



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

MARIANA ALVES DE OLIVEIRA

**ADUBAÇÃO MINERAL E INOCULAÇÃO A BASE DE
Pseudomonas fluorescens NA CULTURA DO MILHO**

Londrina
2010

MARIANA ALVES DE OLIVEIRA

**ADUBAÇÃO MINERAL E INOCULAÇÃO A BASE DE
Pseudomonas fluorescens NA CULTURA DO MILHO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação, em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Claudemir Zucareli

Londrina
2010

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina.**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

O48a Oliveira, Mariana Alves de.

Adubação mineral e inoculação a base de *Pseudomonas fluorescens* na cultura do milho / Mariana Alves Oliveira de. – Londrina, 2010.
87 f. : il.

Orientador: Claudemir Zucareli.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2010.

Inclui bibliografia.

1. Milho – Adubação – Teses. 2. Milho – Adubos e fertilizantes – Teses. 3. Milho – Inoculação – Teses. 4. *Pseudomonas* – Teses. 5. Micronutrientes – Teses. I. Zucareli, Claudemir. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU 633.15

MARIANA ALVES DE OLIVEIRA

ADUBAÇÃO MINERAL E INOCULAÇÃO A BASE DE *Pseudomonas fluorescens* NA CULTURA DO MILHO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação, em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Maria de Fátima Guimarães – UEL

Dr. Adilson de Oliveira Junior – Embrapa Soja

Profa. Dra. Maria Helena Machado – UEL

Prof. Dr. Osmar Rodrigues Brito – UEL

Prof. Dr. Claudemir Zucareli – Orientador
Universidade Estadual de Londrina

Londrina, 23 de março de 2010.

*Aos meus exemplos de vida
Meus pais Alcindo Alves de Oliveira e Soeli Soriani Alves de Oliveira
Pela Educação e amor sem fim!
Aos meus irmãos Edson Luiz e Juliana
Meu sobrinho Eduardo
Pelo amor e carinho
A toda a minha família
DEDICO!*

*Toda honra, toda glória
Todo louvor, a Tí Senhor
OFEREÇO!*

AGRADECIMENTO

A Deus, pela constante presença em minha vida, sem que eu precise pedir, pelo auxílio nas minhas escolhas e conforto nas horas difíceis.

A Jesus Cristo pelo dom do entendimento, pela sabedoria e pela inspiração e concentração no desenvolvimento deste trabalho, em especial nos atos da escrita.

A minha família por todo o sacrifício, confiança, por me ensinarem com amor como se construir um mundo melhor. Em especial, agradeço aos meus pais por toda garra e dedicação, incentivo, pelos sonhos sonhados e alcançados.

À Universidade Estadual de Londrina pela oportunidade de realização do curso de Mestrado.

Ao orientador e amigo Dr. Claudemir Zucareli, pela oportunidade, dedicação e valiosos ensinamentos, e principalmente a amizade construída durante estes anos de estudo, amizade que permanecerá.

Aos Professores e funcionários do Programa de Pós-graduação em Agronomia pelos ensinamentos.

À Coordenadoria de Apoio e Pesquisa ao Ensino Superior (CAPES) pela bolsa concedida.

À *Rizobacter*[®] pelo fornecimento do inoculante utilizado na condução da pesquisa.

Aos eternos amigos e professores do curso de Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Maringá, em especial a professora Dr^a Cristina Giatti Marques de Souza minha amiga e orientadora de Iniciação Científica e Professor Dr^o Telmo Antônio Tonin, exemplos de pessoas e profissionais a serem seguidos.

À amiga e Professora Dr^a Maria Helena Machado por ter acreditado no meu sonho e proporcionado uma relação de amizade e de confiança que perdurará.

Ao Professor Dr^o Gustavo Fregonezi pelo ensinamento e pelo apoio na realização das análises de composição nutricional dos grãos de milho.

Aos funcionários da Fazenda Escola pelo auxílio na condução do trabalho a campo. Em especial o Senhor Bié e Uri pela paciência, pelos ensinamentos, apoio e amizade.

Aos estagiários do curso de Agronomia Allan, André, Leandro e Marina pelo auxílio no desenvolvimento deste trabalho e momentos de descontração.

Aos meus amigos Diego Horie, Rosinei Aparecida de Souza, Adriana Pereira, Julio César da Silva Urbano, meus irmãos amigos Juliana Alves de Oliveira e Edson Luiz Alves de Oliveira pelo apoio nos bons e maus momentos durante o transcorrer do curso, estímulos e ensinamentos.

Enfim, a todos desta Nação que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

Muito Obrigada pelo amor e carinho!

OLIVEIRA, Mariana Alves. **Adubação mineral e inoculação a base de *Pseudomonas fluorescens* na cultura do milho**. 2010. 89f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2010.

RESUMO

Com o intuito de aumentar a eficiência da utilização da adubação nos sistemas agrícolas, mantendo o equilíbrio ecológico, aumentou-se o interesse pela manipulação de Rizobactérias, que apresentam grande potencialidade e praticidade de uso. O trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho agrônômico da cultura e a composição química de grãos do milho de segunda safra submetido à inoculação com *Pseudomonas fluorescens* sob diferentes níveis de adubação NPK. O experimento foi realizado na Fazenda Escola e no Laboratório de Solos do Departamento de Agronomia da UEL, utilizando a cultivar de milho híbrido 30F35. Foram testados seis tratamentos, sob o delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema fatorial 3x2, correspondente a três níveis de adubação NPK (0, 50 e 100% da recomendação) e dois de inoculante a base de *P. fluorescens* (com e sem), com 4 repetições. Foram utilizados 125 e 250 kg ha⁻¹ do formulado 08-28-16, no sulco de semeadura, para 50 e 100% da recomendação, respectivamente. Foram avaliadas as características fitométricas, as plantas acamadas e quebradas, os componentes de produção, a produtividade e a composição química dos grãos. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5%. A adubação com 100% da recomendação proporcionou maior altura de planta e maior comprimento de espiga. A inoculação proporcionou menor altura de planta e de inserção de espiga, contudo favoreceu o diâmetro da espiga. A adubação de 100% na presença de *P. fluorescens* aumentou o comprimento de espiga, o peso de espiga, a massa de 100 grãos e a produtividade. A presença de *P. fluorescens* com 100% de adubação promoveu aumento no número de grãos por fileira, no diâmetro da espiga e no peso de espiga. A aplicação de *Pseudomonas fluorescens* via inoculação incrementou os teores de P e K dos grãos de milho, independente dos níveis de adubação. Os teores dos nutrientes, de proteína e de cinzas dos grãos de milho não foram favorecidos pelos níveis de adubação mineral. A inoculação com *P. fluorescens* e adubação mineral não incrementaram o acúmulo de nutrientes, proteína e cinzas nos grãos.

Palavras-chave: *Zea mays*. Acúmulo. Rizobactérias. Macronutrientes. Micronutrientes. Proteína.

OLIVEIRA, Mariana Alves. **Mineral fertilizers and inoculation the basis of *Pseudomonas fluorescens* in corn.** 2010. 89p. Dissertation (Master Degree in Agronomy) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2010.

ABSTRACT

Aiming to increase the efficient use of fertilizer in agricultural systems while maintaining the ecological balance, the interest was increased by manipulating Rhizobacteria, showing great potential and practicality of use. The study aimed to evaluate the agronomic performance of crop and chemical composition of maize to second crop subjected to inoculation with *Pseudomonas fluorescens* under different levels of NPK. The experiment was conducted at the School Farm and Laboratory of Soils, Department of Agronomy of the UEL, the cultivar hybrid 30F35. Six treatments were tested under the experimental design of randomized blocks in factorial scheme 3x2, corresponding to three levels of NPK (0, 50 and 100% of recommendation) and two inoculation-based *P. fluorescens* (with and without), with 4 replicates. We used 125 and 250 kg ha⁻¹ 08-28-16 formulated in the furrow, to 50 and 100% of the recommendation, respectively. Were evaluated fitometricas characteristics, the broken and lodged plants, production components, productivity and chemical composition of the grains. Data were subjected to analysis of variance and means compared by Tukey test at 5%. Fertilization with 100% of the recommendation provided greater plant height and length of spike. This inoculation in plant height and ear insertion, however favored the ear diameter. The fertilization of 100% in the presence of *P. fluorescens* increased the length of ear, ear weight, the weight of 100 grains and yield. The presence of *P. fluorescens* with 100% fertilization increased the number of kernels per row, the ear diameter and ear weight. The application of *Pseudomonas fluorescens* inoculation via increased levels of P and K of corn, regardless of fertilization levels. The nutrient content, protein and ash of corn were not favored by the levels of mineral fertilizer. The inoculation with *P. fluorescens* and mineral fertilizers did not increase the accumulation of nutrients, protein and ash grains.

Keywords: Zea mays. Accumulation. Rhizobacteria. Macronutrients. Micronutrients. Protein.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.1** – Dados diários de temperaturas máximas e mínimas e de precipitação pluvial durante o período de condução do experimento em Londrina – PR.....50
- Figura 2.1** – Dados diários de temperaturas máximas e mínimas e de precipitação pluvial durante o período de condução do experimento em Londrina – PR.....74

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.1** – Caracterização química do solo da área experimental na profundidade de 0-10 e 10-20 cm51
- Tabela 1.2** – Médias da altura de planta (AP), altura da inserção da espiga (AE), diâmetro do colmo (DC) e stand final (SF) de plantas de milho, submetidas a diferentes doses de adubação NPK e inoculação das sementes com *Pseudomonas fluorescens*, cultivadas em Londrina-PR na segunda safra no ano de 2009.....55
- Tabela 1.3** – Desdobramento da interação para médias de altura de plantas e altura de inserção de espiga de plantas de milho, em função de diferentes doses de adubação NPK e inoculação das sementes com *Pseudomonas fluorescens*, cultivadas em Londrina-PR na segunda safra no ano de 2009.....56
- Tabela 1.4** – Médias de plantas acamadas e plantas quebradas (plantas ha⁻¹) na cultura do milho submetida a diferentes doses de adubação NPK e inoculação das sementes com *Pseudomonas fluorescens*, cultivada em Londrina-PR no período de segunda safra no ano de 200957
- Tabela 1.5** – Médias de comprimento da espiga (CE), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (GF), diâmetro da espiga (DE), diâmetro do sabugo (DS), índice de espiga (IE), massa de 100 grãos (M100G), peso de espiga (PE) e produtividade (P) de milho submetido a diferentes doses de adubação NPK e inoculação das sementes com *Pseudomonas fluorescens* cultivado em Londrina-PR no período de segunda safra no ano de 200959
- Tabela 1.6** – Desdobramento da interação para médias de comprimento de espiga e número de grãos por fileira de plantas de milho, em função de diferentes doses de adubação NPK e inoculação das sementes com *Pseudomonas fluorescens*, cultivadas em Londrina-PR na segunda safra no ano de 2009 grãos por fileira60

