

---

**DESENVOLVIMENTO E ASSIMILAÇÃO DE NUTRIENTES DA CULTURA DE MILHO INOCULADO COM *Azospirillum brasilense* E DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO**

DEVELOPMENT AND ASSIMILATION OF MAIZE CULTURE INOCULATED WITH *Azospirillum brasilense* AND DIFFERENT DOSES OF NITROGEN AND POTASSIUM

Marcelo Morais<sup>1</sup>  
Higo Forlan Amaral<sup>2</sup>  
Maria Paula Nunes<sup>3</sup>

**RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento e assimilação de nutrientes de milho inoculados com *Azospirillum brasilense* de diferentes doses de nitrogênio (N) e potássio (K). O experimento foi conduzido em casa de vegetação em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), em esquema fatorial 2 x 4 com 5 repetições, considerando duas doses de N 100% (= 360 kg. ha<sup>-1</sup> de ureia 45%) e 70%; quatro doses K em 100% (200 kg ha<sup>-1</sup> de KCl), 80%, 60% e 40%. Todos os tratamentos receberam a recomendação padrão do *A. brasilense* 150 mL para 25 kg de sementes com concentração de 2,0 x 10<sup>8</sup> UFC. mL<sup>-1</sup>. Avaliaram-se após sexta folha verdadeira: diâmetro de colmo (DC), altura de planta (AP), matéria fresca (MFA) e seca (MSA) da parte aérea, matéria fresca e seca da parte radicular (MFR e MSR), comprimento e largura da folha bandeira para cálculo de índice de área foliar (IAF) e análise de nutrientes foliares para nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). Foram realizadas a ANOVA e teste Scott-Knott em 5% e Análise de Componentes Principais (ACP). Houve aumento médio no DC em 100%N e 80%K, já para 70%N só foi verificado aumento de DC na dose de 40%K. Também, observaram-se aumento médio de IAF em 100%N e 80%K, quando se reduziu o N para 70% a média de IAF foi maior em 100%K. Pela ACP houve agrupamento dos tratamentos – 100N70K, 70N100K e 70N80K correlacionados positivamente pelo IAF (90,95%) e em menor correlação com AP (30,91%) no componente 1 (eixo X), já negativamente observou-se o agrupamento de 100N100K, 100N80K e 100N60K, tais resultados justificam quem foi possível reduzir das doses de N e K em melhor o IAF e AP. Segundo a Análise de Componentes Principais (ACP) foi possível observar agrupamentos distintos, o grupo no quadrante I (X positivo e Y positivo) posicionaram-se 70N100K e 70N80K e com os seguintes parâmetros em correlação positiva K-foliar, MFA, MFR, N-foliar e IAF.

160

**Palavras-chave:** *Zea mays* (L.). Bactérias promotoras de crescimento vegetal. Nutrição vegetal. Bactérias diazotróficas.

---

<sup>1</sup> Acadêmico do curso de graduação em Agronomia do Centro Universitário Filadélfia (Unifil), Londrina, Pr.

<sup>2</sup> Docente, Dr. do curso de graduação em Agronomia do Centro Universitário Filadélfia (UniFil), Londrina, Pr. E-mail: higo.amaral@unifil.br

<sup>3</sup> Docente, Dr<sup>a</sup> do curso de graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, Pr.

## ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the maize development and assimilation of nutrients inoculated with *Azospirillum brasilense* and doses of nitrogen (N) and potassium (K). The experiment was conducted under controlled conditions ("greenhouse") in a completely randomized design (DIC) in 2 x 4 factorial with 5 replicates, considering two doses of N 100% (= 360 kg ha<sup>-1</sup> of 45% urea) and 70% of N; four K doses in 100% (200 kg ha<sup>-1</sup> KCl), 80%, 60% and 40% of K. All seeds were inoculated with *A. brasilense* 150 mL for 25 kg of seeds with concentration of 2 x 10<sup>8</sup> CFU.mL<sup>-1</sup>. After 62 days after emergence of seedlings: stem diameter (DC), plant height (PH), fresh leaf weight (FLW) and leaf dry weight (LDW), fresh root weight (FRW) and root dry weight (RDW), leaf area index (LAI) and leaf nutrient analysis for Nitrogen (N), Phosphorus (P) and Potassium (K). ANOVA and Scott-Knott's test were applied at 5% and Principal Component Analysis (PCA). The mean stem diameter increased by 100% N and 80% K, and the same increase by 70% N and 40% K. There was an average increase of IAF in 100N80K, an increase of 70N100K. The Principal Component Analysis (PCA) demonstrated that the group in quadrant I (X positive and Y positive) were 70N100K and 70N80K and with the following parameters in positive correlation K-foliar, MFA, MFR, N -foliate and IAF.

**Keywords:** *Zea mays* (L.). Plant growth promoting bacteria. Plant nutrition. Diazotrophic bacteria.

## 1 INTRODUÇÃO

A origem do milho vem da região do México e Guatemala, é uma gramínea anual, pertencente à família Poaceae, do gênero *Zea* e sua espécie única recebe o nome de *Zea mays* (L.), sendo um dos cereais mais cultivados no Brasil (CONAB, 2017).

As expectativas de produtividade para o milho no país estão relacionadas às condições climáticas favoráveis a cultura e tem estimativa de 5.560 kg por hectare (ha<sup>-1</sup>) numa área plantada estimada em 17.591,7 milhões de ha com produção de 97.817,0 milhões de toneladas. No Paraná, a área plantada pode chegar a 2.917,0 milhões de ha com produtividade de 6.115 kg ha<sup>-1</sup>, gerando uma produção de 17.837,8 milhões de toneladas (CONAB, 2017).

