

15º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2024

Adubos verdes incorporados ou mantidos à superfície do solo: efeitos do manejo após o corte, na recuperação de nitrogênio e produtividade do sorgo

Rayane Priscila Leal Leite¹, Aênio Douglas Santos Leal², Arejacy Antonio Sobral Silva³.

¹ Graduando em Engenharia de Biosistemas, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Campus Avaré, p.rayane@aluno.ifsp.edu.br.

² Graduando em Tecnologia em Agronegócio, Voluntário PIBIFSP, IFSP, Campus Avaré, d.leal@aluno.ifsp.edu.br.

³ Orientador, docente do IFSP, Campus Avaré, arejacy.silva@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 5.01.01.05-6 Fertilidade do Solo e Adubação.

RESUMO: Plantas de cobertura desempenham um papel crucial na melhoria da fertilidade do solo e no fornecimento de nutrientes para as culturas subsequentes. A *Crotalaria juncea* (CJ) é um adubo verde conhecido por sua capacidade de fornecer nitrogênio (N) para as culturas subsequentes, sendo assim, uma escolha promissora para aumentar a produtividade agrícola, no entanto, a forma em que a CJ é manejada após o corte, pode interferir na produtividade e recuperação de N da cultura subsequente. O objetivo do estudo foi avaliar a influência do manejo da CJ após o corte na disponibilidade de nitrogênio para a cultura do sorgo. O experimento foi conduzido em campo, comparando três tratamentos: pousio (POU), CJ deixada na superfície do solo (SUP) e CJ incorporada ao solo (INC). Avaliou-se a produtividade do sorgo, a porcentagem de N nas folhas do sorgo e a eficiência de uso de nitrogênio (EUN) em cada tratamento. A produtividade do sorgo não foi influenciada pelos tratamentos, assim como a EUN, mas houve diferença significativa para o teor de N nas folhas de sorgo, sendo 64% maior no tratamento INC e 24% maior no tratamento SUP em relação ao POU. Portanto, conclui-se que a presença da CJ aumentou a recuperação de N mas não influenciou a produtividade e EUN da cultura do sorgo, os resultados indicaram que os efeitos da CJ sobre a cultura do sorgo, foram independentes da forma que essa leguminosa foi manejada após o corte, ou seja, o tratamento SUP influenciou a produtividade e a EUN da cultura subsequente, de forma similar ao tratamento INC.

PALAVRAS-CHAVE: leguminosas; plantas de cobertura; EUN; nitrogênio; *Crotalaria juncea*.

Incorporated or surface-retained cover crops: effects of post-harvesting management, on nitrogen recovery, and sorghum productivity

ABSTRACT: Cover crops play a crucial role in improving soil fertility and providing nutrients for subsequent crops. *Crotalaria juncea* (CJ) is a cover crop known for its ability to supply nitrogen (N) to following crops, making it a promising choice for increasing agricultural productivity. However, the way CJ is handled after cutting can affect the productivity and nitrogen recovery of the subsequent crop. The objective of the study was to evaluate the influence of CJ management after cutting on nitrogen availability for sorghum cultivation. The field experiment compared three treatments: fallow (POU), CJ left on the soil surface (SUP), and CJ incorporated into the soil (INC). Sorghum yield, nitrogen content in sorghum leaves, and nitrogen use efficiency (EUN) were evaluated for each treatment. Sorghum yield and EUN were not influenced by the treatments, but there was a significant difference in nitrogen content in sorghum leaves, with a 64% increase in the INC treatment and a 24% increase in the SUP treatment compared to the POU. Therefore, it is concluded that the presence of CJ increased N recovery but did not influence the yield and EUN of sorghum. The results indicated that the effects of CJ on sorghum were independent of the management method after cutting, as the SUP treatment influenced sorghum yield and EUN similarly to the INC treatment.

KEYWORDS: legumes; cover crops; EUN; *Crotalaria juncea*.

