



Produção e produtividade de milho inoculado com *Azospirillum brasilense* fertilizado com cama de frango

Deise Cadorin VITTO^{1*}, Vandeir Francisco GUIMARÃES¹, Paulo Sérgio Rabello de OLIVEIRA¹, Roberto CECATTO JUNIOR¹, André Silas Lima da SILVA¹, Alisson Rodrigo Steffens HOSCHIED¹

¹Universidade Estadual do Oeste Paranaense, Marechal Cândido Rondon, PR, Brasil.

*E-mail: deisevitto@gmail.com

(ORCID: 0000-0003-1671-4799; 0000-0001-7117-1905; 0000-0002-0478-1006; 0000-0002-8712-8685; 0000-0001-8189-2351; 0000-0003-2311-8637)

Submetido em 11/11/2022; Aceito em 21/10/2022; Publicado em 08/11/2022.

RESUMO: Formas adequadas para a nutrição de plantas, aliada ao uso de microrganismos que promovam o crescimento vegetal, são importantes para alcançar o equilíbrio e a sustentabilidade na agricultura. Neste trabalho, estudou-se os principais efeitos no milho em função da inoculação de sementes com *A. brasilense* associadas à fertilização com cama de frango. O trabalho foi conduzido a campo, em duas áreas, com delineamento experimental em blocos casualizados, em esquema 2x6. O primeiro fator foi a inoculação com *A. brasilense* e controle. O segundo fator foram seis doses de cama de frango, estabelecidas pela recomendação de adubação, utilizando-se 0, 50, 100, 150, 200, 250% da dose recomendada para cada área. Aos 60 dias após a semeadura, foram realizadas análises morfométricas, como altura de planta e diâmetro de colmo, massa da matéria seca de colmo mais bainha e de folha. No estágio R6, aproximadamente os 150 dias após a semeadura, foram determinados a massa de mil grãos e a produtividade. A cama de frango influenciou positivamente na produtividade, altura e diâmetro basal de colmo e massa seca da parte aérea do milho. O *A. brasilense* promoveu o aumento de massa de folhas, influenciando positivamente na massa de mil grãos e na produtividade do milho. **Palavras-chave:** *Zea mays* L.; bactérias promotoras de crescimento vegetal; adubação orgânica.

Production and productivity of corn inoculated with *Azospirillum brasilense* fertilized with chicken bed

ABSTRACT: Appropriate forms of plant nutrition, combined with the use of microorganisms that promote plant growth, is important to achieve balance and sustainability in agriculture. In this work, the main effects on corn as a function of seed inoculation with *A. brasilense* associated with fertilization with chicken litter were studied. The work was carried out in the field, in two areas, with an experimental design in randomized blocks, in a 2x6 scheme. The first factor was inoculation with *A. brasilense* and control. The second factor was six doses of chicken litter, established by the fertilization recommendation, using 0, 50, 100, 150, 200, 250% of the recommended dose for each area. At 60 days after sowing, morphometric analyzes were performed, such as plant height and stem diameter, stem dry matter mass plus sheath and leaf. At stage R6, approximately 150 days after sowing, the mass of a thousand grains and yield were determined. Chicken litter positively influenced yield, height and basal stem diameter and shoot dry mass of corn. *A. brasilense* promoted the increase in leaf mass, positively influencing the mass of a thousand grains and maize yield.

Keywords: *Zea mays* L.; plant growth promoting bacteria; organic fertilization.

1. INTRODUÇÃO

A previsão de produção de milho no Brasil é de uma safra recorde que poderá chegar a 118 milhões de toneladas, nas safras de 2021/22. Superando facilmente as últimas safras com aumento de 40 por cento em relação ao ano anterior (USDA, 2021).

No que se refere ao estado do Paraná, sua elevada atividade agrícola, o deixa entre os primeiros no ranking de produção do grão. Permanecendo em segundo lugar na previsão de produção de grãos de milho com cerca de 16 milhões de toneladas, atrás apenas do Mato Grosso, que apresenta uma produção em torno de 48 milhões de toneladas (USDA, 2021).

O Brasil é considerado hoje, um dos líderes mundiais no que se refere ao plantio de grãos, sendo favorecido pelas

tecnologias e manejos adotados atualmente no cultivo, pois a cultura possui elevado potencial produtivo, bem como, alto valor nutricional, sendo principalmente utilizado na alimentação humana e animal (CAMPANHA et al., 2012).

Sabendo disso, o Brasil apresenta grande importância para as atividades de criação de animais com o objetivo de produção de carne e leite, como aves, suínos e bovinos, pois de todo o milho que é produzido nacionalmente, cerca de 47% são voltados para a criação desses animais (BRASIL, 2020).

No entanto, essas características, leva a alta produção de resíduos orgânicos nas propriedades pecuárias, sendo que esse aumento vem provocando impactos ambientais, pois sua taxa de geração é maior que de degradação. Assim, é cada vez mais importante e necessário encontrar formas de

aproveitamento desse material, buscando a reciclagem e reaproveitamento dos resíduos gerados na agropecuária, para recuperar matéria e energia.

Uma alternativa de uso para esses resíduos é disponibilizando como nutrientes para plantas, pois esse material possui alto potencial nutritivo, sendo assim pode ser empregado como matéria prima principal para a adubação, diminuindo o valor de manejo das culturas da região, além de ser uma forma correta para descarte deste resíduo.

Dentre outros fatores, a planta de milho requer elevada quantidade de macro e micronutrientes como nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), zinco (Zn) enxofre (S), dentre outros que são disponibilizados através do solo conforme o nível de produtividade esperada. Contudo, a maioria dos solos brasileiros necessita do uso de fertilizantes químicos para suprir toda a demanda nutricional da cultura (HUNGRIA; NOGUEIRA, 2020).

A utilização da adubação orgânica pode ser empregada de forma complementar ou total para fornecer o aparato de nutrientes que as plantas necessitam devido ao seu elevado teor de nutrientes (SANTOS et al., 2014). Entre os resíduos oriundos da produção animal, a cama de frango está disponível nas propriedades a baixo custo, sendo sua aplicação em cultivos comerciais uma alternativa de uso sustentável quando manejado de forma adequada (COSTA et al., 2009).

Segundo alguns autores, a utilização de cama de frango favorece o melhoramento de algumas características do solo quando comparado aos adubos químicos, como a sua alta concentração de macronutrientes, aumento do pH do solo (ZHANG et al., 2001), maior capacidade de retenção e infiltração de água, o aumento no teor de matéria orgânica e no carbono total do solo, além de promover incrementos na sua qualidade química, física e biológica e na produtividade de diversos cultivos (SANTOS et al., 2014).