Tabela 1.7 – Desdobramento da interação para médias de diâmetro da espiga e peso da espiga de plantas de milho, em função de diferentes doses de adubação NPK e inoculação das sementes com <i>Pseudomonas fluorescens</i> , cultivadas em Londrina-PR na segunda safra no ano de 2009.....	60
Tabela 1.8 – Desdobramento da interação para médias de massa de 100 grãos e produtividade de plantas de milho, em função de diferentes doses de adubação NPK e inoculação das sementes com <i>Pseudomonas fluorescens</i> , cultivadas em Londrina-PR na segunda safra no ano de 2009.....	62
Tabela 2.1 – Caracterização química do solo da área experimental na profundidade de 0-10 e 10-20 cm	75
Tabela 2.2 – Teores (g kg^{-1}) e acúmulos (kg ha^{-1}) médios de N, P, K, Ca e Mg em grãos de milho provenientes de plantas cultivadas sob diferentes níveis de adubação NPK e inoculação das sementes com <i>Pseudomonas fluorescens</i> , Londrina - PR, 2009	79
Tabela 2.3 – Teores (mg kg^{-1}) e acúmulos (g ha^{-1}) médios de Fe, Mn, Cu e Zn em grãos de milho provenientes de plantas cultivadas sob diferentes níveis de adubação NPK e inoculação das sementes com <i>Pseudomonas fluorescens</i> , Londrina - PR, 2009	81
Tabela 2.4 – Teores (g kg^{-1}) e acúmulos (kg ha^{-1}) de proteína e cinzas (%) em grãos de milho provenientes de plantas cultivadas sob diferentes níveis de adubação NPK e inoculação das sementes com <i>Pseudomonas fluorescens</i> , Londrina - PR, 2009	82

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 O CULTIVO DO MILHO NO BRASIL	15
2.2 IMPORTÂNCIA DA CULTURA DO MILHO	17
2.3 ADUBAÇÃO E NUTRIÇÃO MINERAL PARA A CULTURA DO MILHO	18
2.3.1 Nitrogênio	19
2.3.2 Fósforo	21
2.3.3 Potássio	23
2.4 ADUBAÇÃO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE GRÃOS	24
2.5 O AMBIENTE RIZOSFÉRICO	26
2.5.1 Microbiota do Solo e Inoculação	28
2.6 RIZOBACTÉRIAS PROMOTORAS DO CRESCIMENTO DE PLANTAS	29
2.7 USO DE RPCPs COMO INOCULANTE EM VEGETAIS	30
2.7.1 Disponibilização de Fosfatos	32
2.8 USO COMERCIAL DE RPCPs NA AGRICULTURA	34
REFERÊNCIAS	35
ARTIGO A – DESEMPENHO AGRÔNOMICO DO MILHO DE SEGUNDA SAFRA EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO MINERAL E INOCULAÇÃO DE SEMENTES COM <i>Pseudomonas fluorescens</i>	45
RESUMO E ABSTRACT	45
INTRODUÇÃO	46
MATERIAL E MÉTODOS	49
RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
CONCLUSÃO	64
REFERÊNCIAS	65

ARTIGO B – COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS GRÃOS DE MILHO EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO MINERAL E INOCULAÇÃO DAS SEMENTES COM <i>Pseudomonas fluorescens</i>	69
RESUMO	69
ABSTRACT.....	69
INTRODUÇÃO	70
MATERIAL E MÉTODOS	73
RESULTADOS E DISCUSSÃO	76
CONCLUSÃO	83
REFERÊNCIAS.....	83
 CONCLUSÕES	 88

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) transformou-se, no início do século XXI, no produto agrícola mais cultivado na Terra, certamente devido ao grande potencial de produtividade e versatilidade de uso, com destino certo para o consumo animal e humano, uso industrial e como sementes.

A área cultivada com milho no Brasil evoluiu consideravelmente nos últimos anos, em especial nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, em virtude do aumento no cultivo do milho de segunda safra com semeadura nos meses de janeiro e fevereiro. A área plantada na safra 2008/2009, para o milho de primeira e segunda safras, foi de 14,136 milhões de hectares com produção de 50,110 milhões de toneladas de grãos (CONAB, 2009).

O milho, por apresentar alto potencial produtivo, é uma das culturas mais exigentes em fertilizantes, especialmente os nitrogenados e fosfatados. O suprimento inadequado de nitrogênio é considerado um dos principais fatores limitantes ao rendimento de grãos do milho, pois o mesmo exerce importantes funções nos processos bioquímicos da planta. Ao lado do nitrogênio, a deficiência do fósforo também limita a produtividade da cultura, sendo esta mais exigente a fósforo por ocasião da formação e desenvolvimento dos grãos. O fósforo está relacionado com o crescimento das raízes, a maturação de frutos, a formação de grãos, frutos e fibras e com o vigor das plantas (VITTI et al., 2004). Existem diversos trabalhos que evidenciam o uso do NPK favorecendo o crescimento vegetal, a composição química de grãos e o teor protéico em milho (POMMER; SAWAZAKI, 1981; CARMO et al., 2003; MARSARO JUNIOR et al., 2007)

As Rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (RPCPs) aparecem como uma alternativa de relevante importância na tentativa de reduzir o custo com adubação mineral, e os riscos ambientais causados pela utilização inadequada, excessiva ou até mesmo incipiente de fertilizantes, favorecendo a produção agrícola, por aumentar o suprimento de nutrientes necessários à cultura do milho, além de diminuir os custos para o produtor.

Uma agricultura sustentável requer à utilização de estratégias que permitam o aumento da produção de alimentos sem prejuízos ao meio ambiente e a

saúde, dentro do contexto econômico, político e social de cada região. Dentre as alternativas potenciais para atingir este objetivo está o uso de rizobactérias para a produção de inoculantes comerciais de baixo custo. As rizobactérias são de fácil aplicação em tratamento de sementes, são nativas do solo, não interferem no equilíbrio ecológico e enquadram-se na realidade por implantação de tecnologias “limpas”. Viabilizam uma agricultura sustentável com a maximização da produção de alimentos com menos gastos e menos uso de insumos agrícolas.

As rizobactérias que se associam a vegetais possuem a capacidade de colonizar as raízes e outros tecidos internos do vegetal, apresentam grande potencialidade e praticabilidade de uso, com efeitos benéficos de promover o crescimento vegetal. Produzem hormônios de crescimento como auxinas e giberelinas que estimulam o crescimento vegetal, principalmente as raízes, favorecendo a maior absorção de nutrientes e água. Atuam ainda na solubilização de fosfato inorgânico que favorece a disponibilidade de fósforo favorecendo o crescimento vegetal.

Dentre as rizobactérias, as *Pseudomonas fluorescens* aplicadas em tratamento de sementes estimulam o crescimento das plantas de milho, potencializam a absorção e a disponibilização do P para a nutrição da cultura, e, conseqüentemente, maximizam a produção e a qualidade nutricional dos grãos.

Visando o entendimento da interação bactéria-planta, bem como, dos efeitos promovidos por bactérias promotoras de crescimento na cultura do milho sob diferentes níveis de adubação para as condições de solo e clima da região de Londrina-PR, realizou-se o trabalho com o objetivo de avaliar o desempenho agrônomo da cultura e a composição química de grãos do milho de segunda safra submetido à inoculação com *Pseudomonas fluorescens* sob diferentes níveis de adubação NPK.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O CULTIVO DO MILHO NO BRASIL

O milho (*Zea mays* L.), considerado pelos pesquisadores como originário do México e da América Central, onde era venerado há mais de cinco mil anos, transformou-se, no início do século XXI, no alimento agrícola mais produzido na Terra, ao superar o trigo, o arroz e a soja (OLIVEIRA, 2007).

Atualmente o milho é a mais importante planta comercial com origem nas Américas, sendo uma espécie altamente politépica, com cerca de 300 raças e milhares de variedades. Sua cultura comercial está amplamente disseminada por todo o mundo, desde a latitude de 58° N (Federação Russa) a 40° S (Argentina), do nível do mar a 3.800 metros de altitude, apresentando raças e variedades específicas e adaptadas às distintas condições ecológicas (PATERNIANI, 1984).

A produção de milho no Brasil tem-se caracterizado pela divisão da produção em duas épocas de cultivo. As semeaduras de verão, ou primeira safra, são realizadas na época tradicional, durante o período chuvoso, que varia entre fins de agosto, na região Sul, até os meses de outubro/novembro, no Sudeste e Centro-Oeste, já no Nordeste, esse período ocorre no início do ano (EMBRAPA, 2009). A “safrinha” refere-se ao milho de safra, cultivado de janeiro a abril, em sucessão a uma cultura de verão, quase sempre depois da soja. No decorrer da década de 1990, o processo de deslocamento da cultura do milho da safra normal, provocada pela introdução da soja, se intensificou, passando parte do cereal a ser cultivado em sucessão à oleaginosa (FORNASIERI FILHO, 2007).

O milho safrinha ocupa, atualmente, cerca de 3.300.000 hectares principalmente nos estados do PR, SP, MT, MS e GO, e em alguns deles, como MT e MS, a área de produção de milho nesse sistema já é superior à área destinada à produção de milho na primeira safra. O rendimento e o nível tecnológico adotado para o milho de segunda safra dependem da época de semeadura. Nas semeaduras realizadas mais cedo o sistema de produção é, geralmente, igual ao utilizado na safra normal. Nas semeaduras mais tardias o agricultor reduz o nível tecnológico em

função do maior risco de perdas na cultura devido, principalmente, às condições climáticas vigentes durante o ciclo (frio excessivo, geada e deficiência hídrica). A redução do nível tecnológico refere-se, basicamente, à menor qualidade da semente utilizada e à redução nas quantidades de adubos e defensivos aplicados (EMBRAPA, 2009).

O sucesso no cultivo do milho de segunda safra depende, fundamentalmente, da ocorrência de condições climáticas adequadas por ocasião da semeadura e durante os períodos críticos de crescimento da cultura. Os elementos climáticos apresentam grande variabilidade espacial e temporal devido à ocorrência de períodos prolongados de escassez de chuvas e temperaturas baixas no período usual de cultivo do milho “safrinha” no Paraná (CARDOSO; FARIA; FOLEGATTI, 2004).

Gonçalves et al. (2002) relatam que no Estado do Paraná existem regiões diferenciadas quanto à probabilidade de ocorrência de baixas temperaturas no período de desenvolvimento das plantas de milho “safrinha”. No Sul, principalmente nas regiões de maior altitude, como as de Guarapuava, Palmas, Ponta Grossa e Curitiba, essa probabilidade é sempre alta, mostrando sérias restrições térmicas ao cultivo. As épocas de semeadura mais indicadas levam em conta a análise conjunta dos riscos de geada com os de deficiência hídrica, sendo que nas regiões situadas ao Norte, as épocas de menores riscos para a semeadura são o final de fevereiro e o mês de março, enquanto que nas demais regiões, são janeiro e fevereiro.