INTRODUÇÃO

A adubação verde é uma prática que visa melhorar a qualidade do solo através da incorporação de plantas que adicionam matéria orgânica, reciclam nutrientes e aumentam a atividade microbiana no solo, a utilização de plantas de cobertura é uma estratégia viável, pois garante vários benefícios ao sistema de plantio (Derpsch et al., 2014; Tiecher, 2016), portanto, os resíduos vegetais podem ser aproveitados pelas culturas subsequentes, em quantidades variáveis, conforme alguns fatores: espécie de adubo verde utilizada, tempo de decomposição, temperatura do ambiente, umidade do solo, manejo e fertilidade do solo. Pode-se conceituar a adubação verde como a utilização de plantas em rotação, sucessão ou consorciação com as culturas, incorporando-as ao solo ou deixando-as na superfície, comprova-se, assim, que o uso de adubos verdes ou plantas de cobertura, é uma forma eficiente e eficaz de produção contínua em sistemas sustentáveis (Oscar et. al, 2023).

A decomposição do material vegetal adicionado ao solo é um processo biológico, que se encontra relacionada com diversos fatores como composição química dos resíduos vegetais, temperatura, umidade, pH e teor de nutrientes do solo. Vários estudos demonstram a eficiência dos adubos verdes, sobretudo de leguminosas, em aumentar a disponibilidade de nitrogênio para as culturas em sucessão (Miyasaka, 1984; Carvalho e Amabile, 2006), o que pode implicar a possibilidade de diminuição da quantidade de fertilizantes nitrogenados minerais a ser aplicada.

Desta forma, esse trabalho teve como propósito a investigação dos efeitos do manejo da leguminosa *Crotalaria juncea* (CJ) após seu corte, deixada na superfície e incorporada ao solo, em relação a extração, absorção ou recuperação de nitrogênio (N), considerado um dos componentes essenciais para o crescimento das plantas e a produtividade da cultura seguinte. A compreensão dessas variáveis é crucial para o desenvolvimento de práticas agrícolas que maximizem a eficiência no uso dos recursos e promovam a sustentabilidade dos sistemas de produção.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na área agrícola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, em Avaré.

O projeto teve início com a preparação da área experimental, em um solo submetido a análise química laboratorial, conforme apresentado na Tabela (1). As análises químicas do solo, foram realizadas seguindo metodologia proposta por (Camargo et al., 2009).

TABELA 1. Análise de solo da área experimental.

pH	M.O.	P _{resina}	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³	----- mmolc/dm ³ -----					
5,7	13	4	1,1	27	5	33	51	66

A área foi separada em 9 parcelas com 6 m² cada, os tratamentos avaliados, com três repetições, foram: pousio, sem o cultivo de CJ (POU), superfície, em que a CJ foi mantida à superfície do solo após o corte (SUP) e incorporada, em que a CJ foi levemente incorporada ao solo (INC). A CJ foi semeada, manualmente, em linhas. Após a emergência das plantas, foi realizado o desbaste para atingir a população final de 40 plantas por metro linear, com espaçamento de 0,3 m entre linhas.

O crescimento das plantas de CJ foi monitorado até o dia do corte, no início do estágio de florescimento. No dia do corte, em cada parcela foram demarcados dois locais com áreas de 0,25 m² para a colheita da biomassa aérea das plantas, que foram levadas ao laboratório para pesagem em uma balança eletrônica. Subamostras foram retiradas e colocadas em estufa de ventilação forçada a 55°C por aproximadamente 5 dias em sacos de papel, sendo então pesadas novamente para a determinação do peso seco. As plantas restantes na área experimental foram levadas de volta a suas respectivas parcelas e manejadas conforme os tratamentos especificados.

Na sequência as amostras foram trituradas com o auxílio de um moinho de facas e preparadas para a análise de nitrogênio. Foi utilizado o método de Kjeldahl de acordo com Alves 1994, portanto as amostras foram digeridas, destiladas e tituladas para determinar o teor de N conforme a Equação (1):

$$\%N = \frac{(V_{HCl} - V_{hcl\ branco}) * 0,1 * f(HCl) * 1,4007}{m} \quad (1)$$

Em que,

V_{HCl} – Volume de HCl gasto na titulação, em ml;

$V_{HCl\ branco}$ – Volume de HCl gasto na titulação com a amostra controle, em ml;

f_{HCl} – Fator de correção da solução de ácido sulfúrico;

m – Massa da amostra, em g.