O milho em função de seu potencial produtivo, composição química e valor nutritivo constituem-se em um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no mundo, fornecendo produtos largamente utilizados para alimentação humana, animal e matérias-primas para a indústria (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

O potencial produtivo é alterado por alguns fatores como a genética, propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, clima, práticas culturais, controle de pragas e doenças, colheita, etc. (NAKANO et al, 1981). Um exemplo é o uso de maior densidade de sementeira e doses de nitrogênio (N) para que não ocorra o acamamento, é necessário dar preferência a cultivares de porte baixo, conseguindo desenvolver um manejo adequado do milho (ZAGONEL et al., 2002).

Um dos elementos imprescindíveis para o metabolismo, desenvolvimento e produtividade do milho é o N, por conter um grande número de moléculas essenciais as células presentes em sua estrutura, como aminoácidos, proteínas, enzimas, ácidos nucleicos, clorofila e entre outros (BULL; CANTARELLA, 1993). O N é requerido em grandes quantidades pelo milho, dando importância ao reconhecimento desse nutriente, por elevar a produtividade tem acarretado no aumento da demanda de fertilizantes nitrogenados (ESCOSTEGUY et al., 1997; FREIRE et al., 2001).

Com o elevado custo do processo industrial de fixação de N e aliado ao aumento do consumo de alimentos, tem a necessidade de se incorporar à atividade agrícola, novas tecnologias que visem à racionalização do uso de fertilizantes nitrogenados. Uma alternativa é o uso de bactérias fixadoras de N em culturas de grande interesse econômico, como o milho, visto que tais micros organismos são capazes de promover o crescimento vegetal e gerar incrementos no desenvolvimento e na produtividade das culturas (BALDANI et al., 1997).

Segundo ALVAREZ et al. (1996) *Azospirillum* é um gênero de bactéria, que além de serem fixadoras assimbióticas de N, também podem ser consideradas rizobactérias. As rizobactérias são promotoras de crescimento de plantas usualmente associadas com raízes das plantas. Dentro de cada espécie deste gênero, possuem estirpes que causam respostas diferentes à planta associada.

Em razão que o mundo está em um crescente busca por sustentabilidade nos sistemas agrícolas de produção, alguns autores demonstram como uma maneira alternativa para a economia de fertilizantes a base de nitrogênio, a fixação biológica de nitrogênio (FBN) a qual pode suplementar ou, até mesmo, suprir o emprego desses fertilizantes (BALDANI, J I et al., 2005).

O N faz parte de componentes essenciais da célula vegetal sendo um nutriente fundamental envolvido no incremento da produtividade das culturas, mas os solos brasileiros têm um baixo teor de nitrogênio disponível tornando a adubação

nitrogenada uma prática indispensável, tendo como forma principal os fertilizantes inorgânicos. As bactérias do gênero *Azospirillum* também podem estimular a produção de fitohormônios, e hipotetiza-se, por haver poucos estudos, aumento da absorção e biodisponibilidade de outro nutriente às plantas quando na presença desta bactéria.

Para Novakowiski et al. (2011), uma das alternativas para se obter aumento da produção com baixos custos e sem prejudicar o ambiente, seria aliar o potencial genético das plantas com os recursos biológicos do solo, com o uso das bactérias do gênero *Azospirillum*, que são de fixadoras de N<sub>2</sub> (ALVAREZ et al. 1996).

O potássio (K) é o elemento com maiores quantidades absorvidas pelo milho depois do N, sendo que 30% do K são exportados para os grãos (COELHO et al. 2007). Este nutriente tem alta mobilidade na planta, em qualquer nível de concentração, seja dentro da célula, no tecido vegetal, no xilema e floema (MALAVOLTA, 1980). A absorção de potássio pela planta de milho ocorre nos estágios iniciais de crescimento, quando a planta acumula 50% de matéria seca aos 60 a 70 dias (BÜLL, 1993).

163

Hipotetiza-se que as bactérias promotoras de crescimento vegetal possam promover maior assimilação de outros elementos nutricionais como o K, além do N como já é amplamente citado.

Assim, aproveitando a prática de *A. brasilense* como inoculante para a cultura do milho, que alia a redução de N fertilizante. O objetivo deste trabalho foi investigar o desenvolvimento vegetativo e fixação de nutrientes em milho com diferentes doses de nitrogênio e potássio e inoculação de *Azospirillum brasilense*.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido em Casa de Vegetação do Centro de Pesquisa do Centro Universitário Filadélfia (UNIFIL) Campus Palhano, localizado no município de Londrina-PR, durante o ano de 2017. A região apresenta altitude em torno dos 600 m, e seu clima é o subtropical úmido, segundo a classificação de Köppen, com chuvas durante o ano todo, podendo ocorrer secas no inverno.

Foram devidamente coletadas amostras de solo em outra propriedade do Centro Universitário Filadélfia, localizada na Fazenda Experimental segundo as

coordenadas 23°23'21.3"S e 51°10'31.1"N, para envio ao laboratório e posteriormente realizado o enchimento dos vasos de 3,0 kg.

De acordo com os teores dos nutrientes posteriormente disponibilizados pela análise (em Anexo) representados na Tabela 1.