A cama de frango é um material composto pela mistura de substrato utilizada na forração de pisos de galpões utilizadas para a proteção dos animais, que ao passar dos lotes de frangos, fica constituída por fezes, penas e restos de ração (BLUM et al., 2003). Para se recomendar a quantidade correta de aplicação, sempre deve-se levar em conta as propriedades químicas do solo, bem como, as necessidades da cultura (COSTA et al., 2009). No entanto, a cama de frango apresenta variabilidade em sua composição, dependendo do sistema de criação utilizado, o número de lotes criados sobre a cama, modo e tempo de compostagem.

Segundo os autores Pitta et al. (2012), nos primeiros 60 dias após o material ser retirado e passar pelo triturador, ocorre a maior parte da decomposição e da liberação dos nutrientes da cama de frango, apresentando valores em torno de 40, 34, 91 e 39% de liberação para os nutrientes N, P, K e Ca, respectivamente, encontrados na massa seca inicial da cama.

Estudos realizados relatam a eficiência do uso da cama de frango para diversas culturas. Na aveia seu uso favorece o aumento da produção de massa seca, enquanto no milho eleva os índices de produtividade, quando comparado a adubação mineral (SANTOS et al., 2014).

Outro método disponível para elevar o desempenho da cultura é a prática de inoculação em sementes utilizando bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCVs), que são microrganismos que crescem próximo às raízes (rizobactérias) das plantas sendo estimuladas pelos exsudatos radiculares e que tem a capacidade de promover o

crescimento vegetal através de diferentes mecanismos quando inoculadas nas sementes ou no solo (COSTA et al., 2015).

Dentre os microrganismos capazes de auxiliar na promoção do crescimento da planta, encontra-se as bactérias do gênero *Azospirillum* sp. que são estudadas desde a década de 1970. Esses organismos são consideradas como endofíticas facultativas, pois colonizam tanto o interior quanto as superfícies das raízes de gramíneas (BALDANI; BALDANI, 2005) e também, outras famílias botânicas, como a Fabaceae, onde o uso de *Azospirillum* sp associado ao *Bradyrhizobium* (coinoculação), em plantas de soja apresentam nodulação mais abundante e precoce (HUNGRIA; NOGUEIRA, 2020), bem como, com ganhos médios superiores sobre a produtividade, chegando a valores 16% superiores ao inoculado com *Bradyrhizobium* apenas (CHIBEBE et al., 2015).

A inoculação com esses microrganismos como o *Azospirillum brasilense*, pode estar relacionada a múltiplos mecanismos capazes de estimular o crescimento de plantas (COSTA et al., 2015), como a solubilização de fosfatos inorgânicos do solo (DOBBELAERE et al., 2003), a produção de hormônios vegetais e em menor escala, a fixação biológica de nitrogênio (COSTA et al., 2015).

Vale ressaltar que apesar do *A. brasilense* realizar fixação biológica de nitrogênio, não é capaz de suprir totalmente as necessidades da cultura, mas pode proporcionar uma economia de até 50% no uso de fertilizantes nitrogenados (HUNGRIA et al., 2010). Informação essa que é de suma importância pois a utilização de BPCV pode ser considerada uma tecnologia que está em sintonia com a abordagem atual da agricultura, respeitando as necessidades de ser uma técnica sustentável, trazendo benefícios para o meio ambiente, pelo fato de dispensar parte da adubação nitrogenada nas culturas de gramíneas.

Alguns trabalhos realizados com a aplicação de *A. brasilense*, em sementes de milho mostraram que pode ocorrer modificações no sistema radicular da planta, resultando uma maior produção de raízes, ampliando assim sua exploração no solo (HUNGRIA et al., 2010). Blaha et al. (2006) estudando a filogenia de BPCVs e sua relação com as plantas, perceberam respostas positivas a estímulos provocados por fitormônios como auxinas, citocininas, giberelinas e a redução dos níveis de etileno, porque estes mesmos estímulos são originados através da associação planta-microrganismo.

Segundo os autores, a interação entre o *Azospirillum* sp. e as plantas de milho, resulta em crescimento ativo de parte aérea, produção de massa seca, eficiência no uso da radiação, produção de grãos e solubilização de fosfatos indisponíveis para a planta (RODRIGUEZ et al., 2004). Bem como, Quadros et al. (2014) analisando plantas de milho em relação ao uso de inoculação com *Azospirillum* sp. percebeu aumento na produtividade do grão de até 30% em relação ao controle não inoculado.

Apesar de algumas pesquisas realizadas na área, ainda há a necessidade de estudos que possam avaliar os efeitos deste fertilizante orgânico quando associado à prática de inoculação de sementes em plantas de milho na região oeste do Paraná. Para isso, é de suma importância a realização de trabalhos verificando as relações entre plantas de milho inoculadas com BPCVs, associadas à adubação orgânica, para chegar ao entendimento sobre a elevação do desempenho agrônomico da cultura frente ao atual cenário agrícola. Portanto, é esperado que as diferentes doses de cama de

frango associadas ao *Azospirillum brasilense* na semente proporcionem incrementos no desenvolvimento da cultura resultando em maior produtividade, quando comparada à sua utilização isolada.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho entre a inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e diferentes doses de cama de frango nas características agrônômicas e na produtividade de plantas de milho.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido durante o ano agrícola 2017/2018 em duas áreas experimentais no estado do Paraná. O primeiro experimento foi na fazenda experimental “Professor Antônio Carlos dos Santos Pessoa” com coordenadas geográficas de 24°31’57” Sul, 54°01’11” Oeste e altitude aproximada de 400 metros, na cidade de Marechal Cândido Rondon – PR, pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná. O segundo experimento, localizada em propriedade particular, localizada no município de Toledo – PR, com coordenadas geográficas de 24°38’35” Sul, 53°54’52” Oeste e altitude aproximada de 450 m. Ambos os locais apresentam LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico (SANTOS et al., 2018).

A região na qual ficava os experimentos, é classificada climaticamente como tipo Cfa, apresentando chuvas distribuídas ao longo do ano e verões quentes. A temperatura média anual é de 22°C e precipitação pluvial média varia de 1600 a 1800 mm (CAVIGLIONE et al., 2000). Os dados meteorológicos do experimento I, foram fornecidos pela Estação Meteorológica Automática do município de Marechal Cândido Rondon (A820) (Figura 1a). Os dados meteorológicos do experimento II, foram cedidos pela Cooperativa Agropecuária Mouraoense (COAMO) de Dois Irmãos/Toledo (Figura 1b).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, em esquema fatorial 2x6, com quatro repetições cada, com total de 48 unidades experimentais em cada área. O primeiro fator foi as sementes com inoculação usando *Azospirillum brasilense* e não inoculadas. O segundo fator foram seis doses de cama de frango, pré-estabelecidas pela análise de recomendação de adubação, sendo utilizado 0, 50, 100, 150, 200, 250% da dose recomendada para cada área.