A produtividade em matéria seca da CJ foi calculada, obtendo-se os valores médios de 0,55 $kgMS\ m^{-2}$ para o tratamento SUP e 0,72 $kgMS\ m^{-2}$ para o tratamento INC. Após a análise de N da CJ, os valores de teor de N para os tratamentos foram determinados a partir da Equação (1), obtendo-se também a produção total de N, com valores médios de 0,87 $kg\ m^{-2}$ para o tratamento SUP e 1,32 $kg\ m^{-2}$ para o tratamento INC.

Posteriormente ao corte da CJ, nos tratamentos SUP e INC e capina da vegetação espontânea em POU, foi realizado o plantio direto de sorgo granífero-MG2220 em todos os tratamentos, após o desbaste das plantas, buscando atingir o valor médio de 600 plantas por parcela. Imediatamente antes da semeadura, foi realizada a adubação de plantio, equivalente a 20 $kg\ ha^{-1}$ de N, 90 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 e 90 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O através da aplicação, respectivamente de ureia, termofosfato magnésiano e sulfato de potássio, idêntica para todos os tratamentos, a adubação foi baseada na recomendação de Duarte et al., 2022. Os tratamentos com CJ foram submetidos a análise de N da biomassa aérea para se obter a quantidade de N que foi oferecido em cada parcela, através da multiplicação da produtividade pelo teor de N nas plantas de CJ. No tratamento SUP a leguminosa forneceu o equivalente a 90 $kg\ ha^{-1}$ de N, enquanto que no tratamento INC foi de 130 $kg\ ha^{-1}$ de N, portanto, a fim de igualar a quantidade de N em cada tratamento de forma que a dose total de N para todos os tratamentos seja 150 $kg\ ha^{-1}$, em cobertura, aos 17 dias após a semeadura do sorgo, foram aplicados diretamente 130 $kg\ ha^{-1}$ de para os tratamentos de POU e 40 $kg\ ha^{-1}$ N para o tratamento SUP, utilizando ureia.

Após 3 meses do plantio do sorgo, foi realizada a colheita de sua biomassa aérea. Para isso foram demarcados em cada tratamento duas áreas de 0,25 m^2 cada para a coleta das plantas, que foram pesadas para a obtenção da produtividade. Posteriormente, da amostra inicial foram retiradas subamostras que foram levadas a estufa de ventilação forçada a 55°C a fim de obter o peso seco das plantas. Além disso, foram colhidas 10 folhas localizadas logo abaixo da folha bandeira do sorgo de cada parcela, que foram secas para a realização da análise de N pelo método de Kjeldahl e determinado o teor de nitrogênio pela mesma Equação (1) descrita acima.

Após obter-se o peso seco, tanto para a CJ quanto para o sorgo, a produtividade pôde ser determinada seguindo a Equação (2) abaixo:

$$Produtividade = PVx \frac{\%MS}{100} \quad (2)$$

Em que,

PV – Peso verde em 1 m^2 , g;

%MS – Porcentagem de matéria seca.

A eficiência de uso do nitrogênio, no sorgo, em relação à recuperação do nitrogênio (EUN-r) foi calculada seguindo a Equação (3) a seguir:

$$EUN_r = \left(\frac{EN}{NA} \right) * 100 \quad (3)$$

Em que,

EN – Recuperação de nitrogênio pela cultura, $g\ m^{-2}$;

NA – Nitrogênio aplicado, $g\ m^{-2}$.

A eficiência de uso do nitrogênio, no sorgo, também foi aplicada em relação a produtividade de matéria seca por gramas de nitrogênio aplicado (EUN-p), conforme a Equação (4):

$$EUN_p = \left(\frac{MS}{NA} \right) \quad (4)$$

Em que,

MS – Matéria seca, $g\ m^{-2}$;

NA – Nitrogênio aplicado, $g\ m^{-2}$.