**Tabela 1** - Caracterização química de Latossolo Vermelho distroférico, coletado na camada de 0 a 20 cm.

| pH   | H+Al | MO<br>g dm <sup>-3</sup> | P<br>mg dm <sup>-3</sup> | Ca<br>----- | Mg<br>----- | K<br>cmol <sub>c</sub> . dm <sup>-3</sup> | V%    | CTC<br>----- |
|------|------|--------------------------|--------------------------|-------------|-------------|---|-------|--------------|
| 5,04 | 4,44 | 45,85                    | 4,15                     | 8,08        | 2,28        | 0,25                                      | 70,59 | 15,09        |

As recomendações para a cultura realizaram-se a adubação de correção e incorporação ao solo com 200 Kg. ha<sup>-1</sup> de Cloreto de Potássio - KCl (60% K<sub>2</sub>O) e 300 kg ha<sup>-1</sup> de Super Fosfato Simples (21% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 20 dias antes do plantio do experimento. As adubações nitrogenadas foram com base na recomendação de 360 kg ha<sup>-1</sup> para os tratamentos. A semente utilizada foi um híbrido da empresa Syngenta, o Fórmula® TL de ciclo super precoce (130 a 140 dias), e o solo foi classificado como Latossolo (EMBRAPA, 2013).

As adubações nitrogenadas foram divididas em dois tratamentos em 100 % e 70 % da dose. Utilizando para o experimento repetições com 100 %, 80 %, 60 % e 40 % da dose de cloreto de potássio e 100 % de superfosfato simples em todos os vasos, recebendo a semente do milho inoculado com *Azospirillum brasilense*.

O experimento foi conduzido em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), em esquema fatorial 2x4 com 5 repetições, realizado no sistema em vasos, a irrigação utilizada foi por aspersão, sendo realizada de acordo com demanda da cultura e monitorada semanalmente.

Para a inoculação foi utilizado o produto comercial líquido Azototal®, contendo estirpes AbV5 e Abv6 de *Azospirillum brasilense* de natureza líquida, com concentração de 2,0 x 10<sup>8</sup> UFC. mL<sup>-1</sup>, suporte utilizado água, densidade 1,00 g cm<sup>-3</sup>, extrato de levedura: Cloreto de amônio como fonte de nitrogênio e vitaminas; Glicerol; ácido málico como fonte de carbonol; Fosfato de potássio, Sulfato de magnésio; Cloreto de sódio; Cloreto de cálcio; Sulfato de cobre; Sulfato de zinco; ácido bórico e Molibdênio de sódio e manganês. A inoculação foi realizada em uma dosagem

recomendada pelo produto, proporcional a 150 ml do inoculante por saca de 25 kg de sementes. Após a homogeneização do produto com as sementes, deixou agir por aproximadamente 15 minutos antes do plantio.

A semeadura do experimento foi realizada manualmente no dia 04 de julho de 2017, foi semeada de três a quatro sementes por vaso com o auxílio de uma pinça em 0,05 m de profundidade. Realizou-se o desbaste 35 dias após o plantio na apresentação da fase fisiológica V3/V4, deixando apenas duas plantas por unidade experimental. No dia 04 de agosto foi aplicado o fungicida Authority® da FMC como preventivo ao ataque de doenças, sendo aplicado em uma dosagem de 03 ml por litro de água. Dia 19 de agosto foi realizada uma segunda aplicação do fungicida ainda como preventivo, utilizando a mesma dosagem do dia 04 de agosto.

O experimento foi conduzido até a fase fisiológica V6, e realizado a coleta das plantas de milho do experimento no dia 04 de setembro, 62 dias após a semeadura, para mensuração das variáveis.

Foram avaliados para mensuração das seguintes variáveis: diâmetro do colmo; altura de planta; massa fresca e seca da parte aérea; massa fresca e seca da parte radicular e índice da área foliar e DRIS de macro nutrientes. Para avaliação das massas secas da parte aérea e radicular, as folhas e raízes foram condicionadas em estufa com a 68° C por 72 horas. Para a mensuração do diâmetro do colmo, foram realizadas medições com paquímetro.

Aplicou-se a Análise de Variância (ANOVA) e testes Scott-Knott em 5% de probabilidade. Utilizou-se também, análise de componentes principais e diagrama de agrupamento.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados de significância do teste, o p-valor da ANOVA foram apresentados na tabela 2.

Realizado o teste estatístico para os dados de diâmetro de colmo (DC) avaliado o Fator 1 (dose de N) como significativo em 5% de probabilidade (Tabela 2 e Figura 1).

Já para o Fator 2 (doses de K) não se observou para tal variável. No entanto, houve diferenças significativas na interação Fat1xFat2 em 1% de probabilidade (Tabela 2 e Figura 1).

**Tabela 2** - P-valor e nível de significância de ANOVA em DIC em esquema fatorial 2x4, sendo Fator 1 duas quantidades de nitrogênio (N) e Fator 2 quatro quantidades de potássio em plantas de milho inoculadas com *Azospirillum brasilense*.