Cardoso, Faria e Folegatti, (2004) em estudo da simulação do rendimento e risco climático para o milho safrinha em Londrina – PR, afirmaram que os riscos de estabelecimento do milho “safrinha” aumentaram com o atraso da semeadura a partir de fevereiro. Os resultados mostraram decréscimos de rendimentos de até 38% da produtividade potencial e de 44% da produtividade sob restrição hídrica à medida que se atrasou a semeadura, devido à coincidência dos períodos críticos de desenvolvimento com condições subótimas de radiação solar, temperatura e disponibilidade hídrica. Observaram aumentos na duração do ciclo de 120 para 140 dias quando o milho foi semeado em janeiro e de 160 para 170 dias para semeadura em abril. O ciclo mais longo influenciou na seqüência de cultivos e semeaduras após o terceiro decêndio de março, só permitindo o cultivo da cultura de

verão após outubro. Também houve tendência de aumento de falhas no estabelecimento do cultivo, devido à deficiência hídrica, à medida que se atrasou a semeadura. Há risco de geadas de 4% para os cultivos semeados em final de março e 8% para os semeados em abril. Os maiores rendimentos foram observados nas semeaduras do primeiro decêndio de fevereiro em ambos os cenários, e os menores rendimentos ocorreram no terceiro decêndio de março, no cenário potencial, e no terceiro decêndio de abril, no cenário atual sem irrigação.

2.2 IMPORTÂNCIA DA CULTURA DO MILHO

A importância econômica do milho é caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vai desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia. Na realidade, o uso do milho em grão como alimentação animal representa 66% do consumo desse cereal no mundo; 25% é utilizado como alimento humano e em processos industriais, e o restante é utilizado como sementes ou perdido no decorrer da cadeia produtiva. Apesar do milho em grão e de seus derivados não apresentarem participação significativa na alimentação humana, é fonte de energia e de proteína, principalmente para populações de baixa renda na América Latina, Ásia e África. O milho fornece 15% do total anual de proteínas e 19% das calorias produzidas pelos produtos alimentares (EMBRAPA, 2008).

A cultura do milho ocupa, na atualidade, o terceiro lugar em área semeada e o primeiro lugar em produção e produtividade no mundo entre as principais culturas produtoras de grãos. Na evolução mundial de produção de milho, o Brasil se destaca como o terceiro maior produtor; a área plantada na safra 2008/2009 para milho primeira e segunda safras foi de 14,136 milhões de hectares. A produção total de grãos no Brasil foi de 134 milhões de toneladas para safra 2008/2009, e desse montante, 50,1 milhões de toneladas refere-se à produção de milho das duas safras (CONAB, 2009).

Considerando-se as duas safras, a produção paranaense de milho para 2008/2009 foi de 11,03 milhões de toneladas. Para a segunda safra a área semeada foi de 1,5 milhões de hectares com produção de 4,57 milhões de

toneladas. Observou-se nesta safra uma redução de 27,6% em relação ao potencial inicial, e isso se deve, à estiagem ocorrida no período compreendido entre final de março até início de maio. Além disso, geadas ocorridas no início de junho também afetaram as lavouras, intensificando as perdas. A produtividade média obtida na safra foi de 3.364 kg ha⁻¹ (SEAB, 2009).

2.3 ADUBAÇÃO E NUTRIÇÃO MINERAL PARA A CULTURA DO MILHO

A cultura do milho apresenta elevado potencial produtivo, podendo alcançar mais de 10 t ha⁻¹ de grãos tanto em condições experimentais quanto por agricultores que adotam tecnologias adequadas de manejo. No entanto, o que se observa na prática são produtividades baixas e irregulares. A fertilidade do solo é um dos principais fatores responsáveis por essa baixa produtividade, pois as necessidades nutricionais da planta são supridas pela quantidade de nutrientes que esta extrai do solo durante o seu ciclo. Essa extração total dependerá, entretanto, do rendimento obtido e da concentração de nutrientes nos grãos e na palhada. Assim, na produção de grãos é necessário colocar à disposição da planta a quantidade total dos nutrientes que esta extrai, que devem ser fornecidos pelo solo por meio de adubações (COELHO; FRANÇA, 1995).

Para a instalação da cultura do milho e demais culturas é necessário diagnosticar a necessidade de corretivos e fertilizantes. Para isso, as análises químicas do solo e da planta são ferramentas eficazes para se avaliar a fertilidade atual do solo e o estado nutricional da cultura, tendo como fim específico, o planejamento e aferição da ação de planejamento (quantidade, época ou forma de aplicação), respectivamente, facilitando o manejo e aumentando o potencial produtivo da lavoura (DOURADO NETO; FANCELI, 2004).

2.3.1 Nitrogênio

O milho é uma das culturas mais exigentes em fertilizantes, especialmente os nitrogenados. O suprimento inadequado de nitrogênio é considerado um dos principais fatores limitantes ao rendimento de grãos do milho, pois o mesmo exerce importante função nos processos bioquímicos da planta. Ele é constituinte de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos, fitocromos e clorofila. Além disso, afeta as taxas de iniciação e expansão foliar, o tamanho final e a intensidade de senescência das folhas. O nitrogênio (N) é importante no estágio inicial de desenvolvimento da planta, quando ela está com quatro folhas totalmente desdobradas, pois esta é a fase em que o sistema radicular em desenvolvimento apresenta considerável porcentagem de pêlos absorventes e ramificações diferenciadas. A adição de fertilizante nitrogenado estimula a proliferação de raízes, com conseqüente desenvolvimento da parte aérea (FORNASIERI FILHO, 2007).

O nitrogênio é absorvido pelas plantas, preferencialmente, nas formas de nitrato e amônio. O nitrato pode originar-se da mineralização da matéria orgânica que, contendo os aminoácidos nitrogenados, sofre transformações bioquímicas como a aminização, amonificação e nitrificação. Outras fontes de nitrato são os adubos contendo este sal. O amônio pode originar-se do adubo mineral, da passagem da amina para a nitrificação, ou pela simbiose em vegetais da família das leguminosas (TANAKA; MASCARENHAS; BORKERT, 1997).

No Brasil, a magnitude das respostas a nitrogênio tem sido variável, mas a maioria dos ensaios indica respostas significativas à doses entre 30 e 90 kg ha¹ de N. A absorção de nitrogênio pelo milho é mais intensa no período entre 40 e 60 dias após germinação, porém, a planta ainda absorve cerca de 50% do nitrogênio que necessita após o início do florescimento, sendo uma provável vantagem a aplicação tardia de parte do nitrogênio (CANTARELLA, 1993).

Por meio de experimentos em condições de campo, Oliveira e Caires (2003), analisaram o comportamento da uréia aplicada na superfície do solo em decorrência de perdas de N-NH₃ por volatilização, e a substituição parcial ou total da uréia por sulfato de amônio. Este estudo demonstrou que a uréia na

superfície, ou com incorporação, e o sulfato de amônio na superfície tiveram comportamento semelhante na nutrição e na produção de milho.

Casagrande e Fornasieri Filho (2002) estudando a influência de doses e modos de aplicação de nitrogênio em milho safrinha relataram que não há efeito da forma de aplicação do nitrogênio (todo na semeadura ou todo em cobertura) e de doses de nitrogênio nas características de rendimento de grãos, como massa de mil grãos, índice de colheita, altura de plantas e de espigas, número de fileiras de grãos por espiga e número de grãos. No entanto, Aratani, Fernandes e Mello, (2006), avaliando doses de N em cobertura, realizadas quando as plantas de milho apresentavam cinco folhas desenvolvidas, confirmam que o aumento das doses de N em cobertura proporciona resposta linear para teor de N foliar e rendimento de grãos de milho. A aplicação de 60 kg ha^{-1} de N em cobertura é o mais indicado economicamente, pois proporciona maior taxa de retorno e maior índice de lucratividade.

Deparis, Lana e Frandoloso (2007) ao avaliar a adubação nitrogenada e potássica em cobertura, na eficiência de absorção de nutrientes, no rendimento de grãos, componentes da produção e outras características agrônômicas de híbrido simples de milho. Verificaram aumento linear na produtividade e da produção de biomassa seca da parte aérea até a dose de 152 kg ha^{-1} de N em cobertura. A adubação com potássio proporcionou aumento da produção de biomassa seca da parte aérea, mas não influenciou na produtividade.

Para as condições do Brasil, em geral, deve-se usar maior número de parcelamento sob as seguintes condições: a) altas doses de nitrogênio (120 a 200 kg ha^{-1}), b) solos de textura arenosa e c) áreas sujeitas a chuvas de alta intensidade. Uma única aplicação deve ser feita sob as seguintes condições: a) doses baixas ou médias de nitrogênio (60 - 100 kg ha^{-1}), b) solos de textura média e/ou argilosa e c) cultivo intensivo, sem o uso de irrigação, em que a distribuição do fertilizante é feita mecanicamente (COELHO; FRANÇA, 1995).

2.3.2 Fósforo

Além do nitrogênio, a deficiência do fósforo (P) também limita a produtividade do milho na maioria das áreas de cultivo. A cultura mostra-se mais exigente em fósforo por ocasião da formação e desenvolvimento dos grãos. O fósforo está relacionado ao crescimento das raízes, a maturação de frutos, a formação de grãos, frutos e fibras e ao vigor das plantas (VITTI; WIT; FERNANDES, 2004). O P é parte integrante de diversas moléculas químicas, como açúcares fosfatados, nucleotídeos, coenzimas, fosfolipídeos, ácido fítico, além de ser parte estrutural do difosfato de adenosina (ADP) e do trifosfato de adenosina (ATP) (STAUFFER; SULEWSKI, 2003).

O mecanismo que afeta o crescimento, em resposta à deficiência inicial de P, pode estar relacionado a restrições no fornecimento de carbono à planta. Em milho, a deficiência de P reduz a taxa de emissão e crescimento de folhas, particularmente das folhas baixas. Com menor área foliar, há menor captação da radiação solar e, conseqüentemente, menos carboidratos, afetando a subsequente emergência das raízes nodais, reduzindo, assim, a capacidade de absorção de fósforo pela planta (GRANT et al., 2001).

O suprimento de P nos estádios iniciais de crescimento é fundamental para o desenvolvimento da planta. A resposta do milho à aplicação de P na semeadura está relacionada com a concentração foliar de P nos estádios de V₄ a V₅, ou possivelmente mais cedo. Especula-se que mais fósforo na semeadura favoreça a produção de maior número de grãos, pois uma deficiência de P durante a formação da espiga, que ocorre entre os estádios V₆ e V₇, reduz o tamanho da mesma, levando a um menor número de grãos por espiga (GRANT et al., 2001).

Lucena et al. (2000) ao avaliar os efeitos das dosagens de nitrogênio e de fósforo, sobre algumas características da cultura do milho (diâmetro caulinar, número de grãos/espiga, peso de espiga com e sem palha, e rendimento de grãos pela cultura), constataram que o rendimento da cultura respondeu positivamente ao N e P₂O₅ aplicado, até as dosagens de 111,1 kg ha⁻¹ e 197,6 kg ha⁻¹, respectivamente. Harger et al. (2007) avaliando os efeitos de fontes e de doses de fósforo no crescimento inicial do milho, concluíram que a produção de massa de

matéria seca da parte aérea aumentou com o incremento das doses de fósforo e o aumento das doses propiciou aumentos nos teores foliares de P nas plantas de milho.