As unidades experimentais constituíram de dez linhas, com espaçamento de 0,50 m entre si, com seis metros de comprimento, atingindo uma população de 65.000 plantas ha⁻¹. O híbrido de milho utilizado foi o 30F53 VYHR da empresa Pioneer®, que apresenta alto potencial de produtividade em resposta à adubação. Como parcela útil, foram consideradas as seis linhas centrais da parcela, descartando-se um metro de cada extremidade e duas linhas nas laterais.

Vale ressaltar que as duas áreas experimentais utilizadas nessa pesquisa apresentavam manejo distintos, pois o experimento I apresentava completa ausência de palhada devido ao fato de ser uma área utilizada para produção de silagem de planta inteira de milho durante a safrinha anterior, permanecendo em pousio no inverno e não se realizando semeadura direta, apresentando assim, menor teor de material orgânico em sua superfície. Enquanto o experimento II apresentava a palhada de milho da safrinha anterior em sua superfície, permanecendo em pousio durante o inverno e se realizando semeadura direta para implantação do experimento.

Antes da implantação da cultura, foi realizada a coleta do solo e posterior análise química para determinação das características químicas do solo das duas áreas na profundidade de 0,00-0,20 m e com base nesta, a recomendação da adubação com cama de frango. Os dados da análise química de solo do experimento I apresentou os seguintes valores: 8,89 g dm⁻³ de M.O.; pH (CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹) 4,82; 40,49 mg dm⁻³ de P (melich⁻¹); 0,36 cmol_c dm⁻³ de K⁺; 4,47 cmol_c dm⁻³ de Ca²⁺; 1,77 cmol_c dm⁻³ de Mg²⁺; 12,39 cmol_c dm⁻³ de CTC; 53,27% de saturação de bases e relação Ca/Mg de 2,52.

A análise do experimento II, em Toledo/PR, apresentou na sua constituição química os valores de: 17,77 g dm⁻³ de M.O.; pH (CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹) 4,95; 7,51 mg dm⁻³ de P (melich⁻¹); 0,91 cmol_c dm⁻³ de K⁺; 7,34 cmol_c dm⁻³ de Ca²⁺; 1,40 cmol_c dm⁻³ de Mg²⁺; 14,14 cmol_c dm⁻³ de CTC; 68,18% de saturação de bases e relação Ca/Mg de 5,24.

Não foi realizado calagem nas duas áreas. O material utilizado para a adubação dos tratamentos foi cama de frango proveniente de uma propriedade rural da região, que reutilizou cama de serragem por 9 lotes seguidos de frangos de corte, com duração aproximada de 42 dias cada lote. Assim, após a retirada do último lote, esta cama passou por moagem e permaneceu por 30 dias em repouso coberto com lonas pretas. Uma amostra foi submetida à análise química para determinação de sua composição: 78,49% de massa seca; 24,35% de resíduo mineral total; pH (CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹) 8,62; 1,16% de N total; 1,45% de P total; 1,41% de K total; 4,70% de Ca total; 0,31% Mg total; 41,57 mg kg⁻¹ de Cu total; 239,39 mg kg⁻¹ de Zn total; 330,29 mg kg⁻¹ de Mn total; 4121,51 mg kg⁻¹ de Fe total e 19,43 mg kg⁻¹ de B total. Esta análise foi feita de acordo com análise de fertilizantes orgânicos e seus dados de nutrientes estão determinados com base na massa seca do fertilizante.

Com isso, os cálculos para recomendação da quantidade de adubo orgânico a ser aplicada se deu através da metodologia de Pavinato et al. (2017), a qual utiliza como base os nutrientes de maior demanda da cultura e que está em maior quantidade na composição química do adubo orgânico, sendo nesse caso, o fósforo total do resíduo (Equação 1).

$$DE = A \times \left\{ \frac{1}{\left(\frac{B}{1000} \right) \times \left(\frac{C}{1000} \right) \times D} \right\} \quad (01)$$

em que: DE = dose de esterco a ser aplicada na área em t ha⁻¹, A = quantidade de nutriente a ser aplicada em kg ha⁻¹; B = massa seca do adubo orgânico, em kg t⁻¹; C = quantidade do nutriente na massa seca, em kg t⁻¹; D = índice de eficiência na liberação do nutriente no primeiro ano para cultura do milho, que é 0,8 para o fósforo.

Através do cálculo, foi definida a dose para o experimento I de 4000 kg ha⁻¹ e as doses a serem aplicadas de 0, 2000, 4000, 6000, 8000 e 10000 kg ha⁻¹ de cama de frango. Para o experimento II, definiu-se a dose recomendada de 6600 kg ha⁻¹ e as doses a serem aplicadas de 0, 3300, 6600, 9900, 13200 e 16500 kg ha⁻¹ de cama de frango. Todas as doses foram aplicadas manualmente, com 40 dias antes da implantação da cultura.

A inoculação das sementes ocorreu no dia da semeadura. Para isso, foi utilizado inoculante com bactérias da espécie *A. brasilense*, com estirpes AbV5 e AbV6, contendo 2×10^8 UFC ml⁻¹, sendo inoculado a dose de 100 ml ha⁻¹. A inoculação foi realizada 30 minutos antes da semeadura, em sacos plásticos, adicionando o volume correspondente de inoculante e homogeneizando por agitação manual durante 3 minutos. A semeadura foi realizada mecanicamente no dia 25 de setembro de 2017. Os tratos culturais, como aplicação de inseticidas, fungicidas e herbicidas foram realizados de acordo com a demanda da cultura.

No estádio V8 (oitava folha totalmente expandida), aos 60 dias após a semeadura (DAS), avaliou-se a altura e diâmetro de colmo de dez plantas por parcela, com auxílio de régua graduada e paquímetro digital. Em seguida, estas mesmas plantas foram cortadas rente ao solo e coletadas para determinação da massa da matéria seca, sendo a massa seca separada, em folhas e colmo mais bainha e acondicionadas em sacos de papel kraft para secagem em estufa de circulação de ar forçado a 65°C até alcançar a massa constante. Após a secagem, as amostras foram pesadas em balança analítica e os resultados expressos em gramas planta⁻¹.

Ao final do ciclo da cultura, no estádio R6, na maturação fisiológica da semente, aproximadamente aos 150 DAS, foi determinada a massa de mil grãos, através da coleta de 10 espigas por parcela, pesando 5 subamostras de 100 grãos.

