmente e para determinar a produtividade, foi considerada a área útil de cada parcela. Ao se retirar a planta, juntamente com uma área de solo de 20x20x30 cm, contou-se manualmente, o número de nódulos nas raízes dos vegetais e os soltos naquela porção de solo. Os grãos colhidos foram encaminhados ao laboratório, para beneficiamento, pesagem e determinação do teor de água. Posteriormente, calculou-se a produtividade (kg/ha), utilizando o peso de mil grão, a quantidade de vagens/grãos por planta e a quantidade de planta em um hectare (267.000 planta.ha⁻¹) corrigida a 13 % de umidade.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). As variáveis número de vagens/planta, sementes/planta, variação do estágio fenológico em dias após a semeadura e produtividade foi avaliado pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. As alturas das plantas foram comparadas por meio de curvas de regressão em decorrência do tempo. As análises estatísticas foram realizadas, utilizando-se o software R Versão 4.1.0 beta.

RESULTADOS E DICUSSÕES

Determinação dos estádios fenológicos

Apesar do desenvolvimento da soja estar intimamente ligado a genética da cultivar, as condições climáticas e de nutrição podem interferir no ciclo fenológico da planta (CARVALHO, 2010). O desenvolvimento vegetal é determinado pela quantidade de massa de matéria seca acumulada na planta proveniente da fotossíntese (CRUSCIOL, 2013).

Com base no acúmulo de massa de matéria seca e na formação de diferentes tecidos vegetais, se caracterizam os diferentes estádios de desenvolvimento da planta de soja para descrever os vários períodos que a lavoura atravessa durante seu ciclo. Essa caracterização definiu os estádios fenológicos da soja (Tabela 4) (FEHR e CAVINESSE, 1977).

A fim de verificar se o efeito da adubação atrasaria ou anteciparia o desenvolvimento da cultura, realizou-se a contagem em dias após a semeadura, até que 50% das plantas terem atingido o mesmo estágio fenológico (Tabela 5).

Tabela 5. Determinação do estágio fenológico em dias após a semeadura de plantas de soja submetidas a diferentes tratamentos de adubação.

Tratamentos	Estádio fenológico	Dias
Mineral	Plantio – VE	5
	VE – R1	58
	R1 – R6	48
	R6 – R8	36
2,5 ton.ha ⁻¹	Plantio – VE	5
	VE – R1	58
	R1 – R6	48
	R6 – R8	36
5 ton.ha ⁻¹	Plantio – VE	5
	VE – R1	58
	R1 – R6	48
	R6 – R8	36
10 ton.ha ⁻¹	Plantio – VE	5
	VE – R1	58
	R1 – R6	48
	R6 – R8	36

Do plantio a emergência, todos os tratamentos levaram cinco dias para concluir esse ciclo, mostrando que a adubação não interferiu nesta etapa. Alves (2015) e Nakagawa et al. (2016), evidenciaram que a adição de adubos orgânicos proporcionou uma germinação antecipada em cerca de um dia quando comparado aos tratamentos sem adubação orgânica. Esse fato provavelmente ocorreu devido os efeitos positivos do esterco bovino nas propriedades físicas do solo, aumentando a quantidade de microporos, elevando a umidade, tornando o ambiente mais propício para germinação das sementes (AGNE e KLEIN, 2014).

A fase entre a emergência e o início do florescimento levou 58 dias para todos os tratamentos, a fase mais longa em relação as demais.

Segundo Bergamasch (2007) florescimento da soja depende da quantidade de luz disponível para a planta durante o dia, ou seja, o fotoperíodo. A soja é uma planta de dia curto e floresce em fotoperíodo menores do que o seu fotoperíodo crítico. Conforme descrito por Setiyono (2017) para a soja, o fotoperíodo crítico, é aquele período em que a planta recebe mais de 10 horas de luz por dia, não florescendo e tendo a máxima duração do ciclo de desenvolvimento.

A soja apresenta alta sensibilidade ao fotoperíodo, a diminuição do mesmo tem como consequência a redução do período entre a emergência das plântulas e a floração da cultura, resultando na alteração do ciclo de desenvolvimento da cultura, independente da nutrição (KUNZ, 2014). Devido todos os tratamentos estarem em uma mesma condição de luminosidade, já se esperava que que o início deste estágio fenológico ocorresse em um mesmo momento para todos os tratamentos (SETIYONO, 2017).

