

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

INSUMOS BIOLÓGICOS NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DO MILHO CRIOULO

Filipe Teixeira Pinheiro de Souza¹, Rebyson Bissaco Guidinelle², Antonio
Marcos Azeredo Coutinho Rodrigues¹, Otacílio José Passos Rangel¹
(Orientador)

¹Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre, Rive, município de Alegre, sul do estado do Espírito Santo, 29500-000, Brasil, autor1 - Filipeteixeira156@gmail.com, autor3 - antoniomacr12345@gmail.com, autor4 - ojprangel@ifes.edu.br

²Universidade Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre, sul do estado do Espírito Santo, 29500-000, Brasil, autor2 - rebysonguidinelle@gmail.com

Resumo

Os inoculantes microbianos são matérias-primas biológicas que colonizam as plantas e fornecem resultados importantes no desenvolvimento vegetativo. As bactérias *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* são exemplos de inoculantes que apresentam efeitos positivos no aumento da absorção de nutrientes e água e estimulam a resistência das plantas a estresses abióticos. O objetivo deste estudo foi identificar o efeito da inoculação do milho com os inoculantes *H. seropedicae* e *A. brasilense* em cultivo sob solos com diferentes históricos de manejo. O experimento foi conduzido em casa de vegetação por 60 dias, com esquema fatorial de 2x4x4, com 4 repetições. Foram avaliados os parâmetros relacionados ao desenvolvimento inicial do milho crioulo em duas condições de irrigação com água destilada: 70% da capacidade de campo (CC) e 45% da CC, com solo coletado no campo em quatro distintos sistemas de manejo. Mesmo com uma redução de 60% no uso de fertilizantes NPK, os insumos biológicos se mostraram ferramentas eficientes e promissoras para o desenvolvimento inicial do milho crioulo, sobretudo no incremento de massa seca de parte aérea.

Palavras-chave: Bactérias promotoras de crescimento vegetal. Bioinsumos. Manejo sustentável.

Área do Conhecimento: Agronomia

Introdução

Analisando o processo de evolução das tecnologias agrícolas ao longo da história, verifica-se que estas têm sido objeto de observação atenta por parte de todos os que procuram melhorar as práticas existentes. O avanço tecnológico é fundamental para o incremento na produção de alimentos, para uma população cada vez mais urbana e demandante por produtos de origem animal e vegetal. Ressalta-se, também, o papel das novas tecnologias agrárias na preservação ambiental, por meio do aumento de produtividade e, ou, da recuperação de áreas degradadas.

Um dos grandes desafios é a vinculação de altas produtividades à redução da utilização de insumos químicos, buscando uma produção mais sustentável. Diante disto, os insumos biológicos com bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCVs) representam uma alternativa promissora na redução da dependência por fertilizantes inorgânicos (REZENDE, 2022).

Bactérias diazotróficas endofíticas (BDE) são utilizadas como inoculantes microbianos especificamente ponderados pela biofertilização de nitrogênio devido ao potencial de colonização do interior da planta, acarretando também em efeito ativador (bioestimulante) no crescimento vegetal e na fisiologia do hospedeiro (BURAK, 2021).

O potencial crescente do cultivo de milho para se concentrar no consumo humano, na produção de proteína animal e na produção de etanol sempre foi uma aposta para os produtores. A fixação biológica de nitrogênio (FBN) para milho pode atender até 25% das necessidades de nitrogênio de uma planta de milho. Além dos benefícios de produção, o uso de microrganismos nas lavouras de milho pode

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

reduzir a pegada de carbono, que é uma das principais exigências do mercado internacional (Equipe Mais Soja, 2023).

Lopes (2018) afirma que a busca pela sustentabilidade, que mobiliza países, instituições e pessoas em todo o mundo, está criando um rumo novo para a economia. Os insumos biológicos constituem uma nova promessa tecnológica que abre a possibilidade de harmonizar os interesses do setor agropecuário, oferecendo soluções inovadoras para atender às crescentes demandas dos consumidores e do setor produtivo.

Os insumos biológicos atualmente representam cerca de 4% de um setor que movimenta aproximadamente R\$60 bilhões no país anualmente, com os estudos indicando o crescimento destes produtos (Estadão Conteúdo, 2022).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de insumos biológicos à base de *Herbaspirillum seropedicae* (cepa HRC54) e *Azospirillum brasilense* (cepas CNPSO 2083 e 2084) no melhor desenvolvimento inicial do milho crioulo cultivado em solos sob diferentes históricos de uso e manejo.

Metodologia

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada na área experimental do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre, estado do Espírito Santo, Brasil.