A produtividade foi determinada através da colheita de 3 linhas da parcela útil por 4 metros de comprimento e fez-se a pesagem desses grãos, expressa em kg ha⁻¹, com massa de grãos corrigida para 13% de teor umidade.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$). Quando detectadas diferenças significativas foi realizado teste Tukey para inoculação e análise de regressão para estudo de doses.

3. RESULTADOS

3.1. Dados meteorológicos dos locais

Os dados meteorológicos dos dois experimentos durante o período da condução do trabalho apresentaram temperaturas médias adequadas para o desenvolvimento da cultura do milho, tendo em vista que o milho expressa todo seu potencial produtivo em temperaturas entre os 18 e 25°C. A precipitação durante o mês de novembro apresentou certa irregularidade em decorrência da estiagem que ocorreu durante 20 dias, com isso, havendo menor disponibilidade hídrica quando a cultura estava no estádio de pleno florescimento, ou seja, momento de maior demanda hídrica da cultura (Figura 1).

A demanda hídrica real da cultura para esse período é de 7 mm diários para o adequado crescimento e desenvolvimento das plantas, mineralização da matéria orgânica do solo e aproveitamento do nitrogênio pelas plantas (BERGAMASCHI et al., 2001).

No entanto, no início de dezembro houve intensas precipitações, podendo também ter prejudicado os estádios de polinização da planta, dificultando o carreamento pelo vento do pólen da parte masculina até a inflorescência da planta, principalmente pela sua umidade, tornando-o mais pesado. Em outras palavras, o estresse hídrico sendo ele causado pelo déficit ou pelo excesso de água na cultura do milho, além de limitar o desenvolvimento da espiga e a translocação de carboidratos para os grãos, pode também afetar a resposta da planta aos diversos nutrientes nela

aplicado, pois pode dificultar sua absorção pela raiz (COELHO et al., 2017).

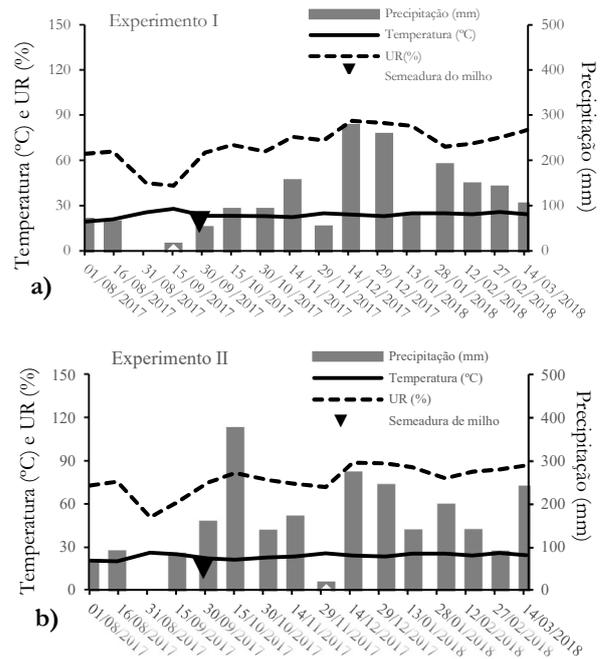


Figura 1. Médias quinzenais de temperatura média, umidade relativa do ar (UR) e precipitação pluviométrica durante o período do experimento I (a), e experimento II (b).

Figure 1. Fortnightly averages of average temperature, relative humidity (UR) and rainfall during the period of experiment I (a), and experiment II (b).

3.2. Altura e diâmetro de plantas de milho

De acordo com os resultados obtidos das avaliações realizadas, verificou-se que houve resposta significativa para a aplicação de diferentes doses do adubo orgânico na altura de planta, tanto no experimento I quanto no experimento II (Figura 2a e 2b).

Assim, percebe-se que com o aumento da dose de cama de frango, foi constatado aumento linear nos valores de altura de planta no estádio V8, apresentando aumento de 34,20% quando aplicado 10000 kg ha⁻¹ de cama de frango por hectare no experimento I. No experimento II, a altura das plantas apresentou resposta linear crescente em função das doses de cama de frango, tendo incremento de 33,84% a altura de planta com a aplicação de 16500 kg ha⁻¹ de cama de frango.

Observou-se diferença significativa na avaliação do diâmetro de colmo do experimento I (Figura 2c), onde se encontrou incremento máximo de 11,18%, com a aplicação da maior dose do adubo orgânico quando comparado ao tratamento que não recebeu a cama de frango.

3.3. Produção de massa seca de colmo+bainha e folhas

Na Figura 3a, ao se avaliar a massa da matéria seca de colmo mais bainha do estádio V8 das plantas de milho do experimento I, nos tratamentos inoculados com as bactérias, observou-se um efeito crescente e quadrático até a dose de 6259 kg ha⁻¹ de adubo orgânico, podendo chegar em torno de 85,50% de massa com a aplicação dessa quantidade de adubo orgânico quando comparada a não aplicação de adubo.

No entanto, após essa dose, houve decréscimo nos valores de massa seca, que pode estar relacionado a disponibilidade muito alta de nutrientes quando aplicado

doses superiores a recomendada, pois a inoculação com bactérias do gênero *Azospirillum* sp. promove maior absorção através de crescimento e desenvolvimento superior do sistema radicular da planta.

