



UNIVERSIDADE PARANAENSE – UNIPAR

AGRONOMIA



QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES E MORFOFISIOLOGIA DE PLÂNTULAS DE MILHO ORIUNDAS DE SEMENTES TRATADAS COM BIOINOCULANTE E FERTILIZANTE MINERAL

Matheus da Silva Torres¹ e Thiago Alberto Ortiz²

Universidade Paranaense – UNIPAR, Campus I - Sede. Praça Mascarenhas de Moraes, 4282, Zona III - Umuarama, PR. E-mail: m.torres@edu.unipar.br; thiago.ortiz@prof.unipar.br

RESUMO: *O tratamento de sementes é uma prática essencial para garantir a germinação, o vigor e a emergência das plântulas, embora sua eficácia possa variar conforme o material genético, os produtos aplicados e as condições edafoclimáticas. Neste estudo, objetivou-se avaliar os efeitos do tratamento de sementes de milho do híbrido Morgan[®] MG593 com o inoculante LALRISE AZOS^{SC} (*Azospirillum brasilense*, cepa Az39) e o fertilizante mineral Plenar[®] Arenito, aplicados isoladamente ou em combinação, sobre a qualidade fisiológica das sementes e a morfofisiologia das plântulas. O experimento foi conduzido na Universidade Paranaense – UNIPAR, com quatro tratamentos: ST (sem tratamento), AB (inoculante), PA (fertilizante mineral) e AB+PA (combinação dos dois). Foram avaliadas variáveis relacionadas à qualidade fisiológica das sementes e aos parâmetros morfofisiológicos das plântulas, por meio dos testes de germinação, comprimento de plântulas e emergência em areia. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Embora o fertilizante tenha promovido efeitos pontuais, principalmente no crescimento radicular, e a combinação de insumos não tenha gerado efeito sinérgico, a inoculação isolada com *A. brasilense* proporcionou os melhores resultados, promovendo ganhos significativos no vigor das sementes e no desenvolvimento inicial das plântulas, configurando-se como uma alternativa promissora para o tratamento de sementes do híbrido Morgan[®] MG593.*

PALAVRAS-CHAVE: *Azospirillum brasilense, Zea mays, bioinsumos, germinação, vigor.*

PHYSIOLOGICAL SEED QUALITY AND MORPHOPHYSIOLOGICAL TRAITS OF MAIZE SEEDLINGS AS AFFECTED BY BIOINOCULANT AND MINERAL FERTILIZER SEED TREATMENTS

ABSTRACT: *Seed treatment is an essential practice to ensure seed germination, vigor, and seedling emergence; however, its effectiveness may vary depending on genetic material, applied products, and edaphoclimatic conditions. This study aimed to evaluate the effects of seed treatment of the maize hybrid Morgan[®] MG593 with the inoculant LALRISE AZOS^{SC} (*Azospirillum brasilense*, strain Az39) and the mineral fertilizer Plenar[®] Arenito, applied either individually or in combination, on seed physiological quality and seedling morphophysiology. The experiment was conducted at Universidade Paranaense (UNIPAR) and comprised four treatments: untreated seeds (ST), inoculant (AB), mineral fertilizer (PA), and the combined application of inoculant and mineral fertilizer (AB+PA). Variables related to seed physiological quality and seedling morphophysiological parameters were assessed using germination, seedling length, and sand emergence tests. Data were subjected to analysis of variance (ANOVA), and means were compared using the Scott–Knott test ($p < 0.05$). Although the mineral fertilizer promoted localized effects, mainly on root growth, and the combined application did not result in a synergistic response, seed*



UNIVERSIDADE PARANAENSE – UNIPAR

AGRONOMIA



inoculation with A. brasilense alone provided the best results, significantly enhancing seed vigor and early seedling development, thus representing a promising alternative for seed treatment of the Morgan® MG593 hybrid.

