

FIXAÇÃO BIOLÓGICA E PRODUTIVIDADE DE *Phaseolus vulgaris* EM RESPOSTA À INOCULAÇÃO COM DUAS ESTIRPES DE *Rhizobium tropici* EM TIETÊ-SP

BIOLOGICAL FIXATION AND PRODUCTIVITY OF *Phaseolus vulgaris* IN RESPONSE TO INOCULATION WITH TWO STRAINS OF *Rhizobium tropici* IN TIETÊ-SP

FIJACIÓN BIOLÓGICA Y PRODUCTIVIDAD DE *Phaseolus vulgaris* EN RESPUESTA A LA INOCULACIÓN CON DOS CEPAS DE *Rhizobium tropici* EN TIETÊ-SP

Samara dos Santos Saccon¹
Felipe Quartucci²

Resumo: O objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência de duas estirpes de *Rhizobium tropici* para o feijão. O estudo foi desenvolvido na cidade de Tietê-SP. Quatro tratamentos foram testados: 1) sem inoculação; 2) estirpe SEMIA 4080; 3) estirpe SEMIA 4088; 4) adubação nitrogenada. Avaliaram-se respostas à nodulação, desenvolvimento da parte aérea e produtividade. Houve incremento do número de nódulos por planta e da massa seca de nódulos para as duas estirpes, porém não houve diferença entre os tratamentos para a produtividade. A inoculação pode ser uma estratégia para suprir parte do nitrogênio para a cultura seguinte, quando plantado feijão em rotação com outras culturas.

Palavras-chave: Leguminosa. Rizóbio. Feijão. Nodulação. Nitrogênio

Abstract: The objective of this work was to evaluate the efficiency of two strains of *Rhizobium tropici* for the common bean. The study was developed in the city of Tietê-SP. Four treatments were tested: 1) no inoculation; 2) SEMIA strain 4080; 3) SEMIA strain 4088; 4) nitrogen fertilization. Responses to nodulation, shoot development and productivity were evaluated. There was an increase in the number of nodules per plant and nodule dry mass for both strains, but there was no difference between treatments for yield. Inoculation can be a strategy to supply part of the nitrogen for the next crop, when bean is planted in rotation with other crops.

Keywords: Legume. Rhizobia. Bean. Nodulation. Nitrogen.

Resumen: El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficiencia de dos cepas de *Rhizobium tropici* para el frijol común. El estudio se llevó a cabo en la ciudad de Tietê-SP. Se probaron cuatro tratamientos: 1) sin inoculación; 2) cepa SEMIA 4080; 3) cepa SEMIA 4088; 4) fertilización con nitrógeno. Se evaluaron las respuestas a la nodulación, el desarrollo de los brotes y la productividad. Hubo un aumento en el número de nódulos por planta y masa seca de nódulos para ambas cepas, pero no hubo diferencia entre tratamientos para la productividad. La inoculación puede ser una estrategia para fornecer parte del nitrógeno para el próximo cultivo, cuando el frijol se siembra en rotación con otros cultivos.

Palabras-clave: Leguminosa. Rizobios. Frijol. Nodulación. Nitrógeno

Submetido 06/10/2021

Aceito 25/04/2022

Publicado 01/06/2022

¹ Engenheira Agrônoma. Faculdade de Ensino Superior Santa Bárbara. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1001-5017>. E-mail: samara_sacson@hotmail.com.

² Doutorando em Ciências Agrícolas. Professor na Faculdade de Ensino Superior Santa Bárbara. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9770-7747>. E-mail: prof.felipe.quartucci@faesb.edu.br.

Introdução

O feijão é um componente importante da dieta da maioria dos brasileiros, sendo responsável por suprir relevante parte das proteínas para indivíduos de baixa renda e para a população rural (JAIME et al., 2015; SOUZA et al., 2013).