O principal mecanismo de contato entre o fósforo e as raízes no solo é a difusão, onde a absorção do nutriente cria uma depleção em volta da raiz, e os íons se difundem por gradiente de potencial químico até a superfície radicular (BARBER, 1984). O fósforo se move em média, somente 1-2 mm, desta forma, apenas o P que se encontra a esta distância das raízes está estrategicamente disponível para ser absorvido. Em virtude de reações de adsorção em colóides minerais, precipitação ou conversão em formas orgânicas, grande parte do P adicionado ao solo torna-se insolúvel ou não disponível, reduzindo a eficiência da adubação fosfatada (GRANT et al., 2001).

A difusão de P no solo é mais limitante que a velocidade de absorção radicular, assim, a eficiência de absorção de fósforo está associada à maior produção de área radicular e não a maiores volumes de influxo de fósforo (ARAÚJO, 2000). Alves et al. (2002) em estudo da cinética de absorção de fósforo e crescimento do sistema radicular de genótipos de milho contrastantes para eficiência de fósforo, concluíram que o crescimento diferencial do sistema radicular é um dos mecanismos de eficiência para fósforo em milho.

Os modos de adubação fosfatada mais estudados na cultura do milho são relacionados com a aplicação a lanço e a localizada no sulco de semeadura. No entanto, existe a possibilidade da aplicação intermediária, em sulco duplo, que pode aumentar a fração do solo fertilizada e a eficiência da adubação. Estudos realizados por Prado, Fernandes e Roque (2001), avaliando diferentes formas de aplicação de P na cultura do milho, com aplicação a lanço, localizado no sulco de semeadura e modo de aplicação intermediário, sulco duplo, concluíram que a aplicação de doses de fósforo aumentou a produção de grãos de milho, e os modos de aplicação do adubo fosfatado em sulco simples e sulco duplo foram mais eficientes que a aplicação a lanço, porém o incremento na produção do milho foi superior no sulco duplo em relação ao sulco simples.

Gonçalves Jr et al. (2008a) avaliou os componentes de produção e a produtividade da cultura do milho em função da adubação com diferentes doses de cobre, nitrogênio, fósforo e potássio. A aplicação de doses de 60, 200 e 100 kg ha⁻¹

para N, P_2O_5 , K_2O , respectivamente, aumentou os valores dos componentes de produção e produtividade de grãos para a cultura do milho.

Apesar da importância do suprimento de P nas fases iniciais do desenvolvimento da cultura, é necessário que o fornecimento continue nas fases posteriores, pois a absorção máxima ocorre durante o florescimento e seu acúmulo nos grãos ocorre devido à redistribuição do P contido nas folhas e caules. Dessa forma é preciso garantir também o suprimento de fósforo até a fase de maturação para o funcionamento do mecanismo de translocação de carboidratos, para que não haja redução na produção de grãos. O fósforo utilizado na formação dos grãos pode ser suprido pela absorção do solo, pós-antese, assim como pela redistribuição interna do fósforo acumulado nas fases iniciais (GRANT et al., 2001).

2.3.3 Potássio

O potássio (K) tem papel fundamental na fotossíntese, na transformação da energia luminosa em energia química (ATP e NADPH), como todas as funções vitais da planta dependem, direta ou indiretamente, de ATP e NADPH, o efeito do potássio se refletirá em: maior assimilação de CO_2 ; maior translocação de carboidratos produzidos nas folhas para os outros órgãos da planta, como decorrência de ambas, maior síntese de sacarose, amido, lipídeos, aminoácidos e proteínas; uso eficiente da água, pelo melhor controle na abertura e fechamento dos estômatos; maior eficiência enzimática, por atuar como ativador em reações enzimáticas e por permitir maior suprimento de proteínas, componentes essenciais das enzimas (FORNASIERI FILHO, 2007).

A competição entre magnésio e potássio ocorre durante o processo de absorção radicular, uma vez que utilizam os mesmos sítios de absorção. Entretanto, o efeito negativo do desbalanço de nutrientes somente é detectado a partir do florescimento da cultura do milho, por meio da determinação do acúmulo de nutrientes e produção de matéria seca. A correção do problema nesse estágio não surtirá mais efeito na produção de grãos. Portanto, a proporção de K em relação ao Ca e Mg deve ser definida na implantação de cultura. Diante disso Andreatii et al.

(2001), dedicados aos estudos de desenvolvimento do milho em função da saturação por bases e adubação potássica, concluíram que o desenvolvimento e a produção de grãos do milho aumentou até a adição de 60 mg kg^{-1} de K. Solos com maior capacidade de troca catiônica proporcionaram maior comprimento de entrenós. O comprimento médio de entrenós foi inversamente relacionado ao número médio de entrenós por planta, em função do tipo de solo.

2.4 ADUBAÇÃO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE GRÃOS

Os grãos do milho são, geralmente, amarelos ou brancos, podendo apresentar colorações variando desde o preto até o vermelho. O peso individual do grão varia, em média, de 250 a 300 mg e sua composição média em base seca é 72% de amido, 9,5% proteínas, 9% fibra e 4% de óleo. Conhecido botanicamente como uma cariopse, o grão de milho é formado por quatro principais estruturas físicas: endosperma, gérmen, pericarpo (casca) e ponta, as quais diferem em composição química e também na organização dentro do grão (PAES, 2006).

Estudos evidenciam a influência da adubação NPK na composição química de grãos para teor protéico e composição mineral em milho (POMMER; SAWAZAKI, 1981; CARMO et al., 2003; MARSARO JUNIOR et al., 2007) e em milheto (SOBRINHO et al., 2009). Entretanto, são escassas as informações quanto aos efeitos da variação nutricional na composição química dos grãos. Existem maior número de relatos quanto aos efeitos de fatores genéticos e ambientes na qualidade do grão de milho, principalmente em relação aos componentes proteína e óleo. No entanto, o acúmulo diferencial de nutrientes no milho varia em função do estágio de maturação, da qualidade do solo (nível e disponibilidade dos nutrientes), do clima, da cultivar e do sistema de cultivo (VASCONCELOS et al., 1998; COELHO; FRANÇA, 1995; FERNANDES et al., 1999; ANDREOTTI et al., 2000; COELHO et al., 2002).

Os grãos apresentam composição química bastante variável por se tratar de um órgão que se forma no final do ciclo da planta. Durante o seu desenvolvimento, acumulam reservas de nitrogênio, carboidratos, lipídios e minerais.

Os minerais, que somam de 3 a 6%, estão concentrados no gérmen, embora estejam também presentes na camada de aleurona. O nutriente encontrado em maior abundância no milho é o fósforo, presente na forma de fitatos de potássio e magnésio. Outros minerais estão também presentes em quantidades menores, sendo os mais importantes: cloro, cálcio, sódio, iodo, ferro, zinco, manganês, cobre, selênio, cromo, cobalto e cádmio. A qualidade física e química dos grãos é, portanto, determinada pelo seu destino ou uso final. Existem, hoje, no mercado, milhos com alto teor de óleo (6 a 7,5%) e alto teor de proteína (>12%), destinados à alimentação animal (PAES, 2006).

Raij et al (1996) relata os teores adequados de N, P e K em grãos de milho, para nitrogênio 17 g kg^{-1} , fósforo 4 g kg^{-1} e potássio 5 g kg^{-1} . Duete et al (2009) estudaram o acúmulo de nitrogênio pelos grãos de milho quando o nutriente foi aplicado ao solo sob as formas amoniacal e nítrica, do nitrato de amônio, comparado à amídica, da uréia, marcados com ^{15}N . Verificaram que os teores de N total nos grãos não apresentaram variação expressiva em função das distintas fontes de N, ficando os valores entre $13,72$ e $17,53 \text{ g kg}^{-1}$. O N aplicado ao milho no estágio de oito folhas expandidas promoveu maior acúmulo deste nutriente nos grãos.

Gallo, Teixeira e Spoladore (1976) avaliaram os efeitos da aplicação anual continuada de sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio, em ensaios permanentes com milho conduzidos em dois solos, na nutrição mineral e sua relação com os teores e composição da proteína, e minerais das sementes. Houve efeito significativo da adubação na produção e na composição química das folhas e dos grãos. Para grãos os teores de Mg, Mn, P, Ca, S, Fe, Zn, proteína foram significativamente mais elevados em função da adubação de sulfato de amônio.

Ferreira et al. (2001) encontraram aumentos positivos nos teores de proteína e dos nutrientes minerais P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn em consequência do aumento da adubação nitrogenada. O nitrogênio absorvido pelas plantas combina com esqueletos carbônicos para a produção de aminoácidos, os quais resultam em proteínas que ficam armazenadas nos tecidos vegetais. Por ocasião da fase de enchimento de grãos estas reservas são quebradas,

translocadas e armazenadas nestes órgãos, na forma de proteínas e aminoácidos (MARSCHNER, 1995).

Nakagawa e Rosolem (2005) avaliaram o efeito de doses de P e K sobre os teores de nutrientes nas folhas e grãos de aveia-preta e, também verificaram que os teores de Fe, Mn e Zn nos grãos não foram influenciados pelas doses de fósforo e potássio.

Pomeer e Sawazaki (1981), que estudaram a influência da adubação mineral contínua, em dois ensaios permanentes, sobre o teor percentual de proteína nos grãos de milho. O teor percentual de proteína na matéria seca dos grãos não foi alterado significativamente pela adubação contínua com NPK em Campinas – SP. Já em Mococa – SP o teor protéico percentual foi influenciado significativamente pelo nitrogênio.

2.5 O AMBIENTE RIZOSFÉRICO

As raízes servem de sustentação para a planta no solo, e também interagem com um complexo de microorganismos que contribuem para o crescimento e sobrevivência das plantas. Dentre esses microorganismos, as rizobactérias se destacam por colonizar o sistema radicular de plantas e promover o crescimento, resultando em plantas mais vigorosas, saudáveis e com maior produtividade (AGRA, 2007).

O termo rizosfera, proposto por Hiltner em 1904 de acordo com Botelho; Mendonça-Hagler (2006), foi inicialmente definido como a região do solo sob a influência das raízes das plantas. De acordo com Lynch (1982) e Foster (1986) a rizosfera que apresenta características distintas das do solo, é a região onde ocorre a maior parte das interações entre microorganismos e plantas.

A rizosfera é um habitat mutável, sendo que a sua estrutura é influenciada durante o ciclo vegetativo da planta e suas dimensões são determinadas pelo tipo, composição e umidade do solo (PEREIRA, 2000). No ambiente rizosférico as bactérias não estão dispostas aleatoriamente, mas sim

agregadas, principalmente nas regiões intercelulares da epiderme por serem áreas de ativa exsudação (FREITAS, 2008).