KEYWORDS: Azospirillum brasilense, Zea mays, bioinputs, germination, vigor.

INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays* L.) possui grande relevância para o agronegócio brasileiro, sendo amplamente utilizada na alimentação humana e animal, além de fornecer matéria-prima para a indústria de biocombustíveis. Para a safra 2025/2026, a produção brasileira de milho está estimada em 138,9 milhões de toneladas, com produtividade média projetada de 6.111 kg ha⁻¹, representando um aumento de 4,1% na área cultivada em relação à safra anterior, em razão da migração de áreas tradicionalmente ocupadas por arroz e feijão para o cereal, motivada pelas melhores perspectivas de rentabilidade (Conab, 2025).

Entretanto, em estados do Sul do país, como Paraná e Santa Catarina, a ocorrência de baixas temperaturas, associadas ao excesso de chuvas e à elevada nebulosidade em determinados períodos, tem retardado a emergência e o desenvolvimento inicial da cultura (Conab, 2025). Nesse contexto, o aumento da produção e a expansão da área cultivada reforçam a necessidade de adoção de tecnologias agrícolas que favoreçam a germinação e o vigor inicial das plantas, aspectos fundamentais para o adequado estabelecimento da lavoura e para o alcance de altas produtividades.

Do ponto de vista genético, o milho apresenta ampla variabilidade entre cultivares, resultante de um longo processo de domesticação, seleção e melhoramento. Essa diversidade tem possibilitado o desenvolvimento de materiais mais eficientes no uso de recursos, com maior potencial produtivo e maior resiliência às variações ambientais. No entanto, as respostas dos híbridos às tecnologias e às práticas de manejo não são uniformes (Cadore et al., 2017), evidenciando que a adaptação da cultura às diferentes condições edafoclimáticas do território brasileiro depende tanto do potencial genético das sementes quanto do sistema de plantio adotado (Silva et al., 2021).

Entre as práticas que visam ao aumento da eficiência produtiva, destaca-se o tratamento de sementes, cujo objetivo é potencializar a germinação, o vigor e a emergência das plântulas, além de proporcionar proteção inicial contra pragas e patógenos. Essa técnica tem se consolidado como fundamental para garantir a uniformidade do estande, refletindo diretamente no desempenho da cultura (Shelar et al., 2024). Contudo, a resposta ao tratamento pode variar de acordo com os



UNIVERSIDADE PARANAENSE – UNIPAR

AGRONOMIA



materiais genéticos, os produtos utilizados e as condições edafoclimáticas. Martins et al. (2016) observaram que diferentes cultivares de milho respondem de maneira distinta aos tratamentos, não verificando, inclusive, efeitos agronômicos significativos com o uso de bioestimulantes e fertilizantes em determinadas condições, o que reforça a necessidade de novas pesquisas.

Nesse contexto, o uso de bioestimulantes no tratamento de sementes tem se destacado como uma estratégia promissora para melhorar o desempenho inicial das plantas. Dentre esses, a inoculação com microrganismos como *Azospirillum brasilense* tem apresentado resultados positivos, especialmente no desenvolvimento inicial das plântulas (Correia et al., 2025). Esses efeitos estão relacionados à qualidade fisiológica das sementes, expressa por germinação rápida e uniforme, elevado vigor e estabelecimento eficiente do estande. Assim, diversos estudos indicam que inoculantes à base de *A. brasilense* podem promover plântulas mais vigorosas e com emergência mais homogênea (Pedrozo et al., 2025). Por outro lado, há relatos de que a inoculação não resultou em incrementos na produtividade nem na qualidade fisiológica das sementes de milho (Brito et al., 2025), evidenciando a influência do genótipo, do ambiente e do manejo sobre a resposta da cultura.