O experimento foi planejado em esquema fatorial 2x4x4, com quatro repetições. Os fatores avaliados foram duas condições de irrigação em casa de vegetação (água destilada: 70% da capacidade de campo (CC), que corresponde à demanda de água exigida pela cultura; e 45% da CC, simulando condição de baixa disponibilidade hídrica); solo coletado no campo em quatro distintos históricos de manejo, implantados desde 2017: M1 - sistema plantio direto (SPD) irrigado com água residuária de suinocultura (ARS), M2 - sistema plantio convencional (SPC) irrigado com ARS, M3 - SPD irrigado com água (AG) e M4 - SPC irrigado com AG; quatro aplicações de insumos biológicos com variações nas doses dos fertilizantes minerais (N, P₂O₅ e K₂O - NPK), adotando como referência as recomendações de Novais et al. (1991): B0 - sem os insumos biológicos e 100% da adubação com NPK, B1 - *Herbaspirillum seropedicae* (estirpe HRC54) com 40% da adubação com NPK, B2 - *Azospirillum brasilense* (estirpes CNPSO 2083 e 2084) com 40% da adubação com NPK e B3 - coinoculação de *H. seropedicae* (estirpe HRC54) e *A. brasilense* (estirpes CNPSO 2083 e 2084) com 40% da adubação com NPK.

Na implantação do experimento foram utilizados vasos com capacidade volumétrica de 5 dm³. As sementes utilizadas foram de milho crioulo da variedade Fortaleza, cultivado por pequenos produtores da região Sul do estado do Espírito Santo.

Antes do plantio as sementes foram inoculadas com *A. brasilense* e foram dispostas ao ar em um local fresco por 15 minutos para secar. O plantio foi realizado com 5 sementes de milho por vaso e, após uma semana de germinação, realizou-se o desbaste, mantendo duas plantas por vaso. A aplicação do *H. seropedicae* foi realizada via foliar, em dois estádios de desenvolvimento das plantas, com 4 e 8 folhas totalmente expandidas (Giori et al., 2010). O procedimento de coinoculação foi realizado de forma similar a inoculação do *A. brasilense* e do *H. seropedicae*, porém, repetido na mesma planta. A irrigação do experimento foi realizada com água deionizada, dividindo-a em dois procedimentos. Para 70% da CC foi necessário 0,135 dm³ de água para cada 1 dm³ de solo, correspondente à demanda de água exigida pela cultura e, para 45% da CC foi necessário 0,086 dm³ de água para cada 1 dm³ de solo, simulando condição de baixa disponibilidade de água.

O experimento foi conduzido durante 60 dias, contados a partir da germinação, e avaliados os seguintes parâmetros morfoagronômicos nas plantas de milho crioulo: altura de planta (AP), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR). O teste de Tukey foi utilizado para comparar os efeitos dos diferentes tratamentos nas variáveis dependentes. Os procedimentos estatísticos foram realizados no software Sisvar (Ferreira, 2019).

Resultados

Na tabela 1 são apresentados os resultados do teste F da análise de variância (p ≤ 0,05) para os atributos de crescimento vegetativo em função dos fatores irrigação (I), manejo do solo (M), insumos

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

biológicos (B) e suas interações. Verifica-se que, de forma isolada, os fatores apresentaram resultados satisfatórios para a maioria dos atributos avaliados.

Tabela 1 - Valores do teste F para os atributos de crescimento vegetativo do milho crioulo considerando os efeitos isolados e as interações entre os fatores em estudo

Fonte Variação	AP	DC	MSPA	MSR
Irrigação (I)	24021,53*	3,11*	3380,70*	21,76,31*
Manejo do solo (M)	191,78 ^{ns}	1,62*	14,61*	124,95*
Insumos Biológicos (B)	24,90 ^{ns}	6,36*	122,75*	103,97*
I*M	62,48 ^{ns}	0,46 ^{ns}	10,39 ^{ns}	129,82*
I*B	110,70*	1,16 ^{ns}	57,96*	21,01 ^{ns}
M*B	127,69 ^{ns}	0,36 ^{ns}	13,19*	40,85 ^{ns}
I*M*B	45,37 ^{ns}	0,91 ^{ns}	13,18 ^{ns}	60,99 ^{ns}
CV	7,20	8,50	6,80	21,32
Média	122,85	8,95	28,90	22,08

*Significativo pelo teste F ($p \leq 0,05$), ^{ns}Não significativo pelo teste F ($p \leq 0,05$). AP - altura de planta, DC - diâmetro do colmo, MSPA - massa seca da parte aérea e MSR - massa seca de raiz.