As rizobactérias são microrganismos que habitam a rizosfera, ou seja, a região que recebe influência das raízes. Essas bactérias podem ser benéficas, como, por exemplo, as Rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (RPCPs), patogênicas ou neutras para as plantas. Dentre as principais RPCPs destacam-se: *Pseudomonas* spp. fluorescentes, *Bacillus* spp., *Azospirillum* spp. e *Azotobacter* spp. (COELHO, 2006).

A colonização da rizosfera irá depender da habilidade da bactéria em utilizar os diferentes exsudatos radiculares, dessa forma, a variedade de compostos orgânicos liberados pela planta é considerada por muitos autores como o principal fator responsável pela diversidade de microrganismos na rizosfera (COELHO, 2006).

Na rizosfera há diversidade de microrganismos e, entre as rizobactérias, as Gram-negativas são mais favorecidas do que as Gram-positivas e as formas não esporuladas mais do que as esporuladas. Três gêneros são predominantes: *Pseudomonas*, *Achromobacter* e *Agrobacterium*, sendo que essa predominância poderia ser explicada pela maior taxa de multiplicação ou menor tempo de geração. Foi verificado que, para *Pseudomonas*, na rizosfera o tempo de geração era de 5,2 horas, enquanto que no solo, esse valor foi de 77 horas (CARDOSO; FREITAS, 1992).

Na rizosfera os microrganismos podem interagir de maneira positiva, negativa ou neutra. Benizri et al. (1997) observaram que a co-inoculação, em plantas de milho, de isolados de *Pseudomonas* spp. fluorescentes obtidos nas rizosferas de milho e de tomate é melhor do que a inoculação de um único isolado, sendo que a comunidade final de isolados de milho aumentou 10 vezes na rizosfera e 100 vezes no rizoplano e no córtex da raiz comparada com a inoculação isolada. Acredita-se que os isolados, quando inoculados em conjunto, podem estimular de maneira mais significativa a liberação de algum exsudato radicular benéfico ou que tenham produzido algum metabólito que favoreceu a colonização da rizosfera.

Coelho et al. (2007) observaram maior crescimento de *Pseudomonas* spp. fluorescentes na rizosfera de alface-crespa em relação à de outras plantas. Embora haja muitos trabalhos na literatura com rizobactérias

promotoras do crescimento de plantas (RPCPs), existem poucos que expliquem seu mecanismo de ação. É possível que algumas rizosferas favoreçam a colonização radicular por Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (RPCPs), facilitando o estabelecimento da interação planta-bactéria, como se houvesse certa especificidade entre ambas.

2.5.1 Microbiota do Solo e Inoculação

O solo é constituído das frações orgânica e inorgânica (rochas e minerais) e é habitado por inúmeras espécies, formando um ecossistema. Os microrganismos fazem parte do solo de maneira indissociável, sendo responsáveis por inúmeras reações bioquímicas relacionadas não só com a transformação da matéria orgânica, mas também com o intemperismo das rochas. De uma maneira geral, os microrganismos estão envolvidos em vários processos de grande interesse agrônomo, e dentre esses podem ser destacados: decomposição e ressíntese da matéria orgânica; a ciclagem de nutrientes; as transformações bioquímicas específicas (nitrificação, desnitrificação, oxidação e redução do enxofre); a fixação biológica do nitrogênio; a ação antagônica aos patógenos; a produção de substâncias promotoras ou as inibidoras de crescimento, entre outros (ANDREOLA; FERNANDES, 2007).

Um dos métodos mais convenientes de introduzir um microorganismo no ambiente da raiz é a aplicação desta nas sementes antes da semeadura, conhecido como inoculação. No processo de germinação as sementes liberam carboidratos e aminoácidos em abundância na forma de exsudatos de sementes (LYNCH, 1978). Estes organismos introduzidos com as sementes no solo utilizam os exsudatos como fonte nutricional e colonizam as raízes assim que elas emergem.

Os melhores resultados da fixação biológica de nitrogênio como potencial biotecnológico têm sido demonstrados para a interação rizobium-leguminosas. Contudo, também é possível aumentos significativos na disponibilidade de nitrogênio por meio da fixação biológica de nitrogênio para

gramíneas, tais como milho sorgo e trigo (RONCATO-MACCARI et al., 2003). O milho apresenta grande potencial a ser explorado em termos da viabilidade da inoculação, pois pode ser colonizado simultaneamente por grande diversidade de bactérias diazotróficas.

As rizobactérias que se associam a vegetais possuem a capacidade de colonizar as raízes e outros tecidos internos do vegetal, sem causar sintomas de doenças, sendo consideradas promotoras de crescimento vegetal. Além de fixarem N atmosférico, produzem hormônios de crescimento como auxinas e giberelinas, que estimulam o crescimento vegetal, principalmente de raízes, atuando na maior absorção de nutrientes e água (QUADROS, 2009).

2.6 RIZOBACTÉRIAS PROMOTORAS DO CRESCIMENTO DE PLANTAS

As rizobactérias promotoras do crescimento de plantas constituem um grupo muito amplo de microrganismos, uma vez que sob essa designação incluem-se quaisquer bactérias que vivam na rizosfera e afetem benéficamente o crescimento de uma ou mais espécies vegetais. Convencionalmente, entretanto, não têm sido aí incluídos os rizóbios enquanto fixadores de nitrogênio, atividade que, embora benéfica ao desenvolvimento vegetal, resulta de uma relação simbiótica com as leguminosas, interação que não é considerada para as RPCPs (FREITAS, 2007).

As rizobactérias promotoras de crescimento em plantas (RPCPs) fazem parte da população residente das plantas como epifíticas ou endofíticas, não são fitopatogênicas e promovem crescimento das plantas associadas numa relação não simbiótica (SOTTERO, 2003). Dentre os gêneros bacterianos que promovem crescimento em planta estão *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Serratia*, *Azospirillum* e *Azobacter*, (SOTTERO, 2003). Frequentemente entre as RPCPs estão às bactérias do grupo fluorescentes do gênero *Pseudomonas* (KLOEPPER, 1993). As *Pseudomonas* spp. fluorescentes são bactérias endofíticas, Gram-negativas e produzem um pigmento verde-amarelado fluorescente em meio B de (KING; WARD; RANEY, 1954), observado sob luz com comprimento de onda próximo do ultravioleta. As espécies mais importantes desse grupo são *Pseudomonas*

fluorescens e *Pseudomonas putida*, geralmente estudadas com o objetivo de se avaliar a ação das mesmas na promoção de crescimento em plantas.

De acordo com Mariano et al. (2004) os primeiros trabalhos realizados com RPCPs no Brasil testaram *Pseudomonas* do gênero fluorescentes para aumentar o crescimento de plântulas de tomateiro e cafeeiro em condições de casa de vegetação. Desde então vários estudos tem testado o efeito benéfico da utilização das RPCPs. Os efeitos benéficos das RPCPs podem ser observados em plantas propagadas “in vitro” e “ex vitro” principalmente pelo aumento da área foliar, da altura da planta, do diâmetro do caule, do número de folhas, da massa de matéria seca, da redução do tempo de aclimatação, da maior sobrevivência de mudas, do controle de doenças e do aumento de produtividade, tendo elas grande potencialidade e praticabilidade de uso (MARIANO et al., 2004).

Segundo Kloepper (1993), pertencem ao grupo fluorescentes de *Pseudomonas* spp. muitos isolados de RPCPs, sendo muito freqüente o uso de isolados desse grupo em seleções de bactérias com vistas em promover o crescimento vegetal.

Existem relatos de promoção de crescimento por rizobactérias em diversas culturas como: trigo (LUZ, 2001), *Heliconia psittacorum* L.f. (SANTOS et al., 2005), citros (FREITAS; VILDOSO AGUILAR, 2004). A promoção de crescimento leva ao aumento na produção de grãos e crescimento da planta, podendo ser expressos pela massa da matéria seca de parte aérea ou raízes, como pela altura (COELHO et al., 2007).

2.7 USO DE RPCPs COMO INOCULANTE EM VEGETAIS

Os resultados indicaram que os isolados de rizobactérias podem induzir maior resistência a doenças foliares diminuindo a necessidade de aplicação de fungicidas e otimizando a produção de mudas clonais de eucalipto.

Freitas e Aguilar Vildoso (2004) avaliaram em casa de vegetação o comportamento de rizobactérias como promotoras do crescimento de plantas cítricas; constataram que os isolados bacterianos de *Pseudomonas fluorescentes*, *Bacillus* e outras bactérias rizosféricas agiram como promotores do crescimento. No

entanto, as *Pseudomonas fluorescentes* apresentaram comportamento instável quanto à promoção do crescimento de plantas cítricas.

Lucon; Akamatsu e Harakava, (2008), avaliaram o efeito de rizobactérias, no crescimento de plântulas de pepino e no controle de tombamento, causado por *Pythium aphanidermatum*. Dos dez isolados que apresentaram resultados satisfatórios, cinco foram identificados como pertencentes aos gêneros *Bacillus*, quatro ao gênero *Pseudomonas* e um ao gênero *Stenotrophomonas*. Dos 165 isolados de rizobactérias testados, sete possuem potencial para promover o crescimento de plantas de pepino e um para controlar o tombamento causado por *P. aphanidermatum*. Desses, um isolado de *Pseudomonas fluorescens* reduziu o tombamento de plântulas em 25%. Barretti, Souza e Pozza (2008) verificaram que isolados de bactérias endofíticas agiram como promotores de crescimento de plantas de tomateiro, propiciando maior altura, área foliar, número de folhas e peso da matéria fresca e seca, tanto da parte aérea quanto da raiz. Dois isolados conferiram efeito inibitório direto in vitro a *Ralstonia solanacearum*.

Mafia et al. (2007), estudando a indução biológica do enraizamento e crescimento de mudas clonais de eucalipto por isolados de rizobactérias, verificaram que a aplicação dos isolados promotores de crescimento proporcionou incrementos significativos na velocidade e índice de enraizamento, bem como no crescimento, expresso pela biomassa radicular. Brunetta et al. (2007), testaram a especificidade das rizobactérias promotoras de crescimento em mudas de *Pinus* sp., que apresentaram ganhos significativos de biomassa da parte aérea e do sistema radicular. Rizobactérias, isoladas da rizosfera de clones de eucalipto foram testados como indutores de enraizamento de estacas e mini-estacas e promoveram, aumentos significativos no enraizamento e matéria seca de raízes de *Eucalyptus* spp. (TEIXEIRA et al., 2007).

Cardoso et al. (2008) avaliaram o efeito da inoculação de rizobactérias do gênero *Azospirillum* e *Pseudomonas* no crescimento e desenvolvimento de plantas de milho precoce cultivado em casa-de-vegetação, em solo não estéril; os resultados mostraram efeito positivo da inoculação para as características: altura de plantas, área foliar, matéria seca de raízes e de parte aérea, e distância entre internódios. Não houve diferença significativa para os teores de N e P na parte aérea nos tratamentos inoculados.