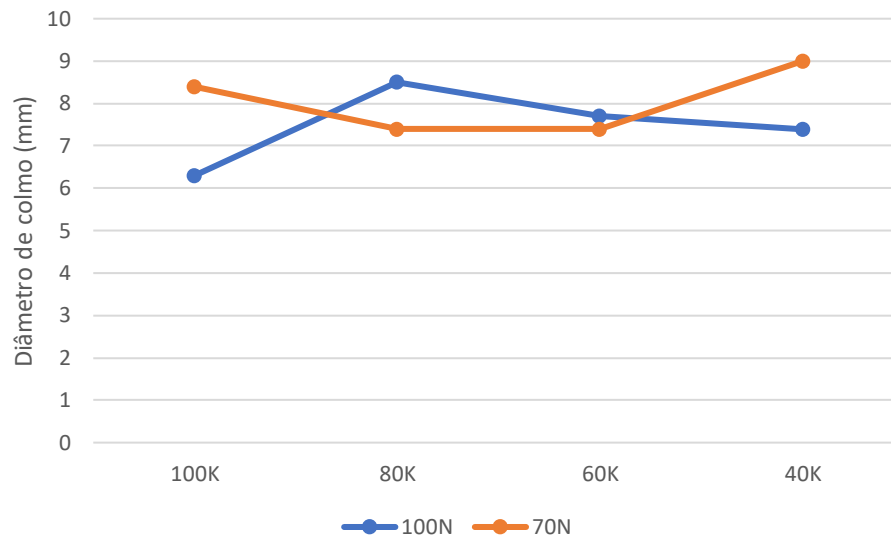
| Variáveis  | Fator 1 (N)          | Fator 2 (K)         | Fat1 x Fat2          | CV (%) |
|------------|----------------------|---------------------|----------------------|--------|
| <b>DC</b>  | 0,0537*              | 0,16 <sup>ns</sup>  | 0,0009**             | 11,7   |
| <b>AP</b>  | 0,0047**             | 0,0007**            | 0,0034**             | 6,51   |
| <b>IAF</b> | 0,2331 <sup>ns</sup> | 0,1376**            | 0,2082**             | 17,87  |
| <b>MFA</b> | 0,0243*              | 0,0008**            | 0,0008**             | 14,72  |
| <b>MAS</b> | 0,603 <sup>ns</sup>  | 0,0033**            | 0,0176*              | 19,13  |
| <b>MFR</b> | 0,3559 <sup>ns</sup> | 0,0001**            | 0,0001**             | 19,10  |
| <b>MSR</b> | 0,2164 <sup>ns</sup> | 0,0016**            | 0,0871 <sup>ns</sup> | 20,44  |
| <b>CR</b>  | 0,0362*              | 0,143 <sup>ns</sup> | 0,0649 <sup>ns</sup> | 9,50   |

Diâmetro do colmo (DC), altura da planta (AP), índice da área foliar (IAF), massa fresca aérea (MFA), massa seca aérea (MSA), massa fresca da raiz (MFR), seca da raiz (MSR), comprimento de raiz (CR) e coeficiente de variação (CV). \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade. \* significativo a 5% de probabilidade. ns: não significativo

166

Na figura 1, observou-se de maneira geral, que o DC na dose de 100% de N houve um pequeno aumento na dose de 80% de K, por outro lado, na dose de 70% de N este aumento só foi verificado na dose de 40% K.

**Figura 1** - Médias de diâmetro de colmo (DC) de milho em diferentes doses de nitrogênio e potássio inoculados com *Azospirillum brasilense*.



Segundo Kappes et al. (2011), estudando inoculação de *A. brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* em diferentes doses de N em milho variando na adubação de cobertura, observaram que o DC aumentou com a combinação das duas bactérias em relação a testemunha. Os resultados que confirmam o efeito significativo para inoculação, no entanto, diferem quanto à dosagem de N. Estes autores não encontraram diferença com o fator N, ao contrário, foi observado efeito da dose de N.

167

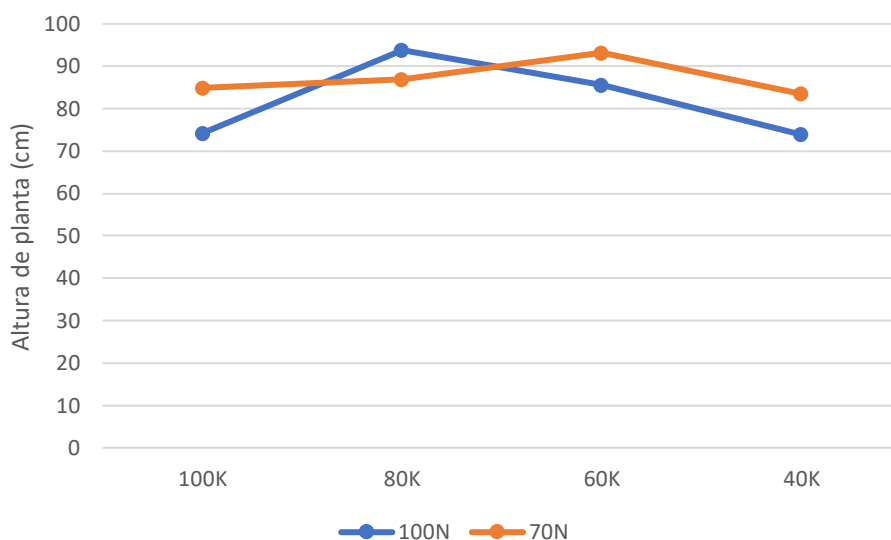
Segundo Augusto et al. (2014), testando a aplicação de quatro doses de  $K_2O$  (0, 40, 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) na semeadura com duas fontes diferentes (KCl e KCl revestidas por polímeros), mensurando o DC não houve efeito significativo para tal variável, como também podemos observar neste trabalho. O DC é uma característica fitotécnica é uma das que mais tem se relacionado com o percentual de acamamento e quebraimento de plantas de milho. Com isso, médias maiores de DC são importantes para obtenção de boa característica de bom desenvolvimento para as plantas de milho.

Os incrementos verificados no DC das plantas submetidas à inoculação de *A. brasilense* podem ser associados à produção de fito-hormônios pelas bactérias, como auxinas, giberelinas e citocininas (RADWAN et al., 2004; MOREIRA et al., 2010).

O teste estatístico para os dados de altura de planta (AP) avaliado o Fator 1 (dose de N), Fator 2 (dose de K) e a interação Fat1xFat2 como significativo em 1% de probabilidade (Tabela 2 e Figura 2).