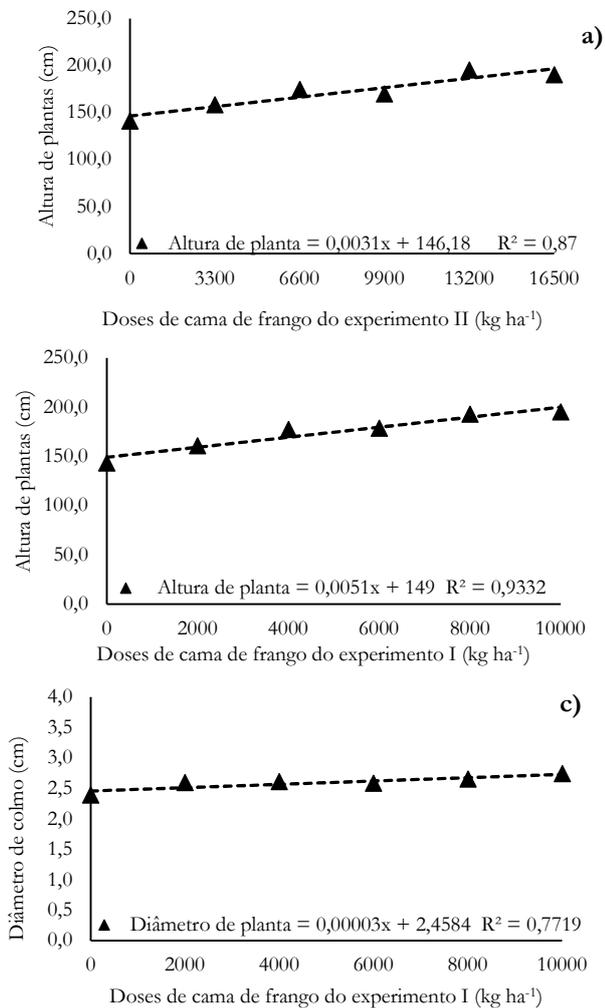


Figura 2. Altura de planta do experimento I (a); altura de planta do experimento II (b) e diâmetro de colmo do experimento I (c) em função das doses de cama de frango.
 Figure 2. Plant height from experiment I (a); plant height from experiment II (b) and stalk diameter from experiment I (c) as a function of broiler litter rates.

Quando aos tratamentos não inoculados da massa seca de colmo mais bainha (Figura 3a) ainda no experimento I, o aumento linear foi de 45,38% de massa quando aplicado 10000 kg ha⁻¹ de cama, resultando em um menor aproveitamento da cama de frango aplicada no solo quando comparado ao tratamento com *A. brasilense*.

Os dados de massa da matéria seca de folha (Figura 3b) no experimento I no tratamento inoculado apresentaram respostas polinomial quadrática, com aumento máximo de 17,98% de massa com a aplicação de 6274 kg ha⁻¹ de cama de frango. No entanto, no tratamento não inoculado, a resposta se deu positiva e linear, apresentando aumento de massa de até 29,57%, conforme a aplicação do adubo orgânico chegou a 10000 kg ha⁻¹.

Deve-se ressaltar que, apesar do incremento ao tratamento não inoculado parecer maior, a resposta de 17,98% do tratamento inoculado com as BPCVs torna-se mais substancial, pois se deu com o uso de menor quantidade

de adubo orgânico aplicada, sendo o suficiente para chegar a produção máxima alcançada de massa seca de folhas pela utilização das bactérias e da cama de frango simultaneamente.

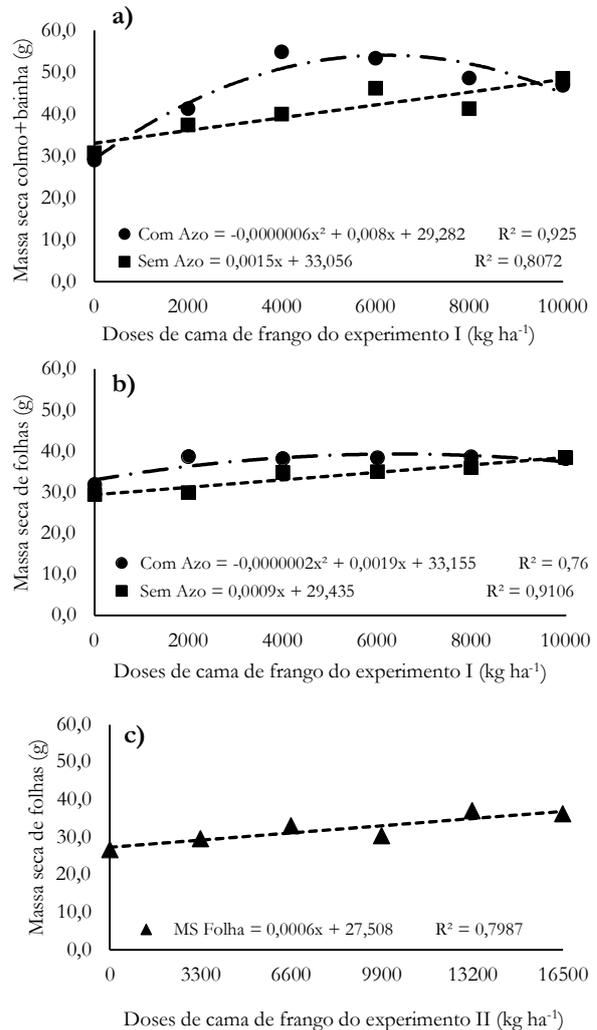


Figura 3. Massa da matéria seca de colmo mais bainha (a); massa da matéria seca de folhas (b) de milho em função de diferentes doses de cama de frango e inoculação com e sem *Azospirillum brasilense* no experimento I. e massa seca de folha do experimento II (c). Sem Azo - Tratamento não inoculado; Com Azo - Tratamento inoculado com *Azospirillum brasilense*.

Figure 3. Stem dry matter mass plus sheath (a); dry mass of leaves (b) of maize as a function of different doses of chicken litter and inoculation with and without *Azospirillum brasilense* in experiment I. and dry mass of leaves in experiment II (c). Sem Azo - Uninoculated treatment; com Azo - Treatment inoculated with *Azospirillum brasilense*.

Assim, os tratamentos que apresentaram maior desempenho foram os inoculados, pois necessitaram de menor quantidade de adubo para atingir maior produção de massa. Esses resultados vão ao encontro com Sala et al. (2007) que verificaram que a produção de matéria seca pela parte aérea de plantas de trigo duplicou nos tratamentos que receberam a inoculação com bactérias diazotróficas, em relação à testemunha; entretanto, este resultado mais expressivo só foi obtido pelos tratamentos nos quais se aplicou baixa quantidade de P, o que também pode ter ocorrido nas variáveis de massa seca nesse trabalho, pois com o excesso de adubo orgânico ocorreu resposta negativa a partir das doses intermediárias nos tratamentos inoculados.

O acúmulo de massa seca de folhas (Figura 3c) nas plantas de milho do experimento II, apresentou resposta linear crescente com o aumento das doses de cama de frango, com incremento de 35,97% de massa seca de folhas, quando comparado ao tratamento controle, independente dos tratamentos inoculados ou não inoculados. Ainda na massa seca das folhas do experimento II (Tabela 1), verificou-se que esta foi afetada de forma significativa pela inoculação das sementes com *A. brasilense* isoladamente, com incremento de

7,58% em relação ao controle. Alguns autores, ao utilizarem a inoculação com *A. amazonense*, também encontraram maior rendimento em massa de matéria seca de folhas em plantas de milho (BASHAN; HOLGUIN, 1997). Rodrigues et al. (2014) avaliando a aplicação de *Azospirillum sp.* na cultura do trigo, perceberam que houve aumento significativo no desenvolvimento da parte aérea quando comparada ao controle, promovendo acúmulo de massa seca de folhas, independente de outros tratamentos aplicados.