2.7.1 Disponibilização de Fosfatos

O crescimento vegetal também pode ser influenciado de forma direta, pelo aumento na disponibilidade de nutrientes para as plantas, pela solubilização de fosfato inorgânico e pela mineralização de fosfato orgânico. Segundo Rodríguez e Fraga (1999) os gêneros bacterianos *Pseudomonas*, *Bacillus* e *Agrobacterium* possuem habilidades para solubilizar fosfatos de compostos inorgânicos. Parte significativa do fósforo no solo (20 a 80%) está na forma orgânica e, portanto, sua disponibilidade depende, em grande parte, da atividade microbiana (RICHARDSON, 1994). O restante do fósforo encontra-se na forma inorgânica, muitas vezes insolúvel e, portanto, não prontamente disponível para as plantas.

Estudos realizados com *Bacillus megaterium* e *Pseudomonas fluorescens* mostraram que estas bactérias podem incrementar a disponibilidade de fósforo (KLOEPPER; LIFSHITZ; SCHROTH, 1988) e que um grande número de *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* são capazes de solubilizar fosfato inorgânico (HALDER; CHAKRABARTY, 1993). Abd-Alla (1994) demonstrou que algumas estirpes de *Rhizobium leguminosarum* bv. *viceae* contribuem significativamente para a liberação de fósforo orgânico por ação das fosfatases ácidas e alcalinas. Chabot, Antoun e Cescas (1996) observaram que a solubilização de fosfatos por estirpes de *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* poderia ser um mecanismo importante na promoção do crescimento de milho (*Zea mays* L.) e alface (*Lactuca sativa* L.).

Estudos realizados com a inoculação de *Pseudomonas fluorescens* mostraram que estas bactérias podem incrementar a disponibilidade de P para as plantas (KLOEPPER; LIFSHITZ; SCHROTH, 1988). Fernandes et al. (2008b) avaliaram o efeito do inoculante Rizofós (*Pseudomonas fluorescens*) e adubação fosfatada no crescimento e produtividade de *Panicum maximum* cv. Mombaça e constataram que o inoculante proporcionou aumento nos teores foliares de P, Ca e Mg, não interferindo na produtividade de massa de matéria seca. A adubação fosfatada proporcionou aumento na taxa de alongamento foliar, sem reflexo nos teores foliares, nos demais componentes morfogênicos e na produtividade de massa de matéria seca.

Além de promover o fornecimento de nitrogênio para as plantas,

algumas bactérias podem, também, disponibilizar fosfato inorgânico a partir de fontes não solúveis como os fosfatos naturais de rocha. Gonzaga et al. (2008a) estudaram a contribuição da fixação de nitrogênio e a solubilização de fosfato natural por bactérias promotoras de crescimento no desenvolvimento da cultura do milho, juntamente a potencialidade do vermicomposto como inoculante; os tratamentos contendo bactérias apresentaram maiores teores foliares de N e P comparado ao tratamento controle, acompanhados por índices de crescimento mais elevados. A utilização de vermicomposto como inoculante juntamente com a rizobactéria, é uma combinação com possível redução dos custos com NPK na adubação. Gonzaga et al. (2008b) verificaram que o uso de bactérias solubilizadoras de fósforo em conjunto com fosfatos naturais de rocha, aplicados na axila foliar dos abacaxizeiros proporcionou maiores conteúdos foliares de N, P e K, acompanhados por índices de crescimento mais elevados. Esses resultados sugerem que a aplicação da combinação bactérias solubilizadoras de fósforo e fosfatos de rocha pode ser empregada na agricultura visando incrementos no desenvolvimento vegetal e redução dos custos de produção.

Fernandes et al. (2008a) avaliou a eficiência agrônômica do inoculante Rizofós, contendo *Pseudomonas fluorescens* aplicado via tratamento de sementes, na disponibilidade de fósforo e na maximização da produtividade de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. Foi constatado aumento na taxa de alongamento foliar e redução no tempo de emissão de novas folhas/perfilho, não interferindo, porém, na produtividade de massa de matéria seca.

A eficiência agrônômica do inoculante Rizofós, contendo *Pseudomonas fluorescens* aplicado via tratamento de sementes, na disponibilidade de fósforo e na maximização da produtividade de milho safrinha foi avaliada por Andreotti et al (2008); a inoculação das sementes com Rizofós aumentou o teor foliar de P, N e S, o número de grãos por espiga e a massa de 100 grãos. A adubação fosfatada na dose de 60 kg de P_2O_5 ha⁻¹ proporcionou aumento na área foliar e comprimento da espiga, entretanto, sem reflexos nos componentes de produção e na produtividade de grãos.

2.8 USO COMERCIAL DE RPCPs NA AGRICULTURA

Entre as bactérias promotoras de crescimento em plantas, a utilização do subgrupo das endofíticas constitui uma alternativa ecologicamente correta aos fertilizantes minerais e aos pesticidas (MARIANO et al., 2004).

A produção de inoculantes com as RPCPs é uma opção para reduzir os riscos ambientais causados pela utilização inadequada, excessiva ou até mesmo incipiente de adubos químicos, sendo favorável para aumentar a produção agrícola, tornando-se um produto mais competitivo, diferenciado e, ainda, diminuindo os custos para o produtor (COELHO et al., 2007).

Estes produtos podem ser utilizados no tratamento de sementes como bioinoculantes, em explantes e mudas micropropagadas, incorporadas ao substrato de plantio, tratamento de estacas, tubérculos e raízes, pulverização na parte aérea incluindo folhagem e frutos, e em pós-colheita (MARIANO et al., 2004).

No uso como nematicida ou sobre outros agentes de controle biológico as rizobactérias são fáceis de serem produzidas em massa, são de fácil armazenamento, são adaptáveis à tecnologia de formulação (FREITAS, 2008). Oostendorp e Sikora (1989) citam as vantagens do tratamento de sementes com rizobactérias para biocontrole: apenas pequenas quantidades de inoculo são necessárias, a aplicação é simples, elas não dependem de fontes de energia para sobrevivência, se espalham sistematicamente na superfície do sistema radicular à medida que ele cresce e é economicamente e ecologicamente aceitável.

REFERÊNCIAS

ABD-ALLA, M. H. Use of organic Phosphorus by *Rhizobium leguminosarum* bv. Viciae phosphatases. **Biol. Fertil. Soil**, v.8, p.216-218, 1994.

ANDREOLA, F.; FERNANDES, S. A. P.A Microbiota do Solo na Agricultura Orgânica e no Manejo das Culturas. In: SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. (Org.) **Microbiota do Solo e Qualidade Ambiental**. Campinas: Instituto Agronômico, 2007. p.21-38.

AGRA, A. G. S. M. **Utilização de rizobactéria de micorrizas na produção de mudas de maracujá**. 2007. 48 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia; Produção Vegetal) – Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2007.

ALVES, V. M. C.; PARENTONI, S. N.; VASCONCELLOS, PITTA, C. A.; G. V. E.; FRANÇA, C. C. M. Cinética de absorção de fósforo e crescimento do sistema radicular de genótipos de milho contrastantes para eficiência a fósforo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.1, n.1, p.85-92, 2002.

ANDREOTTI, M.; LODO, B. N.; BASSO, F. C.; PARIZ, C. M.; BUZETTI, S. Avaliação da eficiência agrônômica do inoculante Rizofós contendo pseudomonas fluorescens em cultivo de milho safrinha. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 12; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 10; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 7, 2008, Londrina. **Anais...Londrina: Fertibio**, 2008.

ANDREOTTI, M.; RODRIGUES, J. D.; CRUSCIOL, C. A. C.; SOUZA, E. C. A.; BULL, L.T. Crescimento do milho em função da saturação por bases e da adubação potássica. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.1, p.145-150, jan./mar. 2001

ANDREOTTI, M.; SOUZA, E. C. A.; CRUSCIOL, C. A. C. ; RODRIGUES, J. D.; BÜLL, L. T. Produção de matéria seca e absorção de nutrientes pelo milho em razão da saturação por bases e da adubação potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v. 35, n. 12, p. 2437-2446, 2000.

ARATANI, R. G.; FERNANDES, F. M.; MELLO, L. M. M. de. Adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho irrigado, em sistema plantio direto. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**. Garça, ano 5, n. 09, jun, 2006.

ARAÚJO, A. P. de. Eficiência vegetal de absorção e utilização de fósforo, com especial referência ao feijoeiro. In: NOVAIS, R. F. et al. (Org.). **Tópicos em Ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p. 163-203.

BARBER, S.A. **Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach**. New York: Wiley-Interscience, 1984.

BARRETTI, P. B.; SOUZA, R. M. de; POZZA, E. A. Bactérias endofíticas como agentes promotores do crescimento de plantas de tomateiro e de inibição in vitro de *Ralstonia solanacearum*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 731-739, maio/jun., 2008.

BENIZRI, E.; SCHOENY, A.; PICARD, C.; COURTADE, A.; GUCKERT, A. External and internal root colonization of maize by two pseudomonads strains: enumeration by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). **Current Microbiology**. v.34, p.297-302, 1997.

BOTELHO, G. R.; MENDONÇA-HAGLER, L. C.. *Fluorescent Pseudomonads associated with the rhizosphere of crops – an overview*. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 37, n 4, p. 401-416, out./dez. 2006.

BRUNETTA, J. M. F. C.; ALFENAS, A. C.; MÁFIA, R. G.; GOMES, J. M.; BINOTI, D. B.; FONSECA, E. P. Avaliação da especificidade de rizobactérias isoladas de diferentes espécies de *Pinus* sp. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.6, p.1027-1033, 2007.

CANTARELLA, H. Calagem e adubação do milho. In: BÜLL, Leonardo Theodoro (Org.). **A cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.147-185.

CARDOSO, C. O.; FARIA, R. T. de; FOLEGATTI, M. V. Simulação do rendimento e riscos climáticos para o milho safrinha em Londrina - PR, utilizando o modelo CERES-Maize. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n.2, p.291-300, maio/ago. 2004 .

CARDOSO, E. J. B. N.; FREITAS, S. S. A rizosfera. CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. In: **Microbiologia do Solo**, Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992.

CARDOSO, I.C.M.; MARIOTTO, J. R.; KLAUBERG FILHO, O.; SANTOS, J. C. P.; FELIPE, A. F.; NEVES, A.N.; MIQUELUTTI, D. J. Resposta de milho (*Zea mays* L.) precoce à inoculação de rizobactérias em casa-de-vegetação. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 12; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 10; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 7, 2008, Londrina. **Anais...**Londrina: Fertibio, 2008.

CARMO, C. A. F. S.; MENEGUELLI, N. A.; MACEDO, J. R.; CAPECHE, C. L; MELO, A, S.; SILVA, E. F. Acúmulo de nutrientes em milho cultivado em Nitossolo degradado sob diferentes fontes de adubação. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 15, n. 2, jul./dez., 2003.

CASAGRANDE, J. R. R.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.1, p.33-40, jan. 2002.