No Brasil são plantados diversos tipos de feijão, sendo que o carioca responde por 70% da produção (MELO et al., 2012). Dentre as diversas cultivares de feijão carioca existentes, a BRS estilo caracteriza-se por unir alto potencial produtivo e elevada qualidade de grãos (SANTIS et al., 2019), também na safra de inverno (ALVES et al., 2020). Mesmo após longos períodos de armazenamento, essa cultivar apresenta qualidade de grão satisfatória (MUNGO et al., 2021). Essa cultivar apresenta arquitetura de planta ereta, com resistência ao acamamento, possui ciclo normal (85 a 95 dias) da emergência à maturação fisiológica, e de alto potencial produtivo, podendo superar os 4.000 kg/ha (EMBRAPA, 2017).

Pequenos e médios produtores são responsáveis pela maior parte do feijão produzido (SILVA; WANDER, 2013; WANDER; SILVA, 2017), apesar de ter havido uma mudança na dinâmica da produção nas últimas décadas com maior concentração da produção (PELEGRINI; CAPANEMA; HASPARYK, 2017). A adoção de melhores práticas agrícolas nem sempre são adotadas por esses produtores, devido à dificuldade de acesso e custos de aquisição (SILVA; WANDER, 2013). O manejo nutricional é uma prática agrícola que pode trazer aumento de produtividade, redução de custos por tonelada produzida e redução de impactos ambientais (CASARIN; STIPP, 2013). Nesse aspecto destaca-se o manejo do nitrogênio (N) por ser o nutriente absorvido em maior quantidade pela maioria das culturas (SOUZA; FERNANDES, 2006).

No caso do feijão, o suprimento de N se dá através de três diferentes vias, que podem ocorrer isolada ou simultaneamente: 1) adição de fonte externa por meio de fertilizantes minerais ou orgânicos; 2) fixação biológica de nitrogênio (FBN) e; 3) mineralização da matéria orgânica do solo (BRITO; MURAOKA; SILVA, 2011; FAGERIA et al., 2015; GARRATT et al., 2018). A FBN consiste na inoculação das sementes com bactérias capazes de fixar simbioticamente o nitrogênio atmosférico (N₂) e disponibilizá-lo para a planta, como exemplo a *Rhizobium tropici* (CASSINI; FRANCO, 2013). É uma alternativa com potencial para a redução dos custos de produção, dado os altos custos dos fertilizantes nitrogenados, bem como para a redução dos problemas ambientais associados com a aplicação de nutrientes solúveis,

como lixiviação, eutrofização, salinização e emissão de gases do efeito estufa (HUNGRIA; MENDES; MERCANTE, 2013).

O feijoeiro é apontado como uma cultura pouco eficiente na fixação biológica de nitrogênio, comparado com outras leguminosas como a soja (CARVALHO; SELBACH; SILVA, 2008; FERREIRA et al., 2013; URQUIAGA et al., 2013). A existência de populações generalizadas e a diversidade de estirpes de rizóbios nativos no solo possuem vantagem adaptativa em relação às estirpes selecionadas, acarretando em grande variabilidade da resposta à nodulação (CASSINI; FRANCO, 2013). No Brasil, há três estirpes de *Rhizobium tropici* aprovadas para a cultura do feijão: SEMIA 4077 (CIAT 899), SEMIA 4080 (PRF 81), SEMIA 4088 (H 12) (MAPA, 2011).

No entanto, a eficiência da inoculação com diferentes estirpes parece depender de condições ambientais e edáficas locais (CORSINI; CASSIOLATO, 2015; OLIVEIRA et al., 2017; RAPOSEIRAS et al., 2002) e a recomendação de estirpes deve ser baseada em resultados regionais, dada a variabilidade de resultados das mesmas estirpes em regiões diferentes (BRITO et al., 2015). Desse modo, o objetivo desse trabalho foi avaliar a influência da inoculação na fixação biológica de nitrogênio e produtividade na cultura do feijão, com duas estirpes de *Rhizobium tropici* aprovados pelo MAPA, na região de Tietê-SP.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em campo, no período de agosto a dezembro de 2017, na Fazenda Esplanada no município de Tietê-SP, que possui uma altitude média de 524 m e precipitação média anual de 1205 mm (ALVARES et al., 2013). A área foi cultivada durante alguns anos com cana de açúcar e no ano anterior ao plantio do experimento havia sido cultivado milho. Os atributos químicos do solo na camada de 0 a 20cm antes da implantação do experimento podem ser visualizados na tabela 1. A composição granulométrica do solo é de 62,8 % de areia, 17,2 % de silte e 20,0 % de argila.