Dessa forma, torna-se fundamental investigar os efeitos da associação entre bioinoculantes e fertilizantes minerais no tratamento de sementes, especialmente diante da variabilidade genética entre cultivares. Produtos como o Plenar[®] Arenito, formulado com ferro e silício, e inoculantes à base de *A. brasilense* vêm sendo estudados por seu possível papel na melhoria da absorção de nutrientes e da qualidade fisiológica das sementes. No entanto, os efeitos dessa associação sobre o desenvolvimento inicial das plântulas ainda carecem de comprovação, o que justifica a necessidade de uma avaliação criteriosa.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do tratamento de sementes de milho do híbrido Morgan[®] MG593 com o inoculante LALRISE AZOS^{SC} (ingrediente ativo: *A. brasilense*, cepa Az39) e o fertilizante mineral Plenar[®] Arenito, aplicados isoladamente ou em combinação, sobre a qualidade fisiológica das sementes e a morfofisiologia das plântulas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Paranaense – UNIPAR, Campus I - Sede, localizada no município de Umuarama, Paraná, com o objetivo de avaliar a germinação e o vigor das sementes, bem como o desenvolvimento inicial de plântulas de milho (híbrido Morgan[®] MG593) sob diferentes tratamentos de sementes.



Foram avaliados quatro tratamentos:

- ST: sementes sem tratamento (controle);
- AB: sementes tratadas com 22,75 mL kg⁻¹ do inoculante LALRISE AZOS^{SC} (ingrediente ativo: *Azospirillum brasilense*, cepa Az39);
- PA: sementes tratadas com 22,75 mL kg⁻¹ do fertilizante mineral complexo Plenar[®] Arenito, contendo 21,96 g L⁻¹ de ferro (Fe) e 89,06 g L⁻¹ de silício (Si), ambos solúveis em água;
- AB+PA: sementes tratadas com a combinação dos dois produtos nas mesmas proporções.

As doses utilizadas foram baseadas na recomendação dos fabricantes (500 mL ha⁻¹), considerando uma população de 60.000 plantas por hectare. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições por tratamento.

Foram realizados os seguintes testes, com as respectivas variáveis avaliadas:

- **Teste de germinação:** foram utilizadas 50 sementes por repetição, totalizando 200 sementes por tratamento. As sementes foram colocadas entre três folhas de papel Germitest umedecidas com água deionizada, na proporção de 2,5 vezes a massa seca do substrato. Os rolos foram acondicionados em germinador a 25 °C. As avaliações foram realizadas no quarto e no sétimo dia após a sementeira, conforme as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2025). As variáveis analisadas foram: primeira contagem de germinação (PCG, %), e porcentagem de germinação (PG, %);
- **Teste de comprimento de plântulas:** utilizaram-se 20 sementes por repetição (80 por tratamento), dispostas em rolos de papel Germitest umedecidos com água destilada (2,5 vezes a massa do papel), incubados a 25 °C. Após 13 dias, foram selecionadas aleatoriamente 10 plântulas normais por repetição para mensuração do comprimento da parte aérea (CPA) e da raiz (CR), conforme metodologia adaptada de Nakagawa (1999). Os resultados foram expressos em cm por plântula. Posteriormente, as plântulas foram seccionadas em parte aérea e raiz, acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa com circulação forçada de ar a 70 °C até peso constante. A massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR) foi determinada em balança analítica com precisão de 0,001 g. Além disso, cinco plântulas por tratamento foram selecionadas aleatoriamente para avaliação do sistema radicular por meio de análise de imagens, utilizando o software Safira[®] (Embrapa). Determinaram-se o volume radicular (VR, mm³), área superficial (AS, mm²) e diâmetro médio das raízes (DM, mm). As imagens foram capturadas com auxílio de uma câmera fotográfica posicionada a 32 cm de altura (Figura 1);