Um ponto importante dessa fase, é que em R1, as plantas aumentam incisivamente as taxas de crescimento vertical da raiz, ocorre a proliferação de raízes secundárias e pelos radiculares, aumentando a absorção de nutrientes (PROCEDI, 2013).

Da abertura das primeiras flores até o enchimento completo dos grãos (ainda verdes), levaram quarenta e oito dias, período igual em todos os tratamentos. Essa fase é importante, pois o crescimento radicular é interrompido

e as plantas começam a entrar em senescência, iniciando pelas folhas dos nós inferiores (NEUMAIER et al., 2000).

Esses dados são interessantes pois, independentemente do tratamento, as plantas se desenvolveram de maneira idêntica, permitindo que os produtores realizem o manejo cultural, no mesmo período em que se realiza para o manejo convencional.

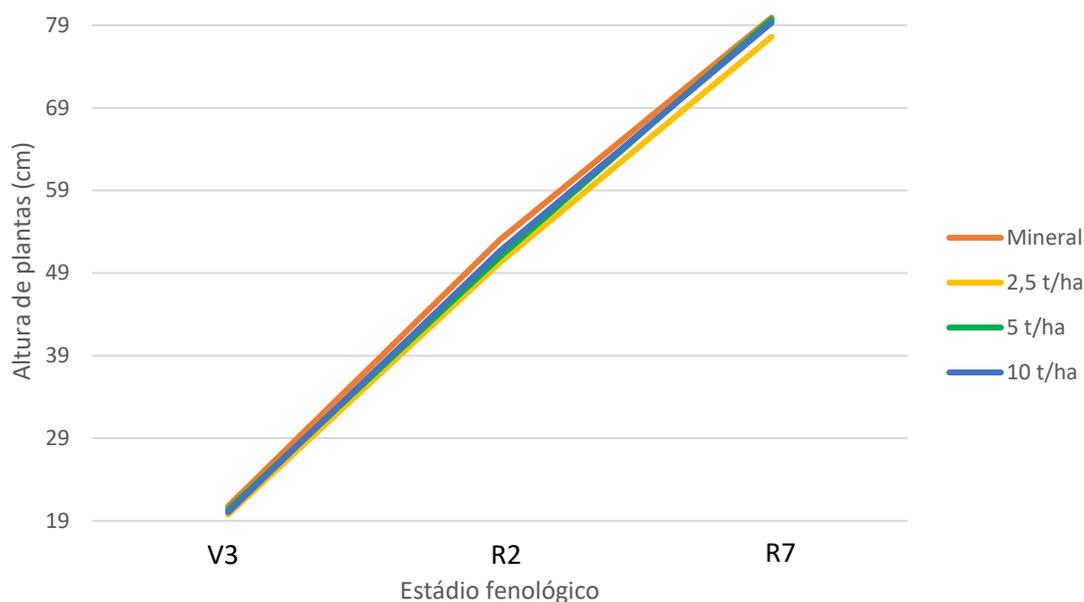
Para confirmar esse fato, o tempo de R6, até a colheita, também foi o mesmo, mostrando que a aplicação do adubo orgânico não atrasou fenologia da cultura.

Avaliações de desenvolvimento e desempenho de plantas

Realizando a análise de regressão para a altura de planta (Figura 2), constatou-se que não houve efeito dos diferentes tratamentos testados.

De acordo com Mariano (2017), a altura da planta é um parâmetro importante devido a sua relação com a produção, já que seu crescimento depende da alongação do caule e isso é influenciado por fatores como temperatura, umidade do solo, fertilidade do solo, época de semeadura e a densidade de plantas. Como a cultivar possui crescimento indeterminado, o alongamento permite a presença de um maior número de axilas, essas que responsáveis pela origem das vagens.

Os nutrientes disponibilizados via adubação são muito importantes para a planta manifestar seu máximo potencial genético, apresentando melhor crescimento e desenvolvimento.