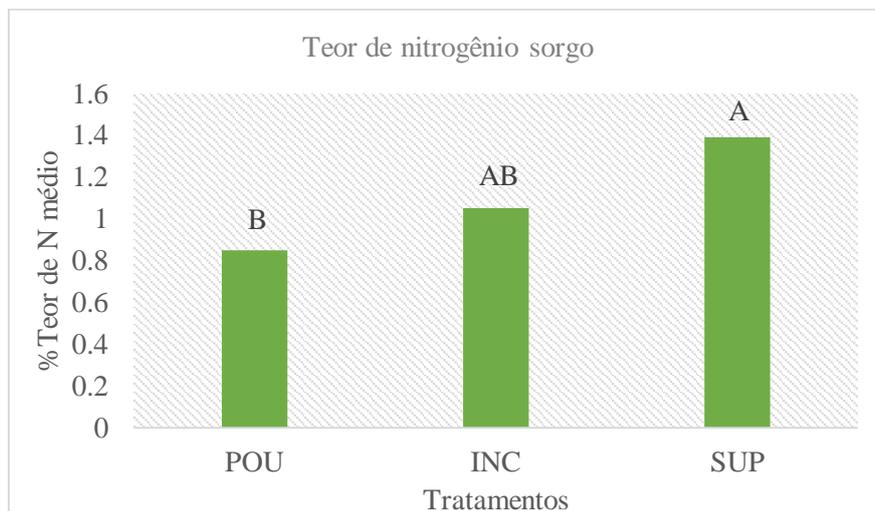
Com essas equações foi possível avaliar a eficiência da fertilização nitrogenada, estimando a quantidade de nitrogênio recuperado pelas plantas em cada tratamento e a quantidade de biomassa em matéria seca que as plantas foram capazes de produzir com a dose de nitrogênio aplicada na adubação de cobertura.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software Statistix 9, Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), avaliados quanto à normalidade e homogeneidade de variâncias e posteriormente ao teste de Tukey com 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de N nas folhas de sorgo, no estágio de floração, está apresentado no Gráfico 1.

GRÁFICO 1. Teor de nitrogênio nas folhas do sorgo (n = 3).



POU – Pousio, sem CJ, INC – CJ incorporada ao solo após o corte, SUP – CJ mantida à superfície do solo após o corte. Letras diferentes acima das barras indicam diferença significativa entre os tratamentos para o nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

A recuperação de N pelo tratamento SUP foi significativamente maior que em POU, mas semelhante a INC. O resultado mostra que a CJ foi eficiente em disponibilizar N para a cultura do sorgo, independentemente do manejo adotado após o corte. A recuperação de N nos tratamentos SUP e INC foram, respectivamente, 55% e 39% superiores ao POU, indicando que a dinâmica de mineralização do N da CJ, em especial em SUP apresentou maior compatibilidade com a demanda de N do sorgo, do que a fertilização exclusiva com N sintético, utilizado em POU para igualar as quantidades de N dos tratamentos. Os processos de decomposição de um adubo verde e da mineralização do N podem estar relacionados com o fator quantidade de massa e, conseqüentemente, com a quantidade de N aplicada. É importante considerar previamente que nem todo o N fornecido pelo adubo verde estará disponível à cultura (Diniz et al., 2013), e a taxa de mineralização dos resíduos vegetais depende da temperatura do ambiente, precipitação pluvial e das características do solo, como acidez, atividade biológica e da disponibilidade de nutrientes (Thönnissen et al., 2000).

Após a avaliação de todos os tratamentos na cultura do sorgo, obtivemos dados de produtividade de média em matéria seca conforme demonstra a Tabela 2.

TABELA 2. Produtividade do sorgo (n = 3)

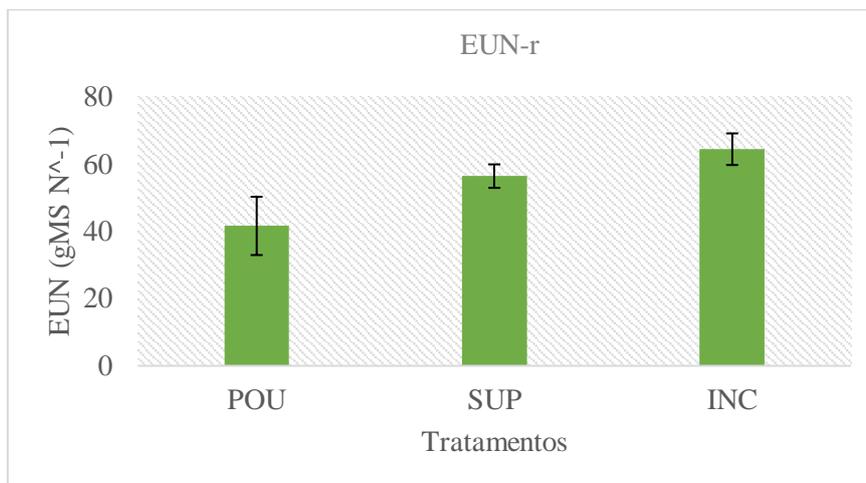
Tratamentos	Produtividade média do sorgo (kgMS m ⁻²)
POU	0,64 a
SUP	0,76 a
INC	0,58 a