**Figura 2** - Altura de planta de milho em diferentes doses de nitrogênio e potássio inoculados com *Azospirillum brasilense*.



Na figura 2, observou-se que AP na dose de 100% de N houve um aumento na dose de 80% de K, por outro lado, na dose de 70% de N este pequeno aumento só foi verificado na dose de 60% K. Os menores resultados foram obtidos em 100% de N e 40% de K e 70% de N e 40% de K.

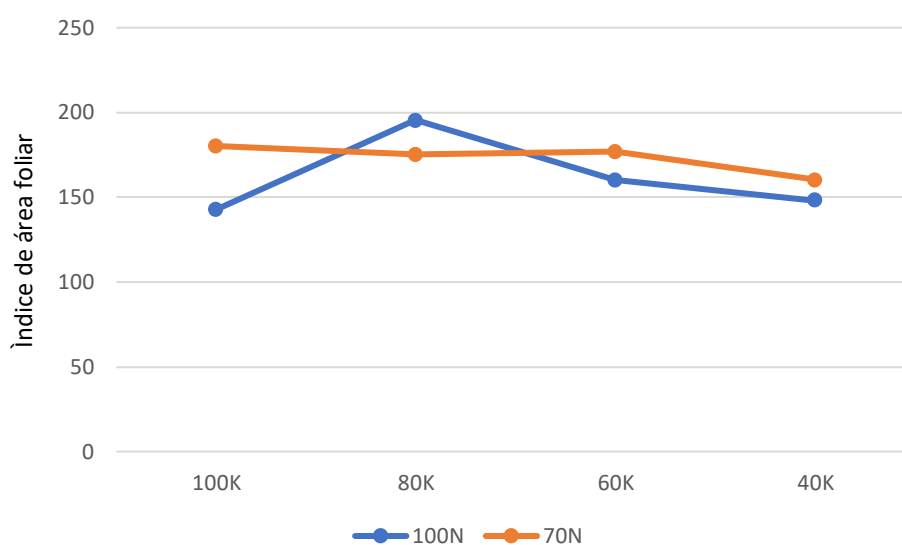
168

Resultados obtidos por Cavallet et al. (2000) mostraram que a inoculação de *A. brasilense* e *H. seropedicae* em plantas de milho, não mostraram resultados significativos em relação à AP, mas por outro lado, houve diferenças em diferentes doses de N, sendo significativos em relação a AP. Resultados obtidos também por Lana et al. (2012) que avaliou as respostas da cultura do milho à inoculação com *Azospirillum* associada à adubação nitrogenada, em relação a AP.

O teste estatístico para os dados de índice de área foliar (IAF) avaliado o Fator 1 (dose de N), Fator 2 (dose de K) e a interação Fat1xFat2 como não significativo em 5% de probabilidade (Tabela 2 e Figura 3).

Na figura 3, observou-se, que o IAF na dose de 100% de N houve um grande aumento na dose de 80% de K, por outro lado, na dose de 70% de N obteve maior resultado em 100% de K em relação às outras doses. Em 100% de N e 100 de K e 70% de N e 40% de K atingiram as médias mais baixas.

**Figura 3** - Índice de área foliar de milho em diferentes doses de nitrogênio e potássio inoculados com *Azospirillum brasilense*.



Uma importante característica para avaliação do milho, principalmente nos estádios vegetativos, como nosso trabalho, o IAF indica a distribuição da largura e comprimento das folhas, principalmente, da folha bandeira – a de maior área fotossintética.

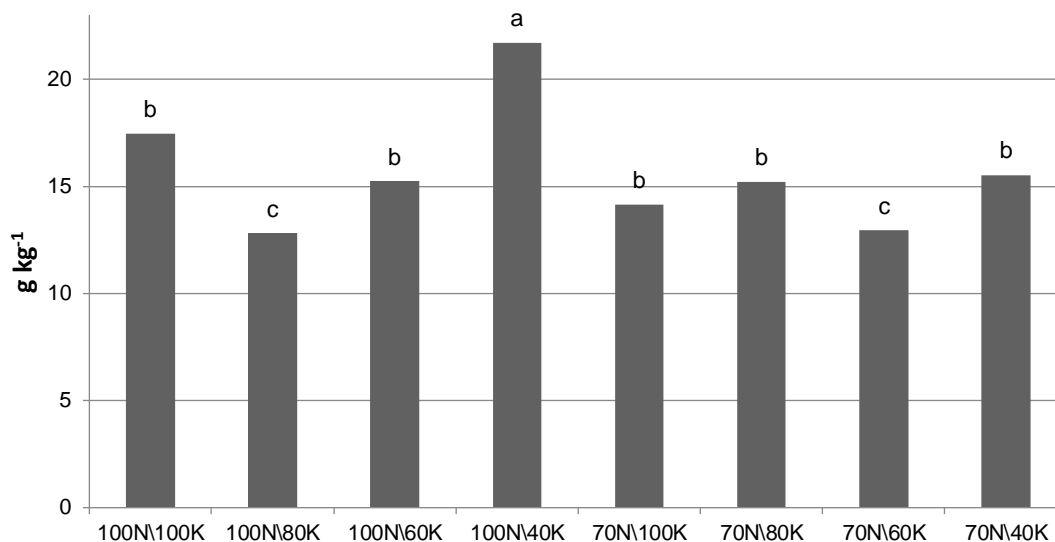
169

De acordo com o trabalho de Vargas (2010), que avaliou o IAF com diferentes doses de N com aplicações de cobertura em diferentes épocas. O IAF mensurado foi influenciado pela dose de N aplicada em cobertura, que maximizaram a área foliar conforme o maior teor de N disponibilizado às plantas, proporcionando um maior crescimento e desenvolvimento, aumentando o IAF.