Mineral	$y = 29,59x - 7,9467$	$R^2 = 0,9973$
2,5 t/há	$y = 28,93x - 8,6464$	$R^2 = 0,9990$
5 t/há	$y = 29,685x - 9,04$	$R^2 = 0,99977$
10 t/há	$y = 29,64x - 8,94$	$R^2 = 0,998$

Figura 2. Análise de regressão do crescimento de plantas de soja em função de fontes de adubação de esterco bovino sob diferentes dosagens em comparação à adubação mineral.

Segundo Ribeiro et al. (2017), a ausência de nutrientes no solo pode reduzir a altura de plantas, com formação de vagens muito próximas ao solo, o que prejudica a colheita mecanizada. As plantas com alturas entre 60 e 120 cm são consideradas adequadas para esse processo (RIBEIRO et al., 2017).

De acordo com XU et al. (2020), a maior disponibilidade de P e N, para plantas de soja, normalmente, promove maior crescimento e formação de novas partes vegetativas, o que também ocasiona maior produção de vagens por planta. Apesar dos adubos orgânicos apresentarem menores teores e maiores volumes aplicados, esses nutrientes só serão completamente liberados a partir do terceiro ano. Entretanto, existe a liberação nos primeiros dois anos (XU et al.,

2020). Dessa maneira, apesar da altura das plantas ser semelhante entre os tratamentos no primeiro ano de aplicação, a adubação orgânica apresenta ótimo potencial a longo prazo.

Em relação ao número de vagens por planta e número de grãos por vagem, não foi observado efeito entre os diferentes tratamentos de adubação (Tabela 6).

Tabela 6. Média do número de vagens/planta (NVP), número de grãos/vagem (NGV), número de nódulos por planta (NNP), massa de mil grãos (PMG) e produtividade (P) em função de fontes de adubação de esterco bovino em comparação à adubação mineral.

Tratamentos	NVP	NGV	NNP	MMG (g)	P (Kg.ha ⁻¹)
Mineral	30,1 a	2,9 a	25,4 c	182,36 a	4.254 a
2,5 ton/ha	29,3 a	2,6 a	26,1 bc	176,53 c	4.167 c
5 ton/ha	29,5 a	2,7 a	27,4 ab	178,74 bc	4.189 bc
10 ton/ha	29,5 a	2,9 a	28,5 a	180,62 b	4.208 b
CV(%)	2,39	15,07	4,31	2,71	3,37

*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Esse resultado indica que o fertilizante bovino teve efeito similar ao mineral para essas variáveis. Resultados semelhantes foram observados por Onyenali et al. (2020), que também analisaram o número de vagens por planta em cultivo de soja com adubação orgânica proveniente de resíduos animais.

O fornecimento de doses adequadas de P (40 a 80 kg ha⁻¹ de P₂O) para todos os tratamentos, desde o início do desenvolvimento vegetal, estimulou o crescimento radicular, que é importante para a formação dos primórdios das partes reprodutivas, além de ser essencial para a boa formação de vagens e incremento da produção da cultura (ONYENALI et al.,2020).

Na produção de soja, a deficiência de nutrientes, especialmente fósforo, reduz o potencial de rendimento pela menor produção de flores e vagens, bem como menor produção de grãos (ZUCARELI et al., 2006). Evidentemente, as plantas responderam aos nutrientes presentes no esterco e de maneira similar, assimilaram os nutrientes advindos da adubação mineral, o que estimulou a formação de vagens de maneira semelhante.

Devido ao solo ser um Latossolo Vermelho Distroférico e ao histórico de cultivos subsequentes, a solo da área experimental possui alta fertilidade, principalmente em fósforo (Tabela 1). Essa pode ter sido uma das razões da boa resposta observada para todos os tratamentos em relação a essas variáveis.

Quanto ao número de grãos por vagem tem-se que essa variável tem influência genética, sendo que a maioria das cultivares de soja são selecionadas para formar três óvulos por vagem. Porém, ela pode ser influenciada por fatores extrínsecos, tais como nutrição, não para aumentar sua quantidade, mas sim para reduzir o número de sementes por vagem em condição de deficiência nutricional.