CHABOT, R.; ANTOUN, H.; CESCAS, M. Growth promotion of maize and lettuce by phosphate-solubilizing *Rhizobium leguminosarum* *bv. phaseoli*. **Plant and Soil**, v.184, p.311-321, 1996.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. **Seja o doutor do seu milho**: nutrição e adubação. Piracicaba: POTAFOS, 1995. p 1-9. Arquivo do Agrônomo, n.2, 2. ed. ampliada e totalmente modificada. Encarte de Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 71, 1995.

COELHO, A. M.; WAQUIL, J. M.; KARAM, D.; CASELA, C. R.; RIBAS, P. M. **Seja o doutor do seu sorgo**. Piracicaba: POTAFOS, 2002. p 1-24. Arquivo do Agrônomo, n.14, Encarte de Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 100, 2002.

COELHO, L. F.; FREITAS, S. S.; MELO, A. M. T.; AMBROSANO, G. M. B. Interação de bactérias fluorescentes do gênero *Pseudomonas* e de *Bacillus* spp. com a rizosfera de diferentes plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1413-1420, dez. 2007.

COELHO, L. F. **Interação de *Pseudomonas* spp. e de *Bacillus* spp.com diferentes rizosferas**. 2006. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – IAC: Instituto Agronômico, Campinas.

CONAB: **Acompanhamento da safra Brasileira**: grãos: décimo segundo levantamento, setembro 2009/ Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília: CONAB, 2009.

DEPARIS, G. A.; LANA, M. do C.; FRANDOLOSO, J. F. Espaçamento e adubação nitrogenada e potássica em cobertura na cultura do milho. **Acta Scitiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 4, p. 517-525, 2007.

DOURADO NETO, D.; FANCELI, A. L. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2004, 360 p.

DUETE, R. R. C.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C.; AMBROSANO, E. J.; TRIVELIN, P. C. O. Acúmulo de nitrogênio (^{15}N) pelos grãos de milho em função da fonte nitrogenada em Latossolo vermelho. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.2, p.463-472, 2009.

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Agricultura e Pecuária. **Importância da cultura do milho**. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho/importancia.htm>>. Acesso em: 06 de maio de 2008.

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Agricultura e Pecuária. **Cultivo do milho**. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/index.htm>>. Acesso em: 15 de julho de 2009.

FERNANDES, J. C.; ANDREOTTI, M.; PARIZ, C. M.; CAVASANO, F. A.; ULIAN, N. A.; CAVALLINI, M. C. Avaliação da eficiência agronômica do inoculante Rizofós contendo *Pseudomonas fluorescens* em capim braquiária (*Brachiaria brizantha* cv. Marandú). In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 12; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 10; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 7, 2008, Londrina. **Anais...**Londrina: Fertibio, 2008a.

FERNANDES, J. C. ANDREOTTI, M.; PARIZ, C. M.; CAVASANO, F. A.; ULIAN, N. A.; CAVALLINI, M. C. Crescimento e produtividade de forragem do *Panicum maximum* cv. Mombaça em função da inoculação com Rizofós (*Pseudomonas fluorescens*) e adubação fosfatada. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 12; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 10; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 7, 2008, Londrina. **Anais...**Londrina: Fertibio, 2008b.

FERNANDES, L. A.; VASCONCELOS, C. A.; FURTINI NETO, A. E.; ROSCOE, R.; GUEDES, G. A. de A. Preparo de solo e adubação nitrogenada na produção de grãos e matéria seca e acúmulo de nutrientes pelo milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 9, p. 1691-1698, 1999.

FERREIRA, A. C. B.; ARAÚJO, G. A. A.; PEREIRA, P. R. G.; CARDOSO, A. A. Características agronômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.1, p.131-138, jan./mar. 2001.

FORNASIERE FILHO, Domingos. **Manual da cultura do milho**. São Paulo: FUNEP, 2007.

FOSTER, R. C. The ultrastructure of the rhizoplane and rhizosphere. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 21, p. 211-234, 1986.

FREITAS, Leandro G. **Rizobactérias versus nematóides**. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dfp/lab/nematologia/rizo.pdf>>. Acesso em: Abril. 2008.

FREITAS, Sueli dos Santos. Rizobactérias promotoras de crescimento em plantas. In: SILVEIRA, Adriana Parada Dias da; FREITAS, Sueli dos Santos (Org.). **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agronômico, 2007. p.1-20.

FREITAS, S. S.; AGUILAR VILDOSO, C. I. Rizobactérias e promoção do crescimento de plantas cítricas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 6 p.987-994, Nov./Dec. 2004.

GALLO, J. R.; TEIXEIRA, J. P. F.; SPOLADORE, D. S. Influência da adubação nas relações entre constituintes químicos dos grãos, dos grãos e das folhas, e a produção de milho. **Bragantia**, Campinas, v.35, nº 36, p. 413-432, dezembro 1976.

GONÇALVES, S. L.; CARAMORI, P. H.; WREGE, M. S.; SHIOGA, P.; GERAGE, A. C. Épocas de semeadura do milho “safrinha”, no Estado do Paraná, com menores riscos climáticos. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1287-1920, 2002.

GONZAGA JUNIOR, L.; BALDOTTO, L. E.; OLIVARES, F. L.; BALDOTTO, M. A. Desenvolvimento do milho em resposta a aplicação de fosfato natural, vermicomposto e bactérias promotoras de crescimento. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 12; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 10; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 7, 2008, Londrina. **Anais...**Londrina: Fertibio, 2008a.

GONZAGA JUNIOR, L.; BALDOTTO, L. E. B.; GIRO, V. B.; BALDOTTO, M. A.; OLIVARES, F. L.; BRESSAN-SMITH, R. Desempenho inicial dos abacaxizeiros imperial e pérola inoculados com bactérias solubilizadoras de fosfatos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 12; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 10; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 7, 2008, Londrina. **Anais...**Londrina: Fertibio, 2008b.

GRANT, C.A.; FLATEN, D.N.; TOMASIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. **Importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta.** Inf. Agrônômicas, POTAFOS, n.95, p.1-5, 2001.

HALDER, A.; CHAKRABARTY, P. Solubilization of inorganic phosphate by *Rhizobium*. **Foli. Microbiol.** v.38, p.325-330, 1993.

HARGER, N.; BRITO, O. R.; RALISCH, R.; ORTIZ, F. R.; WATANABE, T. S. Avaliação de fontes e doses de fósforo no crescimento inicial do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n.1, p.39-44, jan./mar. 2007.

KING, E. O.; WARD, M. K. e RANEY, D. E. Two simple media for the demonstration of pyocyanin and fluorescein. **Journal of Laboratory and Clinical Medicine**, St. Louis, v.44, p. 301-307, 1954.

KLOEPPER, J.; LIFSHITZ, R.; SCHROTH, M. *Pseudomonas* inoculants to benefit plant production. **ISI Atlas of Science: Animal and Plant Science.** p.60-64, 1988.

KLOEPPER, J. W. Plant growth-promoting rhizobacteria as biological control agents. In: METTING, F.B., ed. Soil Microbial Ecology, **Applications in Agricultural and Environmental Management.** New York, Marcel Dekker, 1993. p. 255-274.

LUCENA, L. F. C.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, I. F.; ANDRADE, A.P. Resposta do milho a diferentes dosagens de nitrogênio e fósforo aplicados ao solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.3, p.334-337, 2000.

LUCON, C. M. M.; AKAMATSU, M. A.; HAKAKAVA, R. Promoção de crescimento e controle de tombamento de plântulas de pepino por rizobactérias. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.6, p.691-697, jun. 2008.

LUZ, W. C. Evaluation of plant growth-promoting and bioprotecting rhizobacteria on wheat crop. **Fitopatologia Brasileira**, v.26, n.3, 2001.

LYNCH, J. M. Interaction between bacteria and plants in the root environment. In: HODESROBERT, M. E., SKINNER, F. A., (Org.). **Bacteria and plants**. London: Academic, 1982. p. 1-23.

LYNCH, J. M. Microbial interaction around imbibed seeds. **Annals of Applied Biology** 8989, p.165-167. 1978.

MAFIA, R. G.; ALFENAS, A. C.; FERREIRA, E. M.; TEIXEIRA, D. A.; ZAUZA, E. A. V. Indução do enraizamento e crescimento do eucalipto por rizobactérias: efeito da adição de fonte alimentar e da composição do substrato de enraizamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.4, p.589-597, 2007.

MARIANO, R. L. R.; SILVEIRA, E. B.; ASSIS, S. M. P.; GOMES, A. M. A.; NASCIMENTO, A. R. P.; DONATO, I. M. T. S. Importância de Bactérias Promotoras de Crescimento e de Biocontrole de doenças de plantas para uma agricultura sustentável. **Anais da Acadêmia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, vol.n.1, p.89-111, 2004.

MARSARO JÚNIOR, A. L.; LAZZARI, S. M. N.; SOUZA, J. L.; LAZZARI, F. A. CÂNDIDO, L. M. B. Influência de diferentes sistemas de adubação na composição nutricional do milho *Zea mays* L. (Poaceae) e seus efeitos no ataque de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleóptera: Curculionidae) no produto armazenado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n.1, p. 51-64, jan-mar.2007.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant**. 2. ed. New York: Academic Press, 1995. 889p.

NAKAGAWA, J; ROSOLEM, C. A. Teores de nutrientes da folha e nos grãos de aveia-preta em função da adubação com fósforo e potássio. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.3, p.441-445, 2005.

OLIVEIRA, J. M. S.; CAIRES, E. F. Adubação nitrogenada em cobertura para o milho cultivado após aveia preta no sistema plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 351-357, 2003.

OLIVEIRA, J. A vez do milho: aumento da demanda mundial. **Agrolatina Negócios & Cultura**, Brasil, p.12-19, mar./abr. 2007,

OOSTENDORP, M.; SIKORA, R. A. Seed treatment with antagonistic rhizobacteria for the suppression of *Heterodera schachtii* early root infection of sugar beet. **Revue de Nematologie**, v.12, p.77-84, 1989.

PAES, M. C. D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Circular Técnica 75, Sete Lagoas, MG, dez 2006.

PATERNIANI, E. Evolução do milho e implicação no melhoramento. In: COLÓQUIO SOBRE CITOGENÉTICA E EVOLUÇÃO DE PLANTAS, 1º, 1984. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1984. p. 235-239.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; ROQUE, C. G. Resposta da cultura do milho a modos de aplicação e doses de fósforo, em adubação de manutenção. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.25, p.83-90, 2001.

PEREIRA, J. C. **Interações entre as Populações de Actinomicetos e outros Organismos na Rizosfera**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, dez. 2000.

POMMER, C. V.; SAWAZAKI, E. Influência da adubação mineral continua na produção de proteína e no seu teor percentual nos grãos de milho. **Bragantia**, Campinas, v.40, n.9, maior 1981.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F.M.; ROQUE, C.G. Resposta da cultura milho a modos de aplicação e doses de fósforo, em adubação de manutenção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.83-90, 2001.