Tabela 1 - Resultado da análise química do solo realizada anteriormente da implantação do experimento em área rural do município de Tietê, SP

M.O	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	m%	V%
g.dm ⁻³	CaCl ₂	mg.dm ⁻³	-----mmolc.dm ⁻³ -----							%	%
21	4,8	6	1,9	7	3	5	40	11,9	51,9	30	23

M.O.= Matéria orgânica. SB= Soma de Bases. CTC = Capacidade de Troca Catiônica. m% = Saturação por Alumínio. V%=Saturação por Bases.

Antes da instalação do experimento os restos culturais do milho estavam sobre o solo e foi realizado o preparo por meio de uma aração, gradagem e gradagem niveladora. Vinte e oito dias antes do plantio foi realizada a correção do solo com calcário dolomítico visando atingir saturação por bases de 70%, na dose de 3,5 t ha⁻¹ com calcário dolomítico PRNT de 70%, seguindo a recomendação de Rajj et al. (1997).

A instalação do experimento em campo seguiu delineamento em blocos casualizado, com quatro tratamentos e quatro repetições por tratamento: (T1) sem inoculação e sem adubação nitrogenada (testemunha), (T2) inoculação com a estirpe SEMIA 4080, (T3) inoculação com a estirpe SEMIA 4088 e (T4) sem inoculação e com adubação nitrogenada. A inoculação das sementes foi realizada antes do plantio com inoculante à base de turfa, produzido pela EMBRAPA Agrobiologia em Seropédica/RJ, recomendado para a cultura do feijão-comum, com duas estirpes de *Rhizobium tropici*: SEMIA 4080 e SEMIA 4088. Para se ter maior aderência do inoculante nas sementes, preparou-se uma solução açucarada com 300 ml da solução a 10%, para 50 kg de sementes, conforme recomendado por Hungria et al. (2007).

As parcelas experimentais foram constituídas de cinco linhas de seis metros de comprimento, espaçadas de 0,50 m, resultando em uma área de 15 m² de cada parcela. O plantio foi realizado manualmente com o auxílio de uma matraca no dia 26 de agosto de 2017, utilizando o cultivar mais plantado na região carioca BRS Estilo, tomando-se os devidos cuidados para evitar contaminação entre os tratamentos. Foram plantadas 4 sementes por berço de plantio, com 4 berços por metro. Foi realizado um desbaste 5 dias após a emergência, obtendo um estande inicial de 12 sementes por metro linear. Foi realizada avaliação de sobrevivência antes do início da avaliação do experimento, e o estande final foi de 9,1 plantas por metro linear.

Todas as parcelas receberam adubação de base no suco de plantio com P e K, de acordo com recomendação de Raij et al. (1997) e análise de solo antes da instalação do experimento, equivalente a 390 kg ha⁻¹ de superfosfato simples (18% P₂O₅) e 35 kg ha⁻¹ de KCl (60% K₂O). No tratamento 4 foi realizada a adubação nitrogenada com 40 kg ha⁻¹ de ureia (45% N), onde foram parcelados 10 kg ha⁻¹ na semeadura (sulco) e 30 kg ha⁻¹ na cobertura (sobre o solo, ao lado da planta seguindo a linha de plantio) aos 21 dias após a emergência (DAE) das plantas. A adubação resultou em uma dose de 18, 70 e 21 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente.

O controle de plantas invasoras foi efetuado por meio de capinas manuais durante todo o período crítico de competição entre o feijoeiro e as plantas invasoras. O controle de pragas, principalmente a lagarta elasmó (*Elasmopalpus lignosellus*), lagarta-enroladeira-das-folhas (*Hedylepta indicata*) e bicho capixaba (*Lagriavillosa*), foi efetuado utilizando-se inseticidas à base de alfa-cipermetrina (0,12 L ha⁻¹) e acefato (1,0 kg ha⁻¹), respectivamente. No controle da incidência de doenças, foram feitas pulverizações, visando ao controle da mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*), mancha alternária (*Alternaria alternata*), antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*), ferrugem (*Uromyces appendiculatus*) e cretamento bacteriano (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*), com a aplicação de fungicidas à base de azoxistrobina + difenoconazol (0,4 L ha⁻¹) e hidróxido de cobre (2,0 L ha⁻¹). Não houve irrigação durante a condução do experimento.