Altarugio et al. (2017) destacaram o K, Ca e Mg como sendo nutrientes importantes para a formação dos grãos. O potássio é responsável pela translocação de carboidratos para os grãos, além de participar do controle da atividade estomática, sem esse nutriente o grão pode não se formar totalmente. Já o cálcio, juntamente com o boro, quando não presentes, ocasionam a má formação dos grãos. O magnésio, não participa de forma direta, porém, faz parte da composição da molécula da clorofila, que é um pigmento indispensável para a realização da fotossíntese. Como na fase de enchimento de grãos ocorre a maior atividade fotossintética, esse nutriente garante toda a energia necessária para o sucesso do estágio R5.

Como já é esperado, a média do tratamento mineral, ficou muito próximo a três, já que a sua formulação e concentração são calculados para garantir todo potencial genético da planta. Porém, os tratamentos com adubos orgânicos, independente da sua dosagem, também alcançaram esse desempenho, mostrando a sua efetividade.

Em relação a massa de mil grãos, o número de grãos formados por vagem tem fundamental importância. A sua formação se inicia em R1, finalizando seu enchimento em R5. Nessa última fase, ocorre o rápido acúmulo de massa de matéria seca e nutrientes nos grãos, que são translocados das folhas, ramos e caule. Portanto, a falta de nutrientes em fases anteriores pode interferir na quantidade de grãos dentro da vagem (ALTARUGIO et al., 2017).

Um importante aspecto que deve ser considerado na cultura da soja, é a nodulação e consequente fixação biológica de nitrogênio (FBN). As bactérias do gênero *Bradyrhizobium* se associam de forma simbiótica com as raízes das plantas, formando os nódulos (Figura 3). Essa interação é mediada por compostos liberados no início do processo germinativo da soja e, posteriormente, feito pelas raízes, que são colonizadas pelas bactérias e por meio de um complexo enzimático são capazes de transformar o nitrogênio atmosférico em uma forma assimilável pelas plantas (DEVI et al., 2013).



Figura 3. Nódulos na raiz da soja.

Essas bactérias podem ser inoculadas antes do plantio, ou se o

ambiente for favorável, estarão presentes no solo. Uma característica que o esterco se diferencia do mineral, é a capacidade de agregar matéria orgânica e aerar o solo, permitindo melhor desenvolvimento dessas bactérias (RAGAGNIN et al., 2013).

Esse aumento da população permite uma maior nodulação, que por sua vez, eleva a FBN. Isso resulta em benefícios econômico para o produtor e benefício ambiental, principalmente por diminuir ou dispensar o uso de fertilizantes nitrogenados na cultura (DEVI et al., 2013).

Os estudos de Ragagnin et al. (2013) e Devi et al, (2013), mostram que a formação de nódulos na raiz da soja está intimamente ligada a quantidade de matéria orgânica no solo, ou seja, os tratamentos que receberam adubos orgânicos, tem uma taxa de nódulos maior que àqueles com adubação mineral.

A quantidade de nódulos/planta foi superior nos tratamentos que receberam as fontes orgânicas com concentração de 10 e 5 ton/ha (Tabela 6). Portanto, ambientes com altas doses desse fertilizante de esterco bovino proporcionam um ambiente melhor para o desenvolvimento dessas bactérias.

Segundo Oliveira e Andrade (2014), que compararam o número de nódulos e a produtividade em plantios subsequentes com adubação orgânica, mostra que a cada ciclo, há um aumento na quantidade nódulos/planta atingindo seu máximo após o quarto ano. Esse aumento ocorre porque ao longo dos cultivos, as bactérias, terão um ambiente com mais detritos orgânicos, mais umidade retida facilitando seu crescimento e desenvolvimento.

A aplicação de esterco bovino reduziu produção de grãos, independentemente da dosagem, quando comparado com a adubação mineral (Tabela 6). A maior média foi proporcionada pela adubação mineral, atingindo uma produtividade média estimada de 4.354 kg.ha⁻¹.

O trabalho de Magalhães (2017) mostra que a produtividade em sistemas orgânicos tende a atingir máxima eficiência a partir do quarto ano de cultivo. Isso ocorre devido ao processo de absorção dos nutrientes depender da decomposição e mineralização da matéria orgânica. Assim, a

adubação orgânica é uma fonte de nutrientes lenta, porém duradoura. Além disso, no longo prazo, propicia o aumento do carbono orgânico, da porosidade total, da macro e microporosidade. Os índices de agregados do solo em água tendem a se estabilizar e ocorre a redução da densidade do solo e da resistência do solo à penetração.