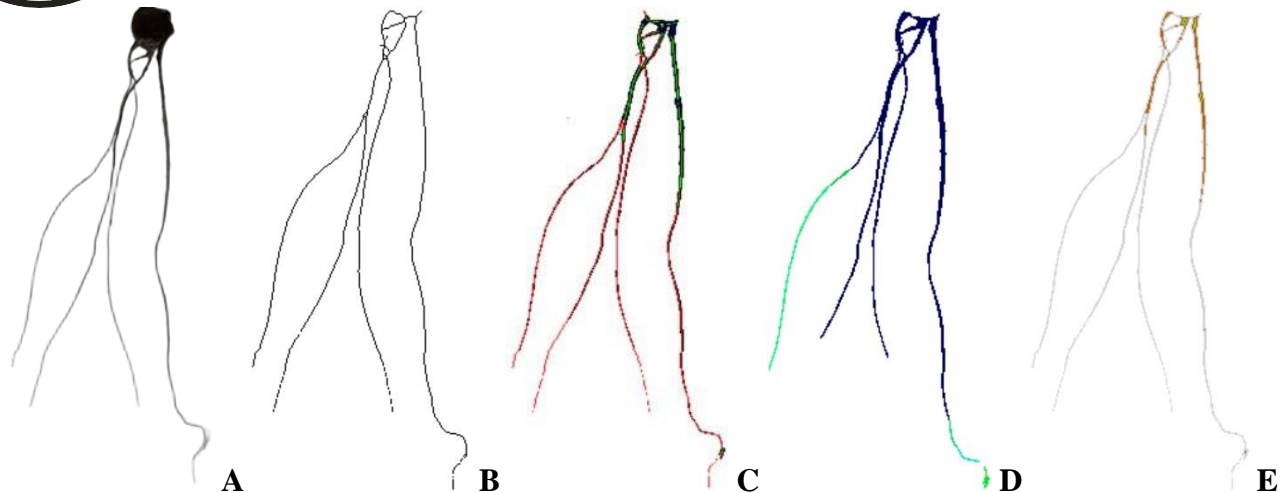


Figura 1 – Avaliação do sistema radicular por meio da análise de imagens no software Safira[®]. A – Original; B – Esqueleto; C – Esqueleto colorido; D – Segmentada; E – Transformada em distância.

- **Teste de emergência em areia:** conduzido com quatro subamostras de 50 sementes por tratamento, em bandejas preenchidas com areia previamente autoclavada e seca, umedecida à capacidade de campo com água deionizada. As sementes foram semeadas em sulcos de 3 cm de profundidade, com espaçamento de 4 cm entre linhas. As bandejas foram mantidas em câmara de crescimento a 25 °C, com irrigação realizada sempre que necessário para manter o substrato na capacidade de campo. A emergência foi avaliada diariamente durante 16 dias, quando houve a estabilização da emergência das plântulas. Foram determinadas: a porcentagem de emergência (EMERG, %), o índice de velocidade de emergência (IVE), conforme Maguire (1962), e o tempo médio de emergência (TME, dias), de acordo com Lima et al. (2006). Considerou-se emergida a plântula cujo coleóptilo era visível com no mínimo 2 mm. Aos 16 dias após a semeadura, as plântulas emergidas foram avaliadas quanto aos seguintes parâmetros fisiológicos: índices de balanço de nitrogênio (NBI), de clorofilas (CHL), de flavonoides (FLAV) e de antocianinas (ANTH); rendimento quântico efetivo do fotossistema II (Y); rendimento quântico máximo do fotossistema II (Fv/Fm), potencial fotoquímico (Fv/Fo), coeficiente de extinção fotoquímica (qP), coeficiente de extinção não fotoquímica (qN), parâmetro de extinção não fotoquímica (NPQ) e rendimento quântico de energia não dissipada (Y[NO]).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$), utilizando-se o software Sisvar, versão 5.6.