Analisando as interações envolvendo o manejo de solo (I*M, M*B e I*M*B) observa-se que 83,3% destas foram não significativas para os atributos de crescimento vegetativo (Tabela 1), revelando resultados não satisfatório para este estudo. Acredita-se que esse efeito está relacionado com o solo ter sido coletado em uma área experimental com histórico de mais de 30 anos de manejo convencional intensivo, onde os sistemas de manejo (M1, M2, M3 e M4) foram conduzidos por apenas 4 ciclos de cultivo do milho, entre os anos de 2017 e 2021. Esse curto período de avaliação dos manejos SPC e SPD e irrigação com ARS no campo também não foi suficiente para proporcionar alterações expressivas nos atributos do solo.

Discussão

Burak et al. (2021), ao citarem Rouphael e Giuseppe (2020), afirmam que com base em informações de trabalhos científicos usando insumos biológicos, seja em nível de casa de vegetação ou de campo, indicam que maior rentabilidade é esperada para culturas associadas a uma produção agrícola mais sustentável.

Essas informações são essenciais para a tomada de decisões sobre a melhor gestão de produtos e insumos. Dentro do grupo de matérias-primas biológicas, inclui ativadores ou bioestimulantes, incluindo microrganismos benéficos, materiais orgânicos complexos, extratos de algas e plantas, óleos essenciais, hidrolisados proteicos, substâncias húmicas e entre outros (Stadnik et al., 2017).

Os microrganismos desempenham um papel importante em muitas funções que sustentam a vida na Terra. Estes participam ativamente dos ciclos biogeoquímicos, fazendo com que os solos realizem ciclagem de nutrientes, inativação de poluentes, combate a patógenos de plantas e sirvam como substratos para o cultivo de plantas (Mendes, 2012).

Os insumos biológicos são particularmente promissores em condições de estresse hídrico e nutricional, pois aumentam a absorção de nutrientes e geram sinais hormonais antiestresses (TMF Fertilizantes, s.d.).

No contexto atual, já proporciona benefícios para a sociedade, oferecendo alternativas aos sistemas produtivos para solucionar problemas como a alta dependência de insumos químicos importados, altos custos de produção, ausência de empresas/biofábricas produtoras de insumos biológicos nas regiões norte, nordeste e centro-oeste, falta de incentivos econômicos, novos produtos e tecnologias e falta de profissionais totalmente capacitados na produção e gestão de biomateriais (Vidal, 2021).

De acordo com Cassán et al. (2013) bactérias do gênero *Azospirillum* sp. e *Herbaspirillum* sp. produzem fitohormônios que promovem o crescimento de plantas. Nos trabalhos pioneiros de Tien et al. (1979) e Martínez-Morales et al. (2003) foram registrados produção de auxina, giberelinas e citocininas por microrganismos associados as plantas Taiz et al. (2017) denominam estas substâncias

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

de fitohormônios e indicaram que elas atuam como importantes mecanismos de desenvolvimento vegetal.

Segundo Azevedo et al. (2019), a aplicação de *H. seropedicae* provoca alterações fisiológicas nas raízes do milho, com incremento no comprimento do sistema radicular. Estudo realizado por Barbosa et al. (2021), reunindo 60 trabalhos conduzidos em diferentes regiões do Brasil, evidenciou que a inoculação do milho com *A. brasilense* aumentou, em média, 12,1% a massa seca das raízes.

Assim, os insumos biológicos como resultado de um alinhamento de tecnologias e visões correspondentes a sistemas agroindustriais e nichos alternativos agroecológicos fazem parte de uma transformação institucional que segue a mesma lógica de alinhamento (Goulet, 2021).

Conclusão

Os insumos biológicos se mostraram eficientes na produção de massa seca da parte aérea do milho crioulo variedade Fortaleza, representando, em média, uma redução de apenas 12,34% em relação ao tratamento testemunha (100% de NPK), porém com uma adubação sessenta pontos percentuais abaixo da recomendada.

As análises demonstraram uma forte tendência da coinoculação (*Herbaspirillum seropedicae* e *Azospirillum brasilense*) em promover incremento de massa seca de parte aérea do milho crioulo variedade Fortaleza.

Referências

AZEVEDO, I. G. et al. Ácidos húmicos e *Herbaspirillum seropedicae* alteram o fluxo extracelular de H⁺ e a expressão gênica em plântulas de raízes de milho. **Química Biol. Tecnol. Agrícola**. 6, 8 (2019).

BARBOSA, J. Z. et al. Meta-analysis reveals benefits of co-inoculation of soybean with *Azospirillum brasilense* and *Bradyrhizobium* spp. in Brazil. **Applied Soil Ecology**, v. 163, p. 103913, 2021.