Silva (2018) e Stark e Porte (2005) observaram resultados semelhantes a produtividade. Esses estudos ressaltam que, em função da baixa relação C/N do esterco, havia expectativa de maior produtividade de grãos nesses tratamentos, haja vista que foram obtidos os maiores acúmulos de nitrogênio devido ao número de nódulos ser maior.

A partir disso, a diferença entre o tratamento mineral e com 10 ton/ha, pode ser explicada pela alta quantidade de P e K prontamente disponível presente no fertilizante mineral. Os incrementos na produtividade de grãos em função das doses de esterco bovino estão particularmente associados, como já comentado, ao aumento do fornecimento desses micronutrientes.

CONCLUSÕES

O uso de adubos orgânico, à base de esterco bovino, no cultivo de soja, resultou em maiores números de nódulos, porém teve uma menor produtividade, quando comparado ao manejo com fertilizante mineral. A mudança dos estádios fenológicos, altura das plantas, número de vagem/planta e sementes/vagem foram equivalentes entre os diferentes tratamentos, demonstrando que tanto o esterco bovino e o formulado mineral, são eficazes em fornecer nutrientes para a cultura da soja. O esterco bovino, quando realizada em diversos ciclos produtivos poderá promover aumento da produtividade a níveis semelhantes aos observados pelo uso do fertilizante mineral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGNE, S. A. E KLEIN, V.A. Matéria orgânica e atributos físicos de um Latossolo Vermelho após aplicações de dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental Campina Grande**, PB, v.18, n.7, p.720–726, 2014.
- ALMEIDA, J. Produção de soja em função da aplicação de biofertilizantes líquidos. 2015. **TCC (Graduação) - Curso de Ciências Agrárias**, Departamento de Agrárias e Exatas, Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha, 2015.
- ALTARUGIO, L. M.; LOMAN, M. H.; LUZ, P. H. de C. e OTTO, R. Yield performance of soybean and corn subjected to magnesium foliar spray. **Embrapa Secretaria de Pesquisa e Desenvolvimento, Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2017.
- ALTMANN, N. Adubação de sistemas integrados de produção em plantio direto: resultados práticos no Cerrado. **Informações Agrônomicas**, n.140, p.1-8, 2012.
- ALVES, A. U. Rendimento e qualidade fisiológica de sementes de coentro cultivado com adubação orgânica e mineral. **Rev. bras. sementes** **27**, 2015.
- ARAÚJO, E.S. Estimativa da quantidade de N acumulada pelo sistema radicular da soja e sua importância para o balanço de N do solo 2004. 101p. **Dissertação (Mestrado)** - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2014.
- ARAÚJO, S. Deficiências e Toxicidades de Nutrientes em Plantas de soja. **Agropecuária Brasileira**, v.41, p.449-456, 2018.
- BAYER C, MIELNICZUK J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS GA, SILVA LS, CANELLAS LP, CAMARGO FAO (Ed.) Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. **Porto Alegre: Metrópole**, p. 7-18, 2008.
- BERGAMASCH, H. FOTOPERIODISMO. Universidade Federal do Rio