UNIVERSIDADE PARANAENSE – UNIPAR

AGRONOMIA



RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância (Tabela 1) demonstrou que os diferentes tratamentos aplicados às sementes de milho (híbrido Morgan[®] MG593) exerceram efeito significativo ($p < 0,05$) sobre algumas variáveis relacionadas à qualidade fisiológica e ao desenvolvimento inicial das plântulas. As variáveis que apresentaram diferença estatística entre os tratamentos foram: primeira contagem de germinação (PCG), porcentagem de germinação (PG), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR) e tempo médio de emergência (TME). Já as demais variáveis avaliadas não apresentaram diferenças estatisticamente significativas, sugerindo que não foram sensivelmente afetadas pelos tratamentos aplicados.

Em consonância com os resultados do presente estudo, Dutra et al. (2025) também relataram efeitos positivos do uso de bioinsumos no tratamento de sementes, promovendo melhorias na qualidade fisiológica e no desenvolvimento inicial das plântulas. Por outro lado, Correia et al. (2025), ao investigarem a aplicação de *Azospirillum brasilense* em sementes de milho (cultivar LG36760), não constatarem diferenças significativas na germinação em comparação ao controle. Ainda assim, os autores destacaram que a inoculação com *Bacillus aryabhatai* e *A. brasilense*, isoladamente ou em combinação, favoreceu o desenvolvimento inicial das plantas. Esses resultados reforçam a importância de uma avaliação criteriosa de cada bioinsumo, levando em conta aspectos como a forma de aplicação, a época, a dosagem e as características do material genético utilizado.



Tabela 1 – Análise de variância das variáveis relacionadas à qualidade fisiológica de sementes, bem como às características morfofisiológicas de plântulas de milho (híbrido Morgan® MG593), provenientes de sementes submetidas a diferentes tratamentos.

Variável	PCG	PG	CPA	CR	MSPA
<i>p</i> -valor	0,0001*	0,0265*	0,0183*	0,0014*	0,1713 ^{NS}
CV%	17,68	4,97	18,87	8,73	13,48
Variável	MSR	VR	AS	DM	EMERG
<i>p</i> -valor	0,1600 ^{NS}	0,3065 ^{NS}	0,1172 ^{NS}	0,8338 ^{NS}	0,7256 ^{NS}
CV%	19,94	30,62	27,78	12,28	2,15
Variável	IVE	TME	NBI	CHL	FLAV
<i>p</i> -valor	0,1953 ^{NS}	0,0054*	0,8246 ^{NS}	0,5988 ^{NS}	0,3219 ^{NS}
CV%	4,34	2,48	11,59	8,27	10,73
Variável	ANTH	Y	Fv/Fm	Fv/Fo	qP
<i>p</i> -valor	0,5716 ^{NS}	0,9716 ^{NS}	0,4114 ^{NS}	0,3373 ^{NS}	0,9000 ^{NS}
CV%	4,61	1,04	1,42	5,42	9,89
Variável	qN	NPQ	Y(NO)		
<i>p</i> -valor	0,3242 ^{NS}	0,2553 ^{NS}	0,2099 ^{NS}		
CV%	6,50	15,70	1,71		

^{NS} = não significativo; * = significativo a $p < 0,05$.

PCG – primeira contagem de germinação (%); PG – porcentagem de germinação (%); CPA – comprimento da parte aérea (cm plântula⁻¹); CR – comprimento da raiz (cm plântula⁻¹); MSPA – massa seca da parte aérea (g plântula⁻¹); MSR – massa seca da raiz (g plântula⁻¹); VR – volume radicular (mm³); AS – área superficial do sistema radicular (mm²); DM – diâmetro médio radicular (mm); EMERG – emergência em areia (%); IVE – índice de velocidade de emergência; TME – tempo médio de emergência (dias); NBI – índice de balanço de nitrogênio; CHL – índice de clorofilas; FLAV – índice de flavonoides; ANTH – índice de antocianinas; Y – rendimento quântico efetivo do fotossistema II; Fv/Fm – rendimento quântico máximo do fotossistema II; Fv/Fo – potencial fotoquímico; qP – coeficiente de extinção fotoquímica; qN – coeficiente de extinção não fotoquímica; NPQ – parâmetro de extinção não fotoquímica; Y(NO) – rendimento quântico de energia não dissipada.