Tabela 1. Valores médios de altura de plantas, diâmetro de colmo, massa da matéria seca de colmo mais bainha (MS Colmo+Bainha), massa da matéria seca de folha (MS Folhas), massa de mil grãos e produtividade de plantas de milho, submetidas a inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* nos experimentos I e II.

Table 1. Average values of plant height (Altura de plantas), stem diameter (Diâmetro de colmo), stem dry matter mass plus sheath (MS Colmo+Bainha), leaf dry matter mass (MS Folhas), mass of thousand grains (Massa de mil grãos) and yield (Produtividade) of maize plants, subjected to inoculation (Com Azo) or not with *Azospirillum brasilense* (Sem Azo) in experiments I and II.

| Experimento I | | | | | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------|--------------------|---------------------|
| Uso de Inoculante | Altura de plantas | Diâmetro de Colmo | MS Colmo+Bainha | MS Folhas | Massa de Mil Grãos | Produtividade |
| | -----cm----- | | -----g----- | | | kg ha ⁻¹ |
| Sem Azo | 171,45 a | 2,59 a | 40,67 b | 33,97 b | 386,05 a | 7662,45 b |
| Com Azo | 177,40 a | 2,59 a | 45,63 a | 37,35 a | 372,25 a | 8521,86 a |
| CV% | 6,33 | 4,94 | 2,18 | 2,95 | 14,90 | 7,22 |
| Média | 174,43 | 2,59 | 43,15 | 35,66 | 379,15 | 8092,16 |
| Experimento II | | | | | | |
| Uso de Inoculante | Altura de plantas | Diâmetro de Colmo | MS Colmo+Bainha | MS Folhas | Massa de Mil Grãos | Produtividade |
| | -----cm----- | | -----g----- | | | kg ha ⁻¹ |
| Sem Azo | 169,39 a | 2,55 a | 97,62 a | 31,11 b | 693,08 b | 6824,31 b |
| Com Azo | 173,28 a | 2,56 a | 112,04 a | 33,47 a | 740,99 a | 7672,38 a |
| CV% | 7,12 | 6,58 | 30,17 | 12,29 | 2,77 | 15,96 |
| Média | 171,34 | 2,56 | 104,83 | 32,29 | 717,04 | 7248,35 |

* Médias seguidas por uma mesma letra, em cada coluna, não diferem estatisticamente pelo teste F, a 5% de probabilidade. Sem Azo = Tratamento sem inoculante na semente de milho à base de *Azospirillum brasilense*. Com Azo = Tratamento com inoculante na semente de milho à base de *Azospirillum brasilense*. CV = Coeficiente de variação.

3.4. Massa de mil grãos e produtividade de milho

Na variável massa de mil grãos (Figura 4a) encontrou-se diferença significativa no experimento II, para o fator dose, com resposta linear positiva ao longo do aumento das doses de cama, sendo este aumento de 14,84% quando aplicado 16500 kg de cama de frango por hectare. Bem como, os tratamentos inoculados com as BPCVs (Tabela 1), obtiveram resultados superiores significativos quando comparados ao controle, apresentando aumento de 6,91%, em relação ao controle ou não inoculado.

A variável produtividade analisada nos experimentos I (Figura 4b) e II (Figura 4c), respondeu positivamente conforme o aumento das doses de adubo orgânico no solo, partindo de uma média de 7641,5 para 8542,5 kg ha⁻¹ de grãos no primeiro experimento quando aplicado 0 e 10.000 kg ha⁻¹ de cama de frango, respectivamente, obtendo-se assim aumento de 11,79% na produtividade quando utilizado a maior dose em relação a não aplicação da cama de frango.

Os resultados obtidos em relação ao aumento da produtividade no presente trabalho, foram inferiores aos obtidos por (HANISCH et al. 2012), que teve uma média de 9328 kg ha⁻¹ de grãos de milho testando a aplicação de 5000 kg ha⁻¹ de cama de frango com base em um cultivo agroecológico, fato que pode ser interpretado pelo aumento de outras interações positivas que ocorrem no agroecológico em função da não utilização de agrotóxicos. Para esses autores, a cama de frango pode suprir grande parte, ou até

totalmente, os nutrientes requeridos pela cultura e além do efeito imediato, apresenta efeito residual superior aos dos adubos solúveis. Fato que leva ao aumento da disponibilidade de nutrientes na fase solúvel do solo ao longo da duração do ciclo da planta, o que pode aumentar o seu potencial produtivo pois a planta consegue utilizar esses nutrientes conforme sua necessidade (BLUM et al., 2003).

Ainda na produtividade de grãos de milho do experimento I (Tabela 1), as médias obtidas com a aplicação da inoculação feita com bactérias promotoras de crescimento, foram significativamente superior (8521,86 kg ha⁻¹) quando comparadas com a produtividade do tratamento controle (7662,45 kg ha⁻¹ de grãos de milho) apresentando aumento de 11,22%, independente das doses aplicadas de fertilizante orgânico. No experimento II (Tabela 1), houve incremento de produtividade de 12,43% para os tratamentos inoculados quando comparados aos não inoculados.

Os resultados positivos para a produtividade, quando adicionado o fator inoculação via semente, corrobora com os resultados de Novakowski et al. (2011) que também perceberam um aumento de até 12% na produtividade de grãos com o inoculante quando comparado com a testemunha. Hungria et al. (2010) também obtiveram incrementos na produtividade de milho, e dependendo da estirpe de *A. brasilense* avaliada, o aumento na produtividade foi da ordem de 24 a 30% nos tratamentos inoculados.