- Grande do Sul . 2007.
- BROCH, D.L.; RANNO, S. K. Fertilidade do solo, Adubação e Nutrição da Cultura da Soja. In: Fundação MS, **Tecnologia de Produção: Soja 2019/2020**. Maracaju: Fundação MS, 2020.
- CARVALHO, E. R. Fertilizante mineral e resíduo orgânico sobre características agrônômicas da soja e nutrientes do solo. Lavras: **UFLA**, 2010.
- CHANGE, C.; JANZEN, H. H. Long-term fate of nitrogen from anual feedlot manure applications. **Journal of Environmental Quality**, v. 25, p. 785-790, 1996.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: Safra 2020/21, décimo oitavo levantamento, jan. 2021. Brasília: **Conab**, 2021.
- COSTA. D. B. Avaliação de desenvolvimento da soja em duas épocas diferentes em relação à doses de esterco e substrato. **UESPI**, 2012.
- CRUSCIOL, A. C. Efeito da adubação sobre a qualidade fisiológica, produtividade e característica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 25, n. 1, p. 108-115, 2013.
- DEVI. K. N.; SINGH, T. B.; ATHOKPAM, H. S.; SINGH, N. B.; SAMURAILATPAM, D. Influence of inorganic, biological and organic manures on nodulation and yield of 30 soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) and soil properties. **Australian Journal of Crop Science**, v.7, p.1407-1415, 2013.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema de produção 11: Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil. Londrina: **EMBRAPA SOJA**, 2016.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Soja em números (safra 2020/21), Londrina: **EMBRAPA SOJA**, 2021.
- FEHR, W. R e CAVINESS, C.E. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. **Crop Science**, Madson, v. 11, n. 6, p. 929-931, 1977.
- FREITAS, M. S. C.; ARAÚJO, C. A. S.; SILVA, D. J. Decomposição e

- liberação de nutrientes de esterco em função da profundidade e do tempo de incorporação. **Revista Semiárido de Visu**, Petrolina, v. 2, n. 1, p.150-161, 2012.
- FUNDO MONETÁRIO INTERNACIONAL – FMI. Soy bean for Growth -- Finance & Development, January 2022. Disponível em: <<https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2022/01/seymour.htm>>. Acesso em: 10 de março de 2022.
- GAZZONI, D. L. A soja no Brasil é movida por inovações tecnológicas. **Embrapa: Cienc. Cult.** vol.70 no.3, São Paulo, 2018.
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. A importância do processo de fixação biológica de nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: **Embrapa Soja**, 2007. 80 p.
- IGREJA, A.C.M.; PACKER, M.F.; ROCHA, M.B. A evolução da soja no estado de São Paulo e seu impacto na composição agrícola. São Paulo: **Instituto de Economia Agrícola**, 2016.
- IKEOGU, U. N., NWOPIA G. E. Yield parameters and stability of soybean [Glycine 31 max. (L.) Merrill] as influenced by phosphorus fertilizer rates in two ultisols. **Journal of Plant Breeding and Crop Science**, v. 5, p. 54-63, 2013.
- INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA – IEA. Evolução da Produção de Grãos no Estado de São Paulo entre 2010 e 2019. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 14, n. 4, p. 1-5, 2019.
- KUNZ, J. Simulação do efeito da temperatura e do fotoperíodo na fenologia da cultura da soja. **II INOVAGRI International Meeting**, 2014.
- KURIHARA, C. H.; STAUT, L. A.; MAEDA, S. Faixas de suficiência de nutrientes em folhas de soja, em Mato Grosso do Sul, definidas pelo uso do método DRIS de diagnose do estado nutricional. In: **Reunião de pesquisa de soja da região central do Brasil**, 2016.
- LAZZAROTTO, J. J.; HIRAKURI, M. H. Evolução e perspectivas de desempenho econômico associadas com a produção de soja nos contextos mundial brasileiro. Londrina: **Embrapa Soja**, 2019.

- LEITE, L. F. C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre latossolo amarelo no cerrado maranhense. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 1, p. 29-35, 2015.
- LORENZI, J. O.; MONTEIRO, P. A.; MIRANDA FILHO, H. S.; RAIJ, B. van. Raízes e tubérculos. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Eds.). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. Campinas: **Instituto Agrônomo de Campinas**, 1997. p. 221-229. (IAC. Boletim Técnico, 100).
- MAGALHÃES, L. Carbono orgânico e atributos físicos do solo após a aplicação de esterco bovino. **Dissertação (mestrado)** - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2017.
- MARIANO, S. C. Qualidade no desenvolvimento fisiológico da soja sob efeito da adubação química e orgânica. **Anais da XI SEAGRO – FAG**, Cascavel / PR, 2017;
- MIRAGAYA, J. C. G. Biofertilizantes: tendências no mundo e no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 7-13, 2018.
- MIYASAKA, S.; NAKAMURA, Y.; OKAMOTO, H. *Agricultura natural*. 2. ed. Cuiabá: **SEBRAE/MT**, 1997.
- NAKAGAWA, J.; CARVARIANI, C.; MACHADO, J.R. Efeito de doses de nitrogênio aplicadas na emergência da panícula sobre a produção e qualidade de sementes de aveia-preta. **Revista Brasileira de Sementes, Brasília**, v.18, n.2, p.160-166, 2016.
- NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. E OYA, T. *Estádios de desenvolvimento da cultura de soja*. Londrina: **Embrapa Soja**, 2000.
- OLIVEIRA, V.C. E ANDRADE, L. O. Efeito da adubação orgânica na formação de nódulos radiculares em cultivares de feijão macassar. **Revista ACSA**: v. 10, n. 2, p. 50-54, abri - 2014
- OLIVEIRA, A. M.; TORRES, F. E.; MENDONÇA, G. G.; CAPRISTO D. e LIMA, D. Cultivo de soja com baixo impacto ambiental (BIA). **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC-**