No início da formação das vagens (estágio R7, aos 60 DAE) foi realizada a coleta de plantas para determinação da massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca dos nódulos (MSN) e número de nódulos por planta (NP). As plantas foram retiradas juntos com o solo em uma circunferência de aproximadamente 30 cm por 30 cm de profundidade. Após a retirada, o solo foi cuidadosamente separado das raízes, evitando danificar raízes e nódulos. Foram descartadas as 2 linhas de bordaduras, mais 1 metro das extremidades, tendo como parcela útil as 3 linhas centrais com 4 metros de comprimento. Foram então coletadas 10 plantas aleatoriamente da linha da esquerda de cada parcela útil e acondicionadas em sacos plásticos. No mesmo dia foram separados a parte aérea da raiz. As raízes foram lavadas cuidadosamente em água corrente sobre uma peneira e os nódulos separados e contados, descartando o sistema radicular. Após separação, as amostras da parte aérea e os nódulos colocados para secarem na estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até atingir massa constante.

A colheita das vagens foi realizada manualmente quando as plantas atingiram seu estágio de maturação (R9), aos 107 DAE. Foram coletadas 10 plantas aleatoriamente da linha da direita da parcela útil. A produtividade de grãos (PRO) foi calculada transformando-se o peso de grãos obtidos para kg ha^{-1} com teor de umidade corrigido para 13%.

Os dados foram submetidos a análise de variância ANOVA e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância. Antes da análise, os dados foram testados para homogeneidade de variâncias pelo teste de Levene e todas as variáveis apresentaram variâncias homogêneas. Os dados também foram analisados quanto à distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk. Nesse caso, os dados de MSN e NP não apresentaram distribuição normal, e foram transformados de acordo com metodologia proposta por Templeton (2011). Todas as análises foram realizadas no SPSS versão 27.

Resultados e discussão

A inoculação com *Rhizobium* influenciou positivamente a nodulação das plantas de feijão. Para a variável NP, a estirpe SEMIA 4088 (T3) foi superior à estirpe SEMIA 4080 (T2), com 35,4 e 22,3 nódulos por planta, respectivamente. Ambas foram superiores estatisticamente à testemunha sem inoculação que atingiu 0,5 nódulos por planta. O tratamento testemunha não diferiu do tratamento com aplicação de nitrogênio, com 0,8 nódulos por planta (T4). Para a variável MSN, não houve diferença estatística entre as estirpes, com $85,8 \text{ mg planta}^{-1}$ para a estirpe SEMIA 4080 e $149,0 \text{ mg planta}^{-1}$ para a estirpe SEMIA 4088. Da mesma maneira, ambas foram superiores à testemunha que obteve $0,5 \text{ mg planta}^{-1}$, que não diferiu para o tratamento com aplicação de nitrogênio com $1,5 \text{ mg planta}^{-1}$ (tabela 2).

Não houve resposta no desenvolvimento da parte aérea do feijoeiro com a inoculação com *Rhizobium*. Ambos os tratamentos com inoculação (T2 e T3) não diferiram estatisticamente da testemunha. No entanto, o tratamento com aplicação de nitrogênio resultou em uma MSPA de $11,7 \text{ g planta}^{-1}$, superior estatisticamente ao tratamento com a estirpe SEMIA 4080, que resultou em $7,0 \text{ g planta}^{-1}$.

Tabela 2. Massa seca de nódulos (MSN, em mg planta⁻¹), número de nódulos por planta (NP, em nódulos planta⁻¹) e massa seca da parte aérea (MSPA, em g planta⁻¹) para o cultivar Carioca BRS estilo.