Realizando as análises de quantidade de N, K e P foram obtidos os seguintes resultados para os tratamentos.

Na figura 4, os tratamentos com maiores resultados de N foram os 100 % de N e 40 de K e 100 % de N e 100 % de K, por outro lado, os menores valores foram obtidos com 100 % de N e 80 % de K e 70 % de N e 60 % de K.

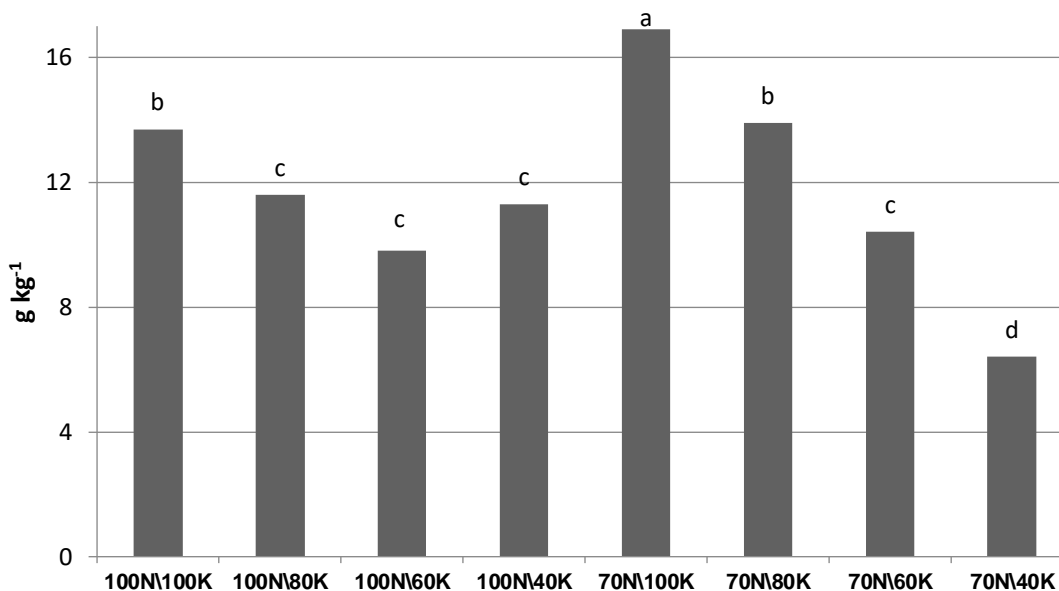
**Figura 4** - Conteúdo médio de nitrogênio foliar de milho inoculados com *Azospirillum brasilense* em diferentes doses de nitrogênio e potássio.



Segundo Coelho (2006), o nitrogênio é o segundo nutriente mais absorvido pelas plantas de milho no estágio vegetativo, observado juntamente com as aplicações de K, mostrando que as bactérias de *A. brasilense* fazem melhor a assimilação do N em dose baixa de K, obtendo maiores quantidades de N na folha na dose de 100% de N e 40% de K, diferente do encontrado por Galindo (2015), que testou dosagens de nitrogênio em sementes de milho não inoculadas e inoculadas, observando que as sementes inoculadas com *A. brasilense* e diferentes doses de N não foram significativas para os nutrientes como, por exemplo, o N.

Na figura 5, os melhores resultados obtidos com maiores valores de K foram 70 % de N e 100 % de K, 100 % de N e 100 % de K e 70% de N e 80 % de K, por outro lado, o menor resultado foi com 70 % de N e 40 % de K.

**Figura 5** - Conteúdo médio de potássio foliar de milho inoculados com *Azospirillum brasilense* em diferentes doses de nitrogênio e potássio



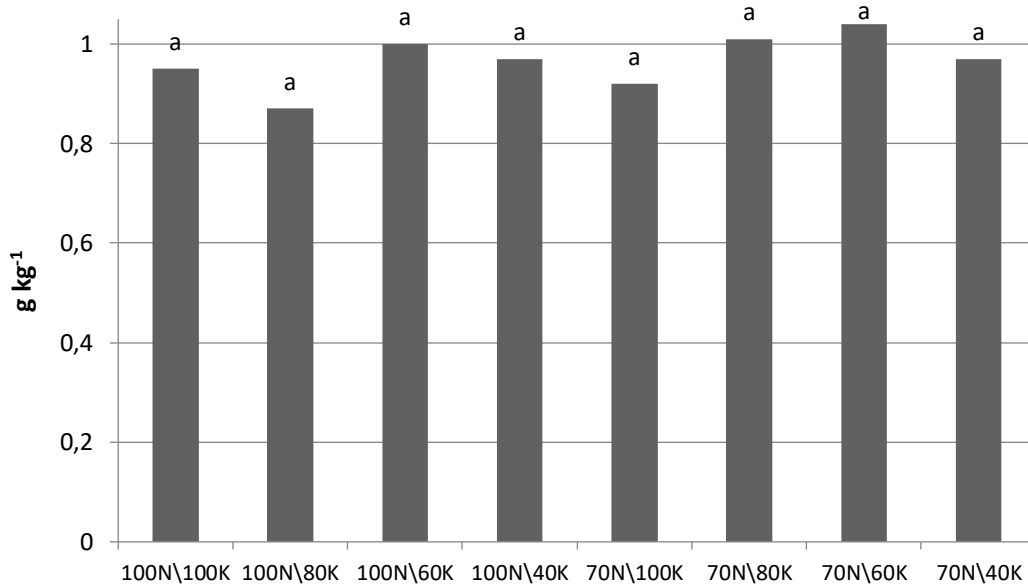
Segundo Coelho (2006) o K, é mais absorvido pela planta no estágio vegetativo, mostrando que mesmo diminuindo a dose de N para 70% as bactérias *A. brasilense* ajudam na assimilação do K na planta, mesmo com doses menores de N, pois como observado na tabela 5, o K foi encontrado em maiores quantidades em 70% de N e 100 % de K e 70% de N e 80 % de K, obtendo resultados melhores que em dose cheia 100% de N e 100% de K, por outro lado, no trabalho de Galindo (2015), o milho não inoculado e o inoculado com *A. brasilense* não observou diferenças significativas em relação ao potássio encontrado na folha.