Os dados da Tabela 2 indicam que o vigor das sementes de milho foi potencializado pelo tratamento com *A. brasilense*. As plântulas oriundas desse tratamento apresentaram valores superiores de primeira contagem de germinação, bem como maior comprimento da parte aérea e das raízes, quando comparadas à testemunha. Apesar desse desempenho positivo, observou-se que as sementes do híbrido Morgan® MG593 tratadas com o bioestimulante apresentaram tempo médio de emergência mais elevado em relação aos demais tratamentos. Esse aumento pode estar



relacionado ao maior acúmulo de biomassa nas plântulas, conforme sugerido por Sivarathri et al. (2025).

Tabela 2 – Valores médios de primeira contagem de germinação (PCG – dias), porcentagem de germinação (PG – %), comprimento de parte aérea (CPA – cm), comprimento de raiz (CR – cm) e tempo médio de emergência (TME – dias) de plântulas de milho (híbrido Morgan[®] MG593), provenientes de sementes submetidas a diferentes tratamentos.

Tratamento	PCG	PG	CPA	CR	TME
ST	64,00 b	97,00 a	10,69 b	16,74 b	5,19 b
AB	90,00 a	98,00 a	17,41 a	22,24 a	5,53 a
PA	44,50 c	97,00 a	12,78 b	21,99 a	5,20 b
AB+PA	44,00 c	87,50 b	15,47 a	18,35 b	5,15 b

ST – sementes sem tratamento; AB – sementes tratadas com o inoculante LALRISE AZOS^{SC} (*Azospirillum brasilense* – cepa Az39); PA – sementes tratadas com o fertilizante mineral complexo Plenar[®] Arenito; AB+PA – combinação dos dois produtos.

Zeffa et al. (2019) relataram que a inoculação de sementes de milho com *A. brasilense* promoveu maior crescimento das plantas. Resultado semelhante foi observado no presente estudo, com aumento no comprimento da parte aérea e das raízes em comparação à testemunha. Além disso, os autores destacaram que essa prática representa uma estratégia sustentável e economicamente viável para o cultivo do milho.

O tratamento com o fertilizante mineral Plenar[®] Arenito (PA) também favoreceu o crescimento radicular, alcançando 21,99 cm, sem diferença estatisticamente significativa em relação ao tratamento isolado com *A. brasilense*. Contudo, seus efeitos sobre a primeira contagem de germinação (PCG – 44,5%) e o comprimento da parte aérea (CPA – 12,78 cm) foram inferiores aos observados no tratamento com *A. brasilense* (Tabela 2).

A combinação dos dois produtos (AB+PA) não apresentou efeito sinérgico. Apesar de o comprimento da parte aérea (15,47 cm) ter se mantido elevado, o comprimento de raiz (18,35 cm) e a PCG (44,00%) foram inferiores ao tratamento com *A. brasilense* isolado. Ademais, o valor de GF nesse tratamento foi o mais baixo entre todos os grupos (87,50%), indicando uma possível interferência negativa entre os insumos aplicados simultaneamente. O desempenho inferior da combinação dos insumos (AZ+PA) evidencia a necessidade de estudos mais aprofundados sobre a compatibilidade entre produtos biológicos e minerais, conforme já ressaltado por Berro et al.



UNIVERSIDADE PARANAENSE – UNIPAR

AGRONOMIA



(2024).

Lerner et al. (2021) observaram que a inoculação com *A. brasilense* não influenciou atributos morfométricos nem variáveis fisiológicas ao longo do desenvolvimento do milho, resultado semelhante ao encontrado no presente estudo ao avaliar os parâmetros morfofisiológicos de plântulas provenientes de diferentes tratamentos de sementes (Tabela 1).