Tratamento	MSN	NP	MSPA
	(mg planta ⁻¹)	(n° planta ⁻¹)	(g planta ⁻¹)
T1 - Testemunha	0,5 b	0,5 c	9,0 ab
T2 - SEMIA 4080	85,8 a	22,3 b	7,0 b
T3 - SEMIA 4088	149,0 a	35,4 a	9,0 ab
T4 – adubação nitrogenada	1,5 b	0,8 c	11,7 a
CV %	41,4	36,7	16,0

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Em relação a produtividade de grãos (PRO), quando utilizada a estirpe SEMIA 4080 a produtividade do feijão atingiu 3787 kg ha⁻¹ e com a estirpe SEMIA 4088 a produtividade foi de 4301 kg ha⁻¹, sem diferença estatística entre ambas e para a testemunha (3980 kg ha⁻¹). A produtividade do tratamento com aplicação de nitrogênio foi 5265 kg ha⁻¹, sem diferença estatística para os demais tratamentos. Assim como para produtividade, não houve diferença estatística entre os tratamentos para os três componentes de produtividade avaliados (tabela 3).

Tabela 3. Número de vagens por planta (VP, em n° planta⁻¹), número de grãos por vagem (GV, em n° vagem⁻¹), massa seca de 100 grãos (M100 em g 100 grãos⁻¹) e produtividade a 13% de umidade (PRO, em kg ha⁻¹) para o cultivar Carioca BRS estilo.

Tratamento	VP	GV	M100	PRO
	(n° planta ⁻¹)	(n° vagem ⁻¹)	(g 100 grãos ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)
T1 - Testemunha	15,0 a	4,8 a	26,4 a	3980 a
T2 - SEMIA 4080	14,4 a	4,9 a	26,0 a	3787 a
T3 - SEMIA 4088	14,8 a	5,0 a	28,0 a	4301 a
T4 – adubação nitrogenada	17,8 a	5,3 a	26,4 a	5265 a
CV %	17,5	7,4	4,4	20,8

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A resposta do feijão à inoculação parece ser dependente da estirpe do inoculante utilizado. Ferreira et al. (2000) testaram cinco diferentes estirpes para feijão carioca em trabalho de campo em Selvíria-MS, e apenas uma foi superior à testemunha não inoculada para o número de nódulos por planta. Para feijão caupi, houve grande variação na nodulação para diferentes estirpes SEMIA inoculadas sob condições controladas (CARVALHO; SELBACH; SILVA,

2008). No nosso trabalho, ambas estirpes propiciaram aumento da nodulação, embora a estirpe SEMIA 4088 apresentou maiores valores de nódulos por planta se comparada à estirpe SEMIA 4080. Portanto, a estirpe SEMIA 4088 pode ser uma aliada no manejo quando se deseja aumento da nodulação na região de Tietê-SP e em condições semelhantes a esse experimento. No entanto, diferentemente da soja onde encontram-se recomendações abundantes para a recomendação de inoculantes, para o feijão ainda não se tem disponível recomendações de estirpes que levem em consideração a região e espécie de feijão, sendo necessário mais estudos para suprir essa lacuna (URQUIAGA et al., 2013).

A produtividade de grãos variou entre 3.990 e 5.265 kg ha⁻¹ (Tabela 3). Esses valores são bastante superiores à média verificada em São Paulo, na safra de 2019/2020 de 2.323 kg ha⁻¹ (CONAB, 2020). Alguns fatores podem ter contribuído para essa elevada produtividade. A cultivar carioca BRS Estilo utilizada neste trabalho apresenta alto potencial produtivo de 4.011 kg ha⁻¹ e estabilidade de produção, com uma massa de 100 grãos de 26 g (EMBRAPA, 2017). Outro fator que contribuiu para uma elevada produtividade é o manejo do solo e fertilidade adotados. No experimento foi realizado preparo de solo, eliminando assim camadas de impedimento para crescimento das raízes. Além disso, um manejo nutricional através de calagem e adubação. No entanto, a realidade de pequenos e médios produtores é diferente, e o emprego de fertilizantes e preparo de solo adequado nem sempre é prática comum desses produtores (FUSCALDI; PRADO, 2005), o que limita o crescimento da cultura no seu potencial. Além da fertilidade do solo, o espaçamento é fator preponderante para uma alta produtividade. No presente trabalho, obtivemos uma média no estande final de 9,1 plantas por metro linear, espaçamento que propicia um equilíbrio entre quantidade e peso de vagens nas plantas, acarretando em altas produtividades (MONDO; NASCENTE, 2018). Por fim, outros trabalhos reportaram produtividades semelhantes ao do presente trabalho, indicando que a produtividade do feijão pode atingir patamares bem superiores às médias regionais quando adotadas melhores práticas de manejo (SILVA et al., 2012; TAVARES et al., 2017).