POU – Pousio, sem CJ, INC – CJ incorporada ao solo após o corte, SUP – CJ mantida à superfície do solo após o corte. Letras iguais minúsculas indicam que não houve diferenças significativas entre os tratamentos para o nível de significância de 5% pelo teste de Tukey

O processo de decomposição da matéria seca e a mineralização do N estão relacionados com os teores de N, relação C/N, lignina e polifenóis, suas relações associados ao clima, ação dos microrganismos e condições edáficas. Tais fatores podem ser modificados pelo sistema de manejo, em razão da forma de como a adubação verde é aplicada na cultura e do grau de revolvimento do solo (Vargas e Scholles, 2000; Ebertz, 2021). As condições ambientais são determinantes no desenvolvimento das plantas de cobertura, sendo importantes na regulação da decomposição e liberação de N dos resíduos culturais, levando em consideração a temperatura do ambiente, precipitação pluvial, características do solo como acidez e atividade biológica (Langelier et al., 2021). Os resultados obtidos na Tabela 1 demonstram que mesmo com a presença da CJ nos tratamentos, a produtividade do sorgo não foi afetada. Normalmente os benefícios da utilização dos adubos verdes devem ser considerados em longo prazo, em decorrência destes compõem a matéria orgânica do solo, e esta pode estar em diferentes estágios de decomposição, assim os nutrientes minerais se dividem em parte imobilizada, não estando disponíveis para a absorção pelas plantas, e em parte mineralizada, prontamente acessível às plantas. O sistema é dinâmico e pode variar com o tempo, explicando a necessidade de período maior de avaliação (Abranches et al., 2021), ou seja, a leguminosa faz parte da matéria orgânica do solo, que pode se encontrar em diferentes estágios de decomposição, logo, os nutrientes provenientes dos adubos verdes estarão sujeitos aos processos de imobilização e mineralização, afetando sua dinâmica de disponibilização para as plantas.

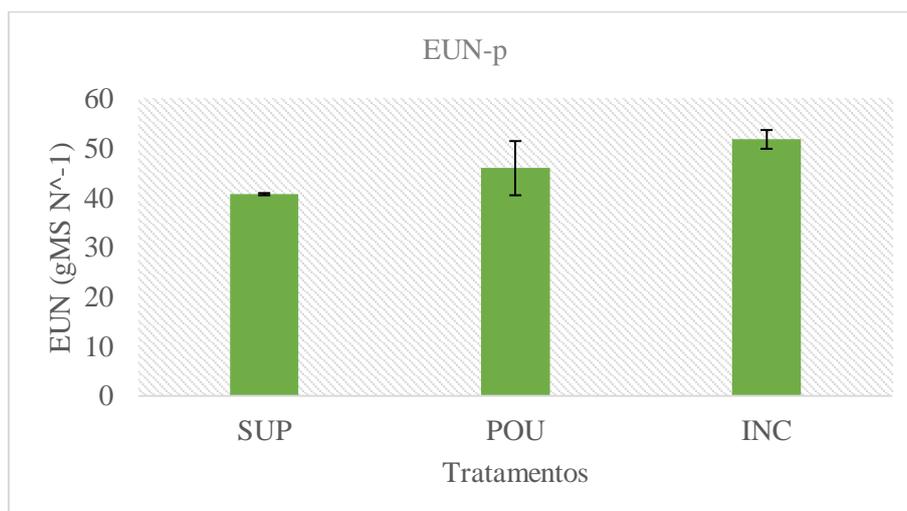
Apesar da ausência de diferença significativa, a EUN-r média de cada tratamento, obtida pela razão entre a recuperação de N pela planta e a produtividade da biomassa aérea, de INC foi 8 unidades maior que em SUP e ambos superaram POU em 23 e 15 unidades, respectivamente (Gráfico 2), Um comportamento semelhante foi verificado para a EUN-p, medida pela razão entre a produtividade do sorgo e a dose de N aplicada, em que, o valor médio para INC foi 13% superior ao de SUP e ambos suplantaram POU em 27% e 23%, respectivamente, conforme demonstra o Gráfico 3.