A observação de respostas diferenciadas entre os tratamentos reforça a importância de análises multidimensionais para compreender o desempenho de bioinsumos e suas possíveis interações com outros produtos amplamente utilizados na agricultura, como os fertilizantes minerais. Por essa razão, o presente estudo contemplou variáveis morfológicas e fisiológicas, considerando que diferentes materiais genéticos podem responder de maneira distinta às intervenções realizadas. Nesse contexto, a inoculação de sementes com *A. brasilense* apresentou melhor desempenho fisiológico, indicando seu potencial como ferramenta biotecnológica para a melhoria do desempenho inicial das plântulas.

Os dados obtidos confirmam a superioridade do uso isolado de *A. brasilense* no tratamento de sementes do milho híbrido Morgan[®] MG593, evidenciando seu potencial como alternativa promissora para o fortalecimento do estabelecimento das plântulas. Tal desempenho contribui diretamente para a elevação da eficiência agrônômica, especialmente em sistemas produtivos sustentáveis, e reforça a viabilidade do tratamento biológico como estratégia eficaz e ambientalmente responsável para a agricultura moderna.

CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo demonstram que a inoculação isolada de sementes de milho do híbrido Morgan[®] MG593 com *Azospirillum brasilense* constitui a estratégia mais eficaz entre os tratamentos avaliados, promovendo ganhos significativos na qualidade fisiológica das sementes e no desenvolvimento inicial das plântulas. Esse tratamento destacou-se por proporcionar os maiores valores médios para atributos morfológicos, como o comprimento da parte aérea e do sistema radicular, além de maior vigor inicial, evidenciado pela primeira contagem de germinação.

A aplicação do fertilizante mineral Plenar[®] Arenito apresentou efeitos positivos pontuais, especialmente no crescimento radicular, mas não foi suficiente para melhorar de forma abrangente as demais variáveis analisadas. A combinação entre o inoculante e o fertilizante não resultou em efeito sinérgico, apresentando desempenho inferior ao do inoculante aplicado isoladamente, o que pode indicar uma possível incompatibilidade entre os insumos. A inoculação com *A. brasilense*,



de forma isolada, revela-se uma alternativa promissora para potencializar o vigor de sementes de milho (híbrido Morgan[®] MG593) em ambientes controlados, com potencial aplicação em práticas agrícolas sustentáveis.

REFERÊNCIAS

BERRO, M. L. C.; SCHMITT, M.; FIPKE, G. M.; FERNANDES, A. A.; MARTINS, M. B.; PINHO, R. S. C. de. Eficiência agrônômica do uso de bioinsumos na cultura do trigo. **Caderno Pedagógico**, v. 21, n. 10, e9865, 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/SDA, 2025. Disponível em: https://wikisda.agricultura.gov.br/pt-br/Laborat%C3%B3rios/Metodologia/Sementes/RAS_2025/RAS_2024. Acesso em: 31 ago. 2025.

BRITO, A. de M.; LIMA, J. J. P.; JÚNIOR, J. B. A. G.; COSTA, E. M. da; ROCHA, L. B.; SILVA, G. F. da; MACHADO, T. de L. Adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum brasilense* na produtividade e qualidade fisiológica de sementes de milho. **Observatório de la Economía Latinoamericana**, v. 23, n. 9, e11422, 2025.

CADORE, R.; PAULINO da COSTA NETTO, A.; FIALHO dos REIS, E.; ANTONIO RAGAGNIN, V.; SIQUEIRA FREITAS, D.; PERES de LIMA, T.; ROSSATO, M.; ALVES D'ABADIA, A. C. Híbridos de milho inoculados com *Azospirillum brasilense* sob diferentes doses de nitrogênio. **International Journal of Maize & Sorghum**, v. 15, n. 3, p. 398–409, 2016.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília, DF, v. 13, safra 2025/26, n. 3, terceiro levantamento, 2025.