Surpreendentemente, embora houve um aumento de 32% na média de produtividade no T4 em relação à testemunha, os resultados não foram estatisticamente diferentes. A ausência de resposta à aplicação de nitrogênio ou inoculação pode ser devido ao fato de o solo apresentar teores adequados de matéria orgânica para a sua textura (SOUSA; LOBATO, 2002). Além dos teores adequados, quando há revolvimento no solo, como no caso do preparo com aração e

gradagem antes da instalação do experimento, há um favorecimento da decomposição da matéria orgânica. Outro aspecto que favorece a mineralização da matéria orgânica é a calagem, o que também deve ter influenciado a disponibilidade de nitrogênio (AITA; GIACOMINI; CERETTA, 2014). Dessa maneira a mineralização da matéria orgânica deve ter sido capaz de suprir o nitrogênio necessário à planta, explicando a ausência de resposta à aplicação de nitrogênio mineral.

Embora a inoculação não apresentou aumento de produtividade, observou-se um aumento expressivo da nodulação. Como o feijão é uma cultura comumente plantada por pequenos e médios agricultores em rotação com culturas não leguminosas (SILVA; WANDER, 2013), a inoculação pode ser uma estratégia interessante para suprir parte do nitrogênio da próxima cultura, reduzindo custos com adubação nitrogenada. Embora a massa seca da parte aérea não ter diferido da testemunha e da adubação nitrogenada quando utilizada a estirpe SEMIA 4088, foi superior à estirpe SEMIA 4080. Assim, a inoculação com SEMIA 4088 promove um aumento da nodulação, sem comprometer o crescimento da parte aérea e pode gerar uma boa quantidade de palhada do feijão, sendo uma aliada na conservação do solo e também da nutrição da cultura seguinte (CARR et al., 2020; VILLAS BÔAS et al., 2004). Sugere-se o desenvolvimento de estudos com feijão inoculado com a estirpe SEMIA 4088 em rotação com culturas não leguminosas a fim de verificar a magnitude da redução da adubação nitrogenada.

Por fim, um aspecto interessante de uma maior produção de matéria seca, é o incremento do sequestro de carbono no solo, visto que parte dos resíduos culturais são incorporados ao solo durante a decomposição (JACKSON et al., 2017; LAL, 2018). Assim, quanto maior a produção de matéria seca, maior o potencial de sequestro de carbono no solo. Da mesma maneira que a parte aérea, a maior produção de nódulos pode favorecer o sequestro de carbono do solo, visto que estes ficam dentro do solo após o término da cultura. Dessa forma, a adoção da inoculação de feijão com *Rhizobium* pode ser incluída como uma prática de manejo que, em associação com as melhores práticas de manejo, pode incrementar o sequestro de C pelo solo, o que traz benefícios ao produtor e contribui para a mitigação das mudanças climáticas (SOUSSANA et al., 2019).

Conclusões

A inoculação com ambas estirpes aumentaram o número de nódulos por planta e a massa seca de nódulos, com destaque para a estirpe SEMIA 4088 onde o número de nódulos foi maior que a estirpe SEMIA 4080.

A massa seca da parte aérea não diferiu entre o tratamento com adubação nitrogenada e quando inoculada com a estirpe SEMIA 4088.

Não houve diferença estatística entre os tratamentos para a produtividade. No entanto, mesmo sem aumento da produtividade, a inoculação com a estirpe SEMIA 4088 pode ser uma estratégia interessante no manejo do nitrogênio e carbono do solo na região desse estudo.