GRÁFICO 2. Eficiência do uso de nitrogênio em relação a recuperação de N pela cultura subsequente (EUN-r) (n=3).



POU – Pousio, sem CJ, INC – CJ incorporada ao solo após o corte, SUP – CJ mantida à superfície do solo após o corte. Letras ausentes indicam que não houve diferenças significativas entre os tratamentos para o nível de significância de 5% pelo teste de Tukey. As linhas sobre a coluna representam o erro padrão.

GRÁFICO 3. Eficiência do uso de nitrogênio em relação a produtividade de matéria seca (EUN-p) (n=3).



POU – Pousio, sem CJ, INC – CJ incorporada ao solo após o corte, SUP – CJ mantida à superfície do solo após o corte. Letras indicam que não houve diferenças significativas entre os tratamentos para o nível de significância de 5% pelo teste de Tukey. As linhas sobre as colunas representam o erro padrão.

A EUN pode variar dentro de uma espécie de planta em função das diferenças genótípicas que podem ocorrer e da interação genótipo-ambiente. Estas diferenças podem alterar a capacidade de absorção, transporte e utilização dos nutrientes pelas plantas (Steenbjerg, 1963; Oorbessey, 2011). A EUN para um determinado nutriente pode variar à medida que sua disponibilidade no solo seja alterada; em geral a EUN pela planta aumenta com a redução de sua disponibilidade no solo (Barros et al., 1986). De acordo com os resultados, a forma de manejo da CJ após o corte não afetou a EUN da cultura do sorgo.

CONCLUSÕES

A CJ apresentou potencial para suprir o equivalente a 130 Kg ha⁻¹ para a cultura subsequente.

Os tratamentos que continham CJ afetaram a produtividade de sorgo de forma semelhante ao tratamento POU, em que todo N foi aplicado na forma de ureia, indicando que a CJ mantida à superfície ou incorporada ao solo após o corte, pode substituir a maior parte da fonte sintética de N a ser utilizada na cultura de interesse econômico, promovendo benefício econômico e ambiental.

O Tratamento INC proporcionou a maior taxa de recuperação de N, superando SUP e POU. No entanto, não houve diferença para EU N-r e EUN-p entre os tratamentos.

Conclui-se que a CJ, utilizada como adubo verde, é capaz de substituir grande parte da fertilização nitrogenada sintética, com impactos positivos na agricultura, mas em especial para os pequenos agricultores. Os resultados mostraram que tanto a incorporação, quanto a manutenção da CJ à superfície do solo foram eficientes em disponibilizar N para a cultura subsequente. Dessa forma, a manutenção à superfície do solo pode representar uma diminuição de custo, por dispensar o uso de máquinas ou força humana para incorporar os restos culturais no solo. Estes resultados contribuem para o conhecimento e aumento da eficiência do uso de adubos verdes e ressaltam a complexidade das interações entre plantas, nutrientes e ambiente, e a necessidade de estratégias de manejo que considerem múltiplos fatores para otimizar a produção agrícola.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Rayane Priscila Leal Leite e Arejacy Antonio Sobral Silva, contribuíram com a conceptualização, pesquisa, análise de dados, metodologia, redação e revisão. Aênio Douglas Santos Leal e Marcela Pavan Bugagli contribuíram com pesquisa. Marcela Pavan Bagagli, contribuiu também com a metodologia e análise de dados.

Todos os autores contribuíram com a revisão do trabalho e aprovaram a versão submetida.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIFSP) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), Campus Avaré, pelo apoio financeiro concedido através da bolsa de iniciação científica concedida a primeira autora.

REFERÊNCIAS

ABRANCHES, Mikaela de Oliveira; SILVA, Guilherme Augusto Mendes da; SANTOS, Leônidas Canuto dos; PEREIRA, Luanna Fernandes; FREITAS, Gilberto Bernardo de. Contribuição da adubação verde nas características químicas, físicas e biológicas do solo e sua influência na nutrição de hortaliças. p. e5610316351, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/16351/14544>. Acesso em: 18 ago. 2024.

AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v.27, p.601-612, 2003.