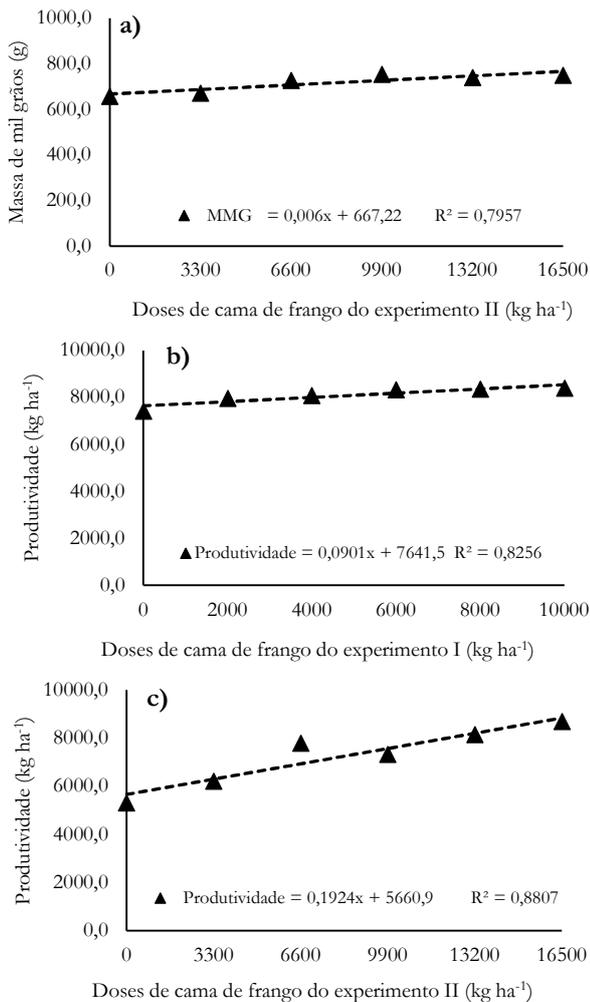


Figura 4. Massa de mil grãos do experimento II (a); produtividade do experimento I (b) e produtividade do experimento II em função das doses de cama de frango (c).

Figure 4. Thousand grain mass from experiment II (a); productivity in experiment I (b) and productivity in experiment II as a function of chicken litter rates (c).

4. DISCUSSÃO

4.1. Altura e diâmetro de plantas de milho

De acordo com Rodrigues et al. (2014) o aumento linear da altura de planta quando aplicado doses crescentes de adubo orgânico está diretamente ligado ao potencial nutritivo que a matéria orgânica de origem animal ou vegetal possui, quando fornecida em dose adequada. Este pode exercer efeitos positivos sobre o rendimento das culturas devido principalmente ao complexo de nutrientes essenciais como o nitrogênio, que atua indiretamente na forma estrutural na planta, pois na sua ausência, ocorre um acúmulo de carboidratos nos caules da planta, tornando suas células menos flexíveis para ocorrer seu crescimento (TAIZ et al., 2017).

Segundo Santos et al. (2014), o aumento do diâmetro de colmo em plantas com a adição de adubos orgânicos também pode estar relacionado à quantidade de elementos essenciais para a planta adicionados no solo, sendo considerado como principal, o nitrogênio, que também está ligado a formação de proteínas, aminoácidos e as clorofilas, que tem papel muito importante na produção de energia para manutenção e crescimento do vegetal. Outro fator que também deve-se levar em conta é que, o adubo orgânico tende a disponibilizar

os nutrientes ao longo do ciclo da cultura, pois ocorre equilíbrio na mineralização e imobilização desses nutrientes, fornecendo-os aos poucos para a planta, aumentando assim sua eficiência de absorção e uso (SILVA et al., 2011).

4.2. Produção de massa seca de colmo+bainha e folhas

Quando se refere a massa seca de plantas de milho, sendo comparado a interação entre os fatores inoculação com as BPCVs e a adubação, pode-se afirmar que esses microrganismos são capazes de auxiliar na absorção de N pela planta, devido ao aumento do sistema radicular, fazendo com que a planta tenha potencial para realizar processos metabólicos necessários para a produção de fotoassimilados para o crescimento, desenvolvimento e armazenamento na planta. Esses resultados vão ao encontro com Parreira et al. (2015), que, ao avaliar a aplicação de cama de frango juntamente com o *Azospirillum* sp. na raiz, verificou que essa associação influencia positivamente na produção de massa seca em pastagem de *Brachiaria brizantha*, produzindo uma maior quantidade de massa seca de colmo mais folha quando comparada a testemunha.

Segundo Dobbelaere et al. (2003), respostas positivas obtidas pela inoculação com estirpes de *Azospirillum* sp. principalmente quando comparadas com altos níveis de adubação, podem indicar que as respostas da planta em relação ao microrganismos não ocorre apenas em razão do N₂ fixado, mas também auxiliar na produção de substâncias benéficas como os hormônios promotores de crescimento vegetal, que promovem um maior alongamento das raízes da planta, apresentando assim uma melhor eficiência e aproveitamento da água e de nutrientes.

5. CONCLUSÕES

A aplicação de doses de cama de frango no milho influenciou positivamente na altura de plantas, no acúmulo de massa seca da parte aérea e na produtividade.

O uso *A. brasilense* influencia positivamente a massa seca de folhas e a produtividade de grãos de milho.

A dose de cama de frango que obteve maior produção de massa seca de colmo+bainha, quando associado com a inoculação com *A. brasilense* na cultura do milho foi de 6259 kg ha⁻¹ e de 6274 kg ha⁻¹ de cama de frango para produção de massa seca de folhas.

6. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) e da Universidade Estadual do Oeste Paranaense – UNIOESTE.

7. REFERÊNCIAS

- BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D. History on the biological nitrogen fixation research in graminaceous plants: special emphasis on the Brazilian experience. *Academia Brasileira de Ciências*, v.77, n.3, p.549-579, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0001-3765200500030014>
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G. *Azospirillum* - plant relationships: environmental and physiological advances. *Canadian Journal of Microbiology*, v. 121, p. 103-121, - 1997. <https://doi.org/10.1139/m97-015>
- BERGAMASCHI, H.; RADIN, B.; ROSA, L. M. G.; BERGONCI, J. I.; ARAGONÉS, R. S.; SANTOS, A. O.;