Agradecimentos

À Faculdade de Ensino Superior Santa Bárbara (FAESB Tatuí) pela bolsa de iniciação científica e apoio com recursos humanos, estrutura e material.

Referências

- AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; CERETTA, C. A. Decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos culturais de adubos verdes. In: FILHO, O. F. DE L. et al. (Eds.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**, Vol. 2. Brasília: EMBRAPA, 2014. p. 225–264.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ALVES, M. V. P. et al. Desempenho agrônômico e qualitativo de cultivares de feijoeiro dos grupos comerciais carioca e especial na época de inverno. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 119, n. 1, p. 1–8, 2020.
- BRITO, L. F. DE et al. Resposta do feijoeiro comum à inoculação com rizóbio e suplementação com nitrogênio mineral em dois biomas Brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 4, p. 981–992, 2015.
- BRITO, M. DE M. P.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C. DA. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio, fertilizante nitrogenado e nitrogênio do solo no desenvolvimento de feijão e caupi. **Bragantia**, v. 70, n. 1, p. 206–215, 2011.
- CARR, N. F. et al. Acúmulo e partição de biomassa e macronutrientes de cultivares de feijão-vagem em cultivo protegido fertirrigado. **Colloquium Agrariae**, v. 16, n. 3, p. 1–11, 2020.
- CARVALHO, F. G.; SELBACH, P. A.; SILVA, A. J. N. Especificidade hospedeira de variantes *Bradyrhizobium spp* em soja (cvs peking e clark), caupi e guandu. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 32, p. 2701–2708, 2008.

CASARIN, V.; STIPP, S. R. Quatro medidas corretas que levam ao uso eficiente dos fertilizantes. **Informações Agronômicas**, n.142, p. 20, 2013.

CASSINI, S. T.; FRANCO, M. C. Fixação Biológica de Nitrogênio: microbiologia, fatores ambientais e genéticos. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J. DE; BOREM, A. (Eds.). **Feijão**. 2nd. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, p. 143–165, 2013.

CONAB. Feijão - Análise de mercado. Análise mensal. 2020. Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-feijao/item/download/33313_35dbdec2820947244251e54a2ceb851a>. Acesso em 10/03/2021.

CORSINI, D. C. D. C.; CASSIOLATO, A. M. R. C. Microbiologia do solo e fixação simbiótica no nitrogênio. In: ARF, O. et al. (Eds.). **Aspectos gerais da cultura do feijão**. Fepaf, 2015.

EMBRAPA. Catálogo de cultivares de feijão comum - Safra 2016- 2017. 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/154713/1/catalogoFeijao-safra2016-2017-web1.pdf>. Acesso em 02/03/2021

FAGERIA, N. K. et al. **Nutrição mineral do feijoeiro**. Brasília, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Arroz e Feijão, 2015.

FERREIRA, A. N. et al. Estirpes de *Rhizobium tropici* na inoculação do feijoeiro. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 3, p. 507–512, 2000.

FERREIRA, E. P. D. B. et al. Contribuições para melhoria da eficiência da fixação biológica de nitrogênio no feijoeiro comum no Brasil. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 8, p. 251–323, 2013.

FUSCALDI, K. DA C.; PRADO, G. R. Análise econômica da cultura do feijão. **Revista de Política Agrícola**, v. 14, n. 1, p. 17–30, 2005.

GARRATT, M. P. D. et al. Enhancing Soil Organic Matter as a Route to the Ecological Intensification of European Arable Systems. **Ecosystems**, v. 21, n. 7, p. 1404–1415, 2018.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. **Documentos 283**. Embrapa Soja: Embrapa Cerrados. Londrina, 2007.

HUNGRIA, M.; MENDES, I. C.; MERCANTE, F. M. A fixação biológica do nitrogênio como tecnologia de baixa emissão de carbono para as culturas do feijoeiro e da soja. **Documentos 337**. Embrapa Soja. Londrina, 2013.

JACKSON, R. B. et al. The Ecology of Soil Carbon: Pools, Vulnerabilities, and Biotic and Abiotic Controls. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 48, n. 1, p. 419–445, 2017.