171

A inoculação de *A. brasilense* permite a redução da quantidade de fertilizantes nitrogenados aplicados em cobertura, pois neste trabalho e em outros estudos já apresentaram resultados similares (HUNGRIA et al., 2010).

Na figura 6, os maiores resultados obtidos para o P foram os tratamentos com 70 % de N e 60 % de K e 70 % de N e 80 de K, por outro lado, os menores resultados foram com 100 % de N e 80 % de K e 70 % de N e 100 % de K.

**Figura 6** - Conteúdo médio de fósforo foliar de milho inoculados com *Azospirillum brasilense* em diferentes doses de nitrogênio e potássio.



Segundo Galindo (2015), as doses de N aplicadas não influenciaram a assimilação de P nas folhas, mas quando observado com e sem inoculação de *A. brasilense* houve diferenças significativas sendo diferentes deste trabalho que não foram encontradas diferenças significativas quanto a inoculação da bactéria na cultura do milho.

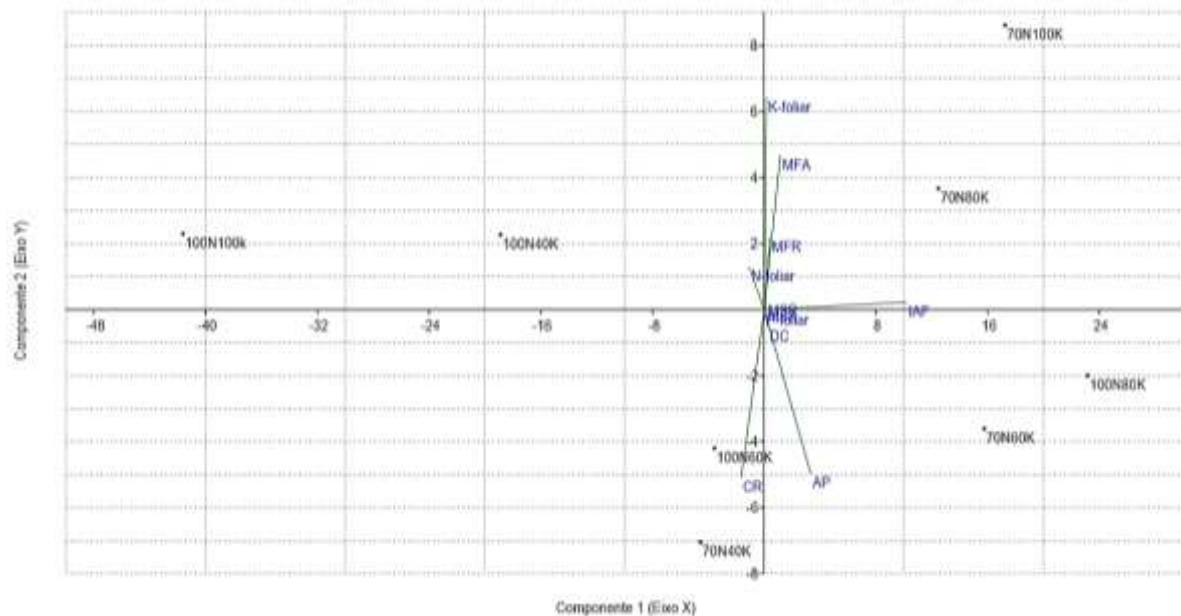
172

A inoculação de *A. brasilense* permite a redução da quantidade de fertilizantes nitrogenados aplicados em cobertura, pois em outros estudos já apresentaram resultados similares (HUNGRIA et al., 2010).

A eficiência de utilização do N pela parte aérea está relacionada à eficiência da planta no aproveitamento do N-fertilizante, sendo as bactérias do gênero *Azospirillum* também produtoras de fitormônios, como descrito em literaturas mais clássicas sobre o assunto (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Também se correlaciona o melhor desenvolvimento vegetal do milho ao aumento do sistema radicular, e assim, maior superfície de absorção de água e nutrientes pela planta (DOBBELAERE et al., 2002; REIS, 2007; HUNGRIA, 2011).

Segundo a Análise de Componentes Principais (ACP) foi possível observar agrupamentos distintos, o grupo no quadrante I (X positivo e Y positivo) posicionaram-se 70N100K e 70N80K e com os seguintes parâmetros em correlação positiva K-foliar, MFA, MFR, N-foliar e IAF (Figura 7).

**Figura 7** - Análise de Componentes Principais de parâmetros de milho inoculados com *A. brasilense* em duas doses de nitrogênio e quatro doses de potássio.