- 2018, Maceió-AL, 2018.
- ONYENALI, T.; OLOWE, V.; FABUNMI, T.; SORETIRE, A. Organic fertilizers improve the growth, seed quality and yield of newly released soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) varieties in the tropics. **Organic Agriculture**, v. 10, p. 155-170, 2020.
- PANDOLFO, C. M. Análise ambiental do uso de fontes de nutrientes associadas a sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n. 5, p.512-519, 2018.
- PROCEDI, A. Desenvolvimento da cultura da soja: início do florescimento (R1) x práticas de manejo. In: **Reunião de pesquisa de soja da região central do Brasil**, 2013.
- RAGAGNIN, V. A.; SENA JÚNIOR, D. G.; DIAS, D. S.; BRAGA, W. F.; NOGUEIRA, P. D. M. Growth and nodulation of soybean plants fertilized with poultry litter. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 37, p. 17-24, 2013.
- RIBEIRO, A. B. M.; BRUZI, A. T.; ZUFFO, A. M.; ZAMBIAZZI, E. V.; SOARES, I. O.; VILELA, N. J. D.; PEREIRA, J. L. A. R.; MOREIRA, A. G. Productive performance of soybean cultivars grown in different plant densities. **Ciência Rural**, v. 47, e20160928, 2017.
- SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 38, p. 576-586, 2008.
- SANTOS, T. M. B. Caracterização química, microbiológica e potencial de produção de biofertilizante a partir de esterco bovino. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - **Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias**, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2016.
- SETIYONO, T. D. Understanding and modeling the effect of temperature and daylength on soybean phenology under high-yield conditions. **Field Crops Research**, v. 100, p.257-271, 2017.
- SETZER, J. As características dos principais tipos de solos do estado de São Paulo. **Bragantia** 1, abr.1941.

- SILVA, M. S. Efeitos de esterco bovino em atributos químicos e físicos do solo, produtividade de milho e créditos de nitrogênio. **Tese (doutorado)** - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2018.
- STARK J.C. e PORTER G.A. Nitrogen value of poultry litter applications to roop crops and following cereal crops. **Journal of Agricultural Science**, 2005.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6.ed. Porto Alegre: **Artmed**, 2017.
- TRAUTMANN, R.R.; LANA, M. do C.; GUIMARÃES, V.F.; GONÇALVES JÚNIOR, A.C. e STEINER, F. 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**, vol. 38, n. 1, p. 240-251, 2014.
- VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja. In: Biologia dos solos dos cerrados Planaltina: Embrapa-CPAC, 1997. p.295-360. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 35, n. 2, p. 259-269, mar./abr., 2011
- VIEIRA, I. G. S. Crescimento e produção do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) BR-1 em função da aplicação diferenciada de biofertilizantes. 2011. **TCC (Graduação)** - Curso de Ciências Agrária, Departamento de Agrárias e Exatas, Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha, 2011.
- XU, F.; CHU, C.; XU, Z. Effects of different fertilizer formulas on the growth of loquat rootstocks and stem lignification. **Scientific Reports**, v. 10, p. 1033, 2020.
- ZUCARELI, C.; RAMOS JUNIOR, E.U.; BARREIRO, A.P.; NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. Adubação fosfatada, componentes de produção, produtividade e qualidade fisiológica em sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, p. 9-15, 2006.