ALVES, B. J. R.; SANTOS, J. C. F.; URQUIAGA, S.; BODDEY, M. R. Métodos de determinação do nitrogênio em solo e planta. In: HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R. S. (Eds.). *Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola*. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p. 449-469.

BARROS, N. F. et al. Classificação nutricional de sítios florestais - Descrição de uma metodologia. *Revista Árvore*, v. 10, n. 2, p. 112-120, 1986.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E.A.; WILDNER, L.P. do; COSTA, M.B.B. da; ALCÂNTARA, P.B.; MIYASAKA, S. & AMADO, T.J.C. *Adubação verde no sul do Brasil*. Rio de Janeiro, AS- PTA, 2a ed., 1993, 346p.

CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. *Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agrônomo de Campinas*. Campinas, Instituto Agrônomo, 2009. 77 p.

CARVALHO, A.; AMABILE, R. Cerrado: Adubação verde. Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2006. 369 p. 171-180.

DERPSCH, R. et al. Why do we need to standardize no-tillage research? *Soil and Tillage Research*, v. 137, p. 16–22, 2014.

DINIZ, E. R.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; PETERNELLI, L. A.; BARRELLA, T. P.; FREITAS, G. B. Green manure incorporation timing for organically grown broccoli. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.42, p.199-206, 2007.

DINIZ, Ellen Rúbia; VARGAS, Thiago de Oliveira; PEREIRA, Wander Douglas; GUEDES, Amanda Figueiredo; SANTOS, Ricardo Henrique Silva; PETERNELLI, Luiz Alexandre. Decomposição e mineralização do nitrogênio proveniente do adubo verde *Crotalaria juncea*. *Científica*, v. 42, p. 51-59, 2013.

DUARTE, S. N. Boletim 100: Avaliação da Produtividade Agrícola no Brasil. Brasília: Embrapa, 2022.

EBERTZ, Mariéle Carolina. Decomposição e liberação de nitrogênio da biomassa de ervilhaca e aveia-preta no sistema de plantio-direto com diferentes períodos de dessecação. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021.

LANGELIER, Maude; CHANTIGNY, Martin H.; PAGEAU, Denis; VANESSE, Anne. Nitrogen-15 labelling and tracing techniques reveal cover crops transfer more fertilizer n to the soil reserve than to the subsequent crop. *Agriculture, Ecosystem & Environment* v.331. 2021.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants 2.ed. San Diego: Academic Press, 1997. 889 p.

MIYASAKA, S. Históricos de estudos da adubação verde, leguminosas viáveis e suas características. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ADUBAÇÃO VERDE, 1., 1983, Rio de Janeiro. Adubação verde no Brasil: trabalhos apresentados. Campinas: Fundação Cargill, 1984. p. 64-123.

OORBESSY, Gaju; V. Allard; P. Martre; J.W. Snape; E. Heumez; J. LeGouis; D. Moreau; M. Bogard, S. Griffiths; S. Orford; S. Hubbart; M.J. Foulkes. Identification of traits to improve the nitrogen-use efficiency of wheat genotypes, *Field Crops Research*, Volume 123, Issue 2, 2011, Pages 139-152, ISSN 0378-4290, <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.05.010>.

OSCAR, F. L Filho. Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática, editores técnicos. – 2. ed. rev. atual. – Brasília, DF: Embrapa, 2023.

PERIN, A., Santos, R. H. S., Urquiaga, S., Cecon, P. R., Guerra, J. G. M., & Freitas, G. B. (2004). "Sistemas de produção de adubos verdes e seus efeitos na produtividade do milho e em características biológicas do solo." *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39(6), 543-552.

STEENBJERG, F.; JAKOBSEN, S. T. Plant nutrition and yield curves. *Soil Science*, v. 95, p. 69-88, 1963.

TIECHER, T. Práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água. Porto Alegre, Rs: UFRGS, 2016.

THÖNNISSEN, C.; MIDMORE, D. J.; LADHA, J. K.; OLK, D. C.; SCHMIDHALTER, U. Legume decomposition and nitrogen release when applied as green manures to tropical vegetable production systems. *Agronomy Journal*, Madison, v.92, p.253-260, 2000.

VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um solo Podzólico Vermelho-Escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, v.24, p.35-42, 2000.