Para o quadrante II (X positivo e Y negativo) os tratamentos 100N80K e 70N60K correlacionaram, principalmente, com IAF e AP (Figura 7). O tratamento 70N40K agrupou-se no quadrante III (X negativo e Y negativo) influenciado principalmente pelo CR. Já os tratamentos 100N100K e 100N40K, no quadrante IV (X negativo e Y positivo) agruparam-se inversamente com os demais parâmetros.

173

O desenvolvimento vegetativo de milho demonstrou diferenças quanto aos fatores observados: dosagens de nitrogênio e potássio e inoculação de *Azospirillum brasilense* em relação ao diâmetro de colmo, altura de planta, matéria fresca da parte aérea, índice de área foliar e análise de DRIS.

Os tratamentos 100N40K e 70N80K foram os mais promissores para o desenvolvimento e nutrição de milho inoculado com *A. brasilense*, por isso, há evidências de outros mecanismos fisiológicos da simbiose entre esta bactéria e milho, que também, podem gerar nova recomendação agrônômica em prol da redução do uso de insumos e aumento de rendimentos para esta cultura.

#### 4 CONCLUSÃO

Os tratamentos 70N100K e 70N80K apresentaram melhor desenvolvimento de K-foliar, MFA, MFR, N-foliar e IAF, portanto, foi possível observar redução de 30% de nitrogênio e 20% de potássio sem alterar significativamente tais parâmetros.

No estudo a bactéria *Azospirillum* brasileiro melhorou a eficiência de absorção de nitrogênio e potássio, então, há boas perspectivas de recomendação agrônômica.

#### REFERÊNCIAS

ALVARES, M I; SUELDO, R J; A BARASSI, C. **Effect of Azospirillum on coleoptile growth in wheat seedlings under water stress**. 6. ed. Szeged: Cereal Research Communications, 1996. 24 v.

AUGUSTO, Mateus et al. Adubação com KCl revestido na cultura do milho no Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, Pb, v. 18, p.127-133, 2014. Disponível em: <<http://www.agriambi.com.br/revista/v18n02/v18n02a01.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2017.

BALDANI, J I et al. History on the biological nitrogen fixation research in graminaceous plants: special emphasis on the Brazilian experience. In: ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS, 77., 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2005. p. 549-579.

BALDANI, J. I. et al. Recent advances in BNF with non-legume plants. **Soil Biology and Biochemistry**, v.29, p.911-922, 1997.

BÜLL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L.T. & CANTARELLA, H., eds. **Cultura do milho: Fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba, Potafos, 1993. p.63-145.

CAVALLET, L. E.; PESSOA, A. C. S.; HELMICH, J. J.; HELMICH, P. R.; OST, C. F. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 129-132, 2000.

COELHO, Antônio Marcos. Nutrição e Adubação do Milho. **Circular Técnico**, Sete Lagoas, v. 78, p.1-10, dez. 2006. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/490410/1/Circ78.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2017.

COELHO, A. M. et al. **Sistemas de produção 1: cultivo do milho**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa/CNPMS, 2007.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acomp. safra bras. grãos, v. 4 Safra 2016/17** - Décimo segundo levantamento, Brasília, set. 2017. p. 1-158

DARTORA, J.; MARINI, D.; GONÇALVES, E. D. V.; GUIMARÃES, V. F. Co inoculation of *Azospirillum brasilense* and *Herbaspirillum seropedicae* in maize. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, p. 545-550, 2016.

DOBBELAERE, S. et al. Effect of inoculation with wild type *Azospirillum baselines* and *Azospirillum irakense* strains on development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. **Biology and Fertility of Soils**, v. 36, n.4, p. 284-297, 2002.

ESCOSTEGUY, P.A.V.; RIZZARDI, M.A. & ARGENTA, G. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em duas épocas de semeadura. **R.Bras. Ci. Solo**, 21:71-77, 1997.

FREIRE, F.M.; VASCONCELLOS, C.A. & FRANÇA, G.E. Manejo da fertilidade do solo em sistema plantio direto. **Inf. Agropec.**, 22:49-62, 2001.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Ecofisiologia e fenologia. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. p. 21-54.

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.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasiliense***: Inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36p. (Embrapa Soja Documento, 325). Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/download/doc325.pdf>. Acesso em: 01 de Novembro de 2017.

KAPPES, C. et al. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 334-343, 2011.

LANA, M. C. et al. Inoculation with *Azospirillum*, associated with nitrogen fertilization in maize. **Revista Ceres**, v.59, p.399-405, 2012.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, Ceres, 1980. 251p.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2009, 729 p.

MOREIRA, F. M. S. et al. Bactérias diazotróficas associativas: Diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**, v.1, p.74-99, 2010.



MULLER, T. M. et al. Combination of inoculation methods of *Azospirillum brasilense* with broadcasting of nitrogen fertilizer increases corn yield. **Ciência Rural**, v. 46, p. 210-215, 2015.

NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; ZUCCHI, R.A. **Entomologia econômica**. Piracicaba: Livro CERES, 1981.

NOVAKOWISKI, J.H. et al. Efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, v.32, p.1687-1698, 2011.

RADWAN, T. E. E.; Mohamed, Z. K.; Reis, V. M. Efeito da inoculação de *Azospirillum* e *Herbaspirillum* na produção de compostos indólicos em plântulas de milho e arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.987-994, 2004.

REIS, Verônica Massena. **Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculantes para aplicação em gramínea**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 22 p. (Documento; 232)

VARGAS, V. P. **Manejo da adubação nitrogenada na recuperação de estresses em milho**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Estadual de Santa Catarina, Lages, SC, 2010.

ZAGONEL, J et al. **Doses de nitrogênio e densidades de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR 1**. Santa Maria: Ciência Rural, 2002. 32 v.