CORREIA, T. A. L.; SIMÕES, V. V.; ALVES, A. C. R.; PORTUGAL, J. M.; LIMA, F. M. D. de; REZENDE, A. V. de; OLIVEIRA, T. É. de. Interaction of plant growth-promoting bacteria on corn seed germination. **Observatório de la Economía Latinoamericana**, v. 23, n. 4, e9721, 2025.

DUTRA, F. B.; LIMA, J. de; INOCENTE, M. C.; FRANCISCO, B. S.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Bioinput treatments enhance germination and vigor of *Mimosa bimucronata* seeds. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 55, e82513, 2025.

LERNER, A. W.; GUIMARÃES, V. F.; BRITO, T. S.; RÖSKE, V. M.; CECATTO JUNIOR, R.; SILVA, A. S. L.; WEIZENMANN, J. C. Inoculation methods of *Azospirillum brasilense* associated to the application of soil bioactivator in the maize crop. **Communications in Plant Sciences**, v. 11, p. 67–75, 2021.

LIMA, J. D.; ALMEIDA, C. C.; DANTAS, V. A. V.; SILVA, B. M. S.; MORAES, W. S. Efeito da temperatura e do substrato na germinação de sementes de *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. (Leguminosae, Caesalpinoideae). **Revista Árvore**, v. 30, n. 4, p. 513–518, 2006.



UNIVERSIDADE PARANAENSE – UNIPAR

AGRONOMIA



MAGUIRE, J. D. Speed of germination—Aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176–177, 1962.

MARTINS, D. C.; BORGES, I. D.; CRUZ, J. C.; NETTO, D. A. M. Produtividade de duas cultivares de milho submetidas ao tratamento de sementes com bioestimulantes, fertilizantes líquidos e *Azospirillum* sp. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 15, n. 2, p. 217–228, 2016.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 2.1–2.24.

PEDROZO, C. D.; FERRARI, A. S.; FRONZA, L. G. L.; HINTZ, A. H. R.; MARQUES, A. C. R.; MICHELON, C. J.; JUNGES, E. Cover crops as a vehicle for soil application of bio-inputs based on *Azospirillum brasilense* and *Bacillus amyloliquefaciens*. **Brazilian Journal of Biology**, v. 85, e299282, 2025.

SHELAR, A.; SINGH, A. V.; CHAURE, N.; JAGTAP, P.; CHAUDHARI, P.; SHINDE, M.; NILE, S. H.; CHASKAR, M.; PATIL, R. Nanoprimers in sustainable seed treatment: molecular insights into abiotic-biotic stress tolerance mechanisms for enhancing germination and improved crop productivity. **Science of the Total Environment**, v. 951, 175118, 2024.

SILVA, D. F. da; GARCIA, P. H. de M.; SANTOS, G. C. de L.; FARIAS, I. M. S. C. de; PÁDUA, G. V. G. de; PEREIRA, P. H. B.; SILVA, F. E. da; BATISTA, R. F.; GONZAGA NETO, S.; CABRAL, A. M. D. Características morfológicas, melhoramento genético e densidade de plantio das culturas do sorgo e do milho: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, e12310313172, 2021.

SIVARATHRI, B. S.; NARAYANA, N. K.; BRYANT, C. J.; DHILLON, J.; REDDY, K. R.; BHEEMANAHALLI, R. Influence of seed-applied biostimulants on soybean germination and early seedling growth under low and high temperature stress. **Plant Physiology Reports**, v. 30, p. 32–44, 2025.

ZEFFA, D. M.; PERINI, L. J.; SILVA, M. B.; SOUSA, N. V. de; SCAPIM, C. A.; OLIVEIRA, A. L. M.; AMARAL JÚNIOR, A. T. D.; AZEREDO GONÇALVES, L. S. *Azospirillum brasilense* promotes increases in growth and nitrogen use efficiency of maize genotypes. **PLoS One**, v. 14, n. 4, e0215332, 2019.