- FRANÇA, S.; LANGENSIEPEN, M. Estimating maize water requirements using agrometeorological data. **Revista Argentina de Agrometeorologia**, v. 1, p. 23-27, 2001.
- BLAHA, D.; PRIGENT-COMBARET, C.; MIRZA, M. S.; MOËNNE-LOCCOZ, Y. Phylogeny of the 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase-encoding gene *acdS* in phytobeneficial and pathogenic proteobacteria and relation with strain biogeography. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 56, n. 3, p. 455-470, 2006. <https://doi.org/10.1111/j.15746941.2006.00082.x>
- BLUM, L. E. B.; AMARANTE, C. V. T. do; GÜTTLER, G.; MACEDO, A. F. de; KOTHE, D. M.; SIMMLER, A. O.; PRADO, G. Do; GUIMARÃES, L. S. Produção de moranga e pepino em solo com incorporação de cama aviária e casca de pinus. **Horticultura Brasileira**, v. 21, p. 627-631, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362003000400010>
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Projeções do Agronegócio: **Brasil 2019/2020 a 2029/2030, Projeções de longo prazo**. Brasília, 2020, 102 p. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/ao-completar-160-anos-ministerio-da-agricultura-preve-crecimento-de-27-na-producao-de-graos-do-pais-na-proxima-decada/ProjecoesdoAgronegocio2019_20202029_2030.pdf> Acesso em: 10 nov 2021.
- CAMPANHA, M. M.; CRUZ, J. C.; RESENDE, Á. V.; COELHO, A. M.; KARAM, D.; SILVA, G. H. da; FILHO, I. A. P.; CRUZ, I.; MARRIEL, I. E.; GARCIA, J. C.; QUEIROZ, L. R.; COTA, L. V.; PIMENTEL, M. A. G.; VIANA, P. A.; NETO, M. M. G.; COSTA, R. V. da; ALBUQUERQUE, P. E. P. de; MENDES, S. M.; QUEIROZ, V. A. V. **Sistema de Produção Integrada de Milho para Região Central de Minas Gerais**. Sete Lagoas: Embrapa, 2012. 74p.
- CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Estado do Paraná**. IAPAR, Londrina. 2000. Disponível em: <https://infoagro.deinfo.uepg.br/artigos/pdf/info_102.pdf> Acesso em: 10 nov 2021.
- CHIBEBA, A. M.; GUIMARÃES, M. D. F.; BRITO, O. R.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Co-inoculation of soybean with *Bradyrhizobium* and *Azospirillum* promotes early nodulation. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, n. 10. p. 1641-1649, 2015. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2015.610164>
- COELHO, A. E.; TOCHETTO, C.; TUREK, T. L.; MICHELLON, L. H.; FIOREZE, S. L. Seed inoculation with *Azospirillum brasilense* in corn plants submitted to water limitation. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 16, n. 2, p. 186-192, 2017. <http://dx.doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v16n1p186-192>.
- COSTA, A. M. da; BORGES, E. N.; SILVA, A. de A.; NOLLA, A.; GUIMARÃES, E. C. Potencial de recuperação física de um latossolo vermelho, sob pastagem degradada, influenciado pela aplicação de cama de frango. **Ciência Agrotecnológica**, v. 33, p. 1991-1998, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542009007000050>
- COSTA, R. R. G. F.; QUIRINO, G. da S. F.; NAVES, D. C. de F.; SANTOS, C. B.; ROCHA, A. F. de S. Efficiency of inoculant with *Azospirillum brasilense* on the growth and yield of second-harvest maize. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 3, p. 304-311, 2015. <https://doi.org/10.1590/1983-40632015v4534593>
- DOBBELAERE, S.; VANDERLEYDEN, J.; OKON, Y. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 22, n. 2013, p. 107-149, 2003. <https://doi.org/10.1080/713610853>
- HANISCH, A. L.; FONSECA, J. A.; VOGT, G. A. Adubação do milho em um sistema de produção de base agroecológica: desempenho da cultura e fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, n. 1, p. 176-186, 2012.
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant Soil**, v. 331, p. 413-425, 2010. <https://doi.org/10.1007/s11104-009-0262-0>
- HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. Fixação biológica de nitrogênio. In: Seixas, C. D. S.; Neumaier, N.; Balbinot Junior, A. A.; Krzyzanowski, F. C.; Leite, R. M. V. B. de C. (Ed.). **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. p. 185-195.
- NOVAKOWISKI, J. H.; SANDINI, I. E.; FALBO, M. K.; DE MORAES, A.; NOVAKOWISKI, J. H.; CHENG, N. C. Efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, p. 1687-1698, 2011. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32Suplp1687>
- PARREIRA, L. H. M.; MARTINS, M. E. P.; MOREIRA, M. R.; SENA, J. de M. Efeito da bactéria *Azospirillum brasilense* na adubação química e orgânica em pastagens constituídas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, p. 838-850, 2015.
- PAVINATO, P. S.; PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V.; MOREIRA, A.; MOTTA, A. C. V. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Curitiba: SBCS/NEPAR, 2017. p. 117-144.
- PITTA, C. S. R.; ADAMI, P. F.; PELISSARI, A.; ASSMANN, T. S.; FRANCHIN, M. F.; CASSOL, L. C.; SARTOR, L. R. Year-round poultry litter decomposition and N, P, K and Ca release. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 1, p. 1043-1053, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000300034>
- QUADROS, P. D. de; ROESCH, L. F. W.; SILVA, P. R. F. DA; VIEIRA, V. M.; ROEHRS, D. D.; CAMARGO, F. A. de O. Desempenho agrônomo a campo de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum*. **Revista Ceres**, v. 61, n. 2. p. 209-218, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2014000200008>
- RODRIGUES, L. F. O. S.; GUIMARÃES, V. F.; SILVA, M. B. da; JUNIOR, A. S. P.; KLEIN, J.; COSTA, A. C. P. R. da. Características agrônômicas do trigo em função de *Azospirillum brasilense*, ácidos húmicos e nitrogênio em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 31-37, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000100005>
- RODRIGUEZ, H.; GONZALEZ, T.; GOIRE, I. Gluconic acid production and phosphate solubilization by the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* spp.

- Naturwissenschaften**, v. 91, n. 11, p. 552–555, 2004. <https://doi.org/10.1007/s00114-004-0566-0>
- SALA, V. M. R.; CARDOSO, E. J. B. N.; FREITAS, J. G. de; SILVEIRA, A. P. D. da. Resposta de genótipos de trigo à inoculação de bactérias diazotróficas em condições de campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 6, p. 833-842, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000600010>
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, A. de; LUMBREERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199517/1/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf>> Acesso em: 10 nov 2021.
- SANTOS, L. B.; CASTAGNARA, D. D.; BULEGON, L. G.; ZOZ, T.; OLIVEIRA, P. S. R. de; Gonçalves Júnior, A. C.; NERES, M. A. Substituição da adubação nitrogenada mineral pela cama de frango na sucessão aveia/milho. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 272-281, 2014.
- SILVA, T. R. da; MENEZES, J. F. S.; SIMON, G. A.; ASSIS, R. L. de; SANTOS, C. J. de L.; GOMES, G. V. Cultivo do milho e disponibilidade de P sob adubação com cama-de-frango. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 9, p. 903-910, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000900005>
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MAX, I.; ANGUS, M. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: ArtMed, 2017. 852p.
- USDA. United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service, 2021. Disponível em: <https://usdabrazil.org.br/wp-content/uploads/2021/11/Grain-and-Feed-Update_Brasilia_Brazil_09-27-2021.pdf> Acesso em: 10 nov. 2021.
- ZHANG, S.; LI, Q.; MA, K.; CHEN, L. Temperature dependent gas exchange and stomatal/non-stomatal limitation to CO₂ assimilation of *Quercus liaotungensis* under midday high irradiance. **Photosynthetica**, v. 39, n. 3, p. 383-388, 2001. <https://doi.org/10.1023/A:1015130326683>