BURAK, D. L.; MENDONÇA, E. S.; PEÇANHA, A. L.; VALENTIM, S. B.; PRAÇA, N. M. P.; JÚNIOR, J. L. F.; THIENGO, C. C.; OLIVEIRA, D. M.; ROCHA, L. O.; OLIVARES, F. L. Insumos biológicos na recuperação de pastagens degradadas da região sul do Estado do Espírito Santo. **Sistemas integrados de produção: pesquisa e desenvolvimento de tecnologias**. 1.ed., vol. 1, p. 304-326, 2021.

CASSÁN F. et al. Physiological and agronomical aspects of phytohormone production by model plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) belonging to the genus *Azospirillum*. **J Plant Growth Regul** v.33, p.440–459, 2013.

ESTADÃO CONTEÚDO. Cresce a procura por bioinsumos para driblar a alta de preços dos fertilizantes. **Canal Rural**, São Paulo, 30 de maio de 2022. Disponível em: <<https://www.canalrural.com.br/noticias/agricultura/cresce-a-procura-por-bioinsumos-para-driblar-a-alta-de-precos-dos-fertilizantes/>>. Acesso em: 2 de agosto de 2023.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**. v. 37, n. 4, p. 529-535, dec. 2019.

GIORI, F. G. et al. Inoculação em sementes e via foliar da estirpe ZAE 94 de *Herbaspirillum seropedicae* em híbrido de milho BRS1010. Embrapa Agrobiologia-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2010.

GOULET, F. A ação pública de adaptação da agricultura à mudança climática no Nordeste semiárido brasileiro. In: As políticas de promoção dos bioinsumos no Brasil. Entre alternativas e alinhamentos. 1º ed. Cap. 10. Rio de Janeiro: E-papers, 2021.p. 179-192.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

INOCULAÇÃO biológica reduz custo e eleva produtividade do milho. Bactéria benéfica *Azospirillum brasilense* pode contribuir na redução do uso do nitrogênio sintético na adubação de cobertura. **Equipe Mais Soja**, 2023. Disponível em: <<https://maissoja.com.br/inoculacao-biologica-reduz-custo-e-eleva-produtividade-do-milho/#:~:text=%E2%80%9COs%20insumos%20biol%C3%B3gicos%20podem%20ajudar,da%20divis%C3%A3o%20agr%C3%ADcola%20da%20Novozymes>>. Acesso em: 7 agosto de 2023.

LOPES, M. A. **Os insumos biológicos na agricultura do futuro**. EMBRAPA–Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Recursos Naturais. Disponível em <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/37761446/artigo---os-insumos-biologicos-na-agricultura-do-futuro>. Acesso em, v. 20, n. 10, p. 1, 2018.

MARTÍNEZ-MORALES L. et al. Indole-3-butyric acid (IBA) production in culture medium by wild strain *Azospirillum brasilense*. **Media FEMS Microbiol Lett**, v. 228, p.167–173, 2003.

MENDES, R.. Microbioma da rizosfera e proteção de plantas. **Summa Phytopathologica**, v. 38, 2012.

NOVAIS R. F. et al. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília, DF: EMBRAPA-SEA, 1991. 392 p.

REZENDE, C. C. et al. **Desempenho agrônomo da soja inoculada com bactérias promotoras de crescimento vegetal**. SEMINÁRIO JOVENS TALENTOS, 16. ed. Brasília, DF: Embrapa; Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2022.

STADNIK, M. J.; ASTOLFI, P.; FREITAS, M. B. Bioestimulantes: uma perspectiva global e desafios para a América Latina. **I Simpósio Latino-Americano sobre Bioestimulantes na Agricultura**, p. 18-23, 2017.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

TIEN T. M. Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.) **Appl. Environ Microbiol.** v. 37, p.1016–1024, 1979.

TMF FERTILIZANTES. **Bioestimulantes e sua importância para manter o solo em equilíbrio**. Disponível em: <<https://tmffertilizantes.com.br/bioestimulantes-e-sua-importancia-para-manter-o-solo-em-equilibrio/>>. Acesso em: 02 agosto de 2023.

VIDAL, M. C. et al. Bioinsumos: a construção de um Programa Nacional pela Sustentabilidade do Agro Brasileiro. **Economic Analysis of Law Review**, v. 12, n. 3, p. 557-574, 2021.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre e a Universidade Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre por disponibilizar estrutura física e área experimental para realização das análises e condução do experimento.

Ao Ifes pela concessão de bolsas.