JAIME, P. C. et al. Prevalência e distribuição sociodemográfica de marcadores de alimentação saudável, Pesquisa Nacional de Saúde, Brasil 2013. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 24, n. 2, p. 267–276, 2015.

LAL, R. Digging deeper: A holistic perspective of factors affecting soil organic carbon sequestration in agroecosystems. **Global Change Biology**, v. 24, n. 8, p. 3285–3301, 2018.

MAPA. Instrução Normativa SDA/MAPA 13/2011. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2011. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=recuperarTextoAtoTematicaPortal&codigoTematica=1229256>. Acesso em 26/09/2018.

MELO, C. L. P. DE et al. BRS Notável: nova cultivar de feijoeiro-comum semiprecoce do grupo carioca para Mato Grosso do Sul. **Comunicado Técnico 179**. Embrapa Agropecuária Oeste. Dourados, MS, 2012.

MONDO, V. H. V.; NASCENTE, A. S. Produtividade do feijão-comum afetado por população de plantas. **Revista Agrarian**, v. 11, n. 39, p. 89–94, 2018.

MUNGO, A. C. et al. O tempo de armazenamento altera a qualidade tecnológica dos grãos de genótipos de feijão comum? **Scientific Electronic Archives**, v. 13, n. 4, p. 42–46, 2021.

OLIVEIRA, D. P. et al. Acid tolerant Rhizobium strains contribute to increasing the yield and profitability of common bean in tropical soils. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 17, n. 4, p. 922–934, 2017.

PELEGRINI, D. F.; CAPANEMA, L. M.; HASPARYK, R. G. Dinâmica da produção de feijão no Brasil: progresso técnico e fragilidades. **Informe Agropecuário**, v. 38, n. April, 2017.

RAIJ, B. V. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo** 2.ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997.

RAPOSEIRAS, R. et al. Variability of isolated colonies in bean nodulating *Rhizobium* strains before and after exposure to high temperature. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 33, n. 2, p. 149–154, 2002.

SANTIS, F. P. DE et al. Componentes de produção, produtividade e atributos tecnológicos de cultivares de feijoeiro do grupo comercial carioca. **Colloquium Agrariae**, v. 15, n. 6, p. 21–30, 2019.

SILVA, A. DA et al. Fertilidade do solo e desenvolvimento de feijão comum em resposta adubação com pó de basalto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 4, p. 548–554, 2012.

SILVA, F. O.; WANDER, A. E. **O feijão-comum no Brasil: passado, presente e futuro**. Documentos 287. Embrapa Arroz e Feijão. Santo Antônio de Goiás, 2013

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002.

SOUSSANA, J. F. et al. Matching policy and science: Rationale for the 4 per 1000 - soils for food security and climate' initiative. **Soil and Tillage Research**, v. 188, p. 3–15, 2019.

SOUZA, A. DE M. et al. Alimentos mais consumidos no Brasil: Inquérito Nacional de Alimentação 2008-2009. **Revista de Saúde Pública**, v. 47, n. suppl 1, p. 190s-199s, 2013.

SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R. DE; SANTOS, L. A. (Eds.). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006.

TAVARES, T. et al. Adaptabilidade e estabilidade da produção de grão em feijão comum (*Phaseolus vulgaris*). **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 2, p. 411–418, 2017.

TEMPLETON, G. F. A two-step approach for transforming continuous variables to normal: Implications and recommendations for IS research. **Communications of the Association for Information Systems**, v. 28, n. 1, p. 41–58, 2011.

URQUIAGA, S. et al. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio na produtividade dos distemas agrícolas na América Latina. In: AQUINO, A. M. DE; ASSIS, R. L. DE (Eds.). **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2013. p. 181–200.

VILLAS BÔAS, R. L. et al. Efeito de doses e tipos de compostos orgânicos na produção de alface em dois solos sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 1, p. 28–34, 2004.

WANDER, A. E.; SILVA, O. F. Perfil da produção e dos produtores de feijão no Brasil. **Informe Agropecuário**, v. 38, n. 298, p. 92–99, 2017.