QUADROS, P. de D. **Inoculação de *Azospirillum* spp. em sementes de genótipos de milho cultivados no Rio Grande do Sul**. 2009. Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. 285p. (Boletim técnico, 100).

RICHARDSON, A. E. Soil microorganisms and phosphorus availability. In: PANKHURS, C.E. et al. (Org.). **Soil biota management in sustainable farming systems**. Melbourne, CSIRO. Australia. 1994. p. 50-62.

RODRÍGUEZ, H.; FRAGA, R. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. **Biotechnology Advances**, v. 17, p. 319-339, 1999.

RONCATO-MACCARI, L. D. B.; RAMOS, H. J. O.; PEDROSA, F. O.; ALQUINI, Y.; CHUBATSU, L. S.; YATES, M. G.; RIGO, L. U.; STEJENS, M. B. R.; SOUZA, E. M. Endophytic *Herbaspirillum seropedicae* expresses nif genes in gramineous plants. **FEMS Microbiology Ecology**, v.45, p.39-47, 2003.

SANTOS, M. H. L. C.; MARIANO, R. L. R.; CAMARA, T. G.; ANDRADE, A. G.; WILLADINO, L.; LIMA, G. P. P. Bactérias promotoras de crescimento no desenvolvimento de *Heliconia psittacorum* L.f. **Revista Hoehnea**, São Paulo, v.32 n. 2, p.1-8 ago. 2005.

SEAB: Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná, Departamento de Economia Rural. **Milho**. Disponível em: <http://www.seab.pr.gov.br/modules/qas/uploads/2014/milho_15jul2009.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2009.

SOBRINHO, W. N.; SANTOS, R. V.; MENEZES JÚNIOR, J.C.; SOUTO, J. S. Acúmulo de nutrientes nas plantas de milheto em função da adubação orgânica e mineral. **Caatinga**, Mossoró, v.22, n.3, p.107-110, jul./set. 2009.

SOTTERO, A. N. **Colonização radicular e promoção de crescimento vegetal por rizobactérias**. 2003. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agrônomo Campinas, Campinas.

SOTTERO, A. N.; FREITAS, S. S.; MELO, A. M. T.; TRANI, P. E. Rizobactérias e alface: colonização rizosférica, promoção de crescimento e controle biológico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n. 2, p.225-234, 2006.

STAUFFER, M. D.; SULEWSKI, G. Fósforo: nutriente essencial para a vida. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.102, p.1-2, 2003.

TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A.; BORKERT, C. M. Nutrição mineral da soja. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. (Org.). **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: Potafós, 1997. p. 109-110.

TEIXEIRA, D. A.; ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G.; MAFFIA, L. A.; FERREIRA, E. M. Evidências de Indução de Resistência Sistêmica à Ferrugem do Eucalipto Mediada por Rizobactérias Promotoras do Crescimento de Plantas. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.30, n. 4, p.350-356, 2005.

TEIXEIRA, D. A.; ALFENAS, A. C.; MÁFIA, R. G.; FERREIRA, E. M.; SIQUEIRA, L.; MAFFIA, L. A.; MOUNTEER, A. H. Rhizobacterial Promotion Of Eucalypt Rooting And Growth. **Brazilian Journal of Microbiology**. São Paulo, v.38, n.1 p.118-123, jan. 2007.

VASCONCELOS, C. A.; VIANA, M. C. M.; FERREIRA, J. J. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em milho cultivado no período inverno-primavera. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 11, p. 1835-1845, 1998.

VITTI, G. C.; WIT, A.; FERNANDES, B. E. P. Eficiência agronômica dos termofosfatos e fosfatos reativos naturais. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA. 1, 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS, p.690-694, 2004.

ARTIGO A: DESEMPENHO AGRONÔMICO DO MILHO DE SEGUNDA SAFRA EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO MINERAL E INOCULAÇÃO DE SEMENTES COM *Pseudomonas fluorescens*.

Resumo

Os principais fatores responsáveis pela irregularidade da produtividade de milho são a fertilidade do solo e as condições climáticas. Com o intuito de aumentar a eficiência da utilização da adubação nos sistemas agrícolas, mantendo o equilíbrio ecológico, aumentou-se o interesse pela manipulação de rizobactérias, que apresentam grande potencialidade e praticidade de uso. O trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho agronômico da cultura do milho de segunda safra, submetido à inoculação de *Pseudomonas fluorescens* sob diferentes níveis de adubação NPK. O trabalho foi realizado em condições de campo na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina, utilizando a cultivar de milho híbrido 30F35. Foram testados seis tratamentos, sob o delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema fatorial 3x2, correspondente a três níveis de adubação NPK (0, 50 e 100% da recomendação) e dois de inoculante (com e sem), com 4 repetições. Foram utilizados 125 e 250 kg ha⁻¹ do formulado 08-28-16, no sulco de semeadura, para 50 e 100% da recomendação, respectivamente. Foram avaliadas as características fitométricas, as plantas acamadas e quebradas, os componentes de produção e a produtividade. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5%. A adubação com 100% da recomendação independente da inoculação com *P. fluorescens* proporcionou maior altura de planta e maior comprimento de espiga. Independente do nível de adubação a inoculação com *P. fluorescens* resultou menor altura de planta e de inserção de espiga, contudo favoreceu o diâmetro da espiga. O nível de 100% de adubação na presença de *P. fluorescens* aumentou o comprimento de espiga, o peso de espiga, a massa de 100 grãos e a produtividade. A presença de *P. fluorescens* no nível de 100% de adubação promoveu aumento no número de grãos por fileira, no diâmetro da espiga e no peso de espiga.

Palavra-chave: *Zea mays*. Rizobactérias. Características fitométricas. Componentes de produção. Produtividade.

Abstract

The main factors responsible for the irregularity of corn yield are soil fertility and climatic conditions. Aiming to increase the efficient use of fertilizer in agricultural systems while maintaining the ecological balance, the interest was increased by

manipulation of rhizobacteria, which have great potential and practicality of use. The study aimed to evaluate the agronomic performance of maize to second crop subjected to inoculation with *Pseudomonas fluorescens* under different levels of NPK. The work was conducted under field conditions in the Farm School of the Universidade Estadual de Londrina, using corn hybrids 30F35. Six treatments were tested under the experimental design of randomized blocks in factorial scheme 3x2, corresponding to three levels of NPK (0, 50 and 100% of recommendation) and two inoculant (with and without), with 4 replicates. We used 125 and 250 kg ha⁻¹ 08-28-16 formulated in the furrow, to 50 and 100% of the recommendation, respectively. Were evaluated fitometricas characteristics, the broken and lodged plants, the yield and productivity. Data were subjected to analysis of variance and means compared by Tukey test at 5%. Fertilization with 100% recommended regardless of inoculation with *P. fluorescens* showed higher plant height and length of spike. Regardless of the level of fertilizer inoculation with *P. fluorescens* resulted in plant height and ear insertion, however, favored the ear diameter. The 100% level of fertilization in the presence of *P. fluorescens* increased the length of ear, ear weight, the weight of 100 grains and yield. The presence of *P. fluorescens* at 100% fertilization increased the number of kernels per row, the ear diameter and ear weight.

Keyword: Zea mays. Rhizobacteria. Fitometricas characteristics. Components. Productivity.

Introdução

O milho (*Zea mays* L.) transformou-se, no início do século XXI, no produto agrícola mais cultivado, certamente, devido ao elevado potencial produtivo e versatilidade de uso. No Brasil a produção deste cereal caracteriza-se pela divisão do cultivo em duas épocas, as semeaduras de verão, ou primeira safra, realizadas na época tradicional e, a “safrinha” que se refere ao milho de segunda safra, cultivado de janeiro a abril, em sucessão a uma cultura de verão, geralmente depois da soja precoce (FORNASIERI FILHO, 2007).

O nível tecnológico adotado para o milho de segunda safra depende da época de semeadura. Nas semeaduras realizadas no início do período recomendado o sistema de produção é, geralmente, igual ao utilizado na safra normal. Nas semeaduras realizadas mais tardias o agricultor reduz o nível tecnológico em função do maior risco de perdas na cultura devido, principalmente, às condições climáticas vigentes durante o ciclo (frio excessivo, geada e deficiência hídrica). A redução do nível tecnológico refere-se, basicamente, à menor qualidade das sementes utilizadas e à redução nas quantidades de adubos e defensivos aplicados (EMBRAPA, 2009).

A cultura do milho possui alto potencial produtivo, podendo alcançar produtividade superior à 10 t ha⁻¹ de grãos, tanto em condições experimentais como por agricultores que adotam tecnologias adequadas de manejo. No entanto, o que se observa na prática são produtividades baixas e irregulares, com média de 3,5 t ha⁻¹. Os principais fatores responsáveis pela irregularidade da produtividade são a fertilidade do solo e as condições climáticas (COELHO; FRANÇA, 1995).

As necessidades nutricionais da planta são supridas pela quantidade de nutrientes que esta extrai do solo durante o seu ciclo. Constituinte do grupo de elementos essenciais, nitrogênio (N) é assimilado pela planta por meio de reações bioquímicas, envolvendo oxidação e reduções, para formar ligações covalentes com o carbono e formar compostos orgânicos como: aminoácidos, amidas, proteínas, ácidos nucleicos, nucleotídeos e coenzimas. Portanto, a deficiência de nitrogênio rapidamente inibe o crescimento vegetal (TAIZ; ZEIGER, 2009). De acordo com Yamada (1997) a formação de grãos esta diretamente relacionada com o suprimento de N e, assim, o suprimento inadequado de N limita o rendimento de grãos.

Ao lado do N, a deficiência do fósforo (P) também limita a produtividade da cultura, sendo esta mais exigente em P por ocasião da formação e desenvolvimento dos grãos, por este estar relacionado com o crescimento das raízes, com a formação de grãos e com o vigor das plantas (VITTI et al., 2004). O potássio (K) por sua vez tem papel fundamental na fotossíntese, na transformação da energia luminosa em energia química.

Diversos trabalhos têm demonstrado o efeito positivo da adubação NPK nos componentes de produção para a cultura do milho, com benefícios sobre características agrônômicas como diâmetro caulinar, número de grãos/espiga, peso de espiga com e sem palha, rendimento de grãos pela cultura e, ainda, aumento na produção de massa de matéria seca da parte aérea e nos teores foliares de P nas plantas (GONÇALVES JR et al., 2007; GONÇALVES JR et al., 2008; HARGER et al., 2007; LUCENA et al., 2000).

Com o intuito de aumentar a eficiência na utilização de fertilizantes nos sistemas agrícolas, mantendo o equilíbrio ecológico, aumentou-se recentemente o interesse pela manipulação de rizobactérias promotoras do crescimento de planta (RPCPs), que apresentam grande potencialidade e praticabilidade de uso. Essas bactérias exercem efeitos benéficos ao promover o crescimento vegetal e, isso

ocorre devido ao aumento da disponibilidade de nutrientes para as plantas, pela solubilização de fosfato inorgânico (RODRÍGUEZ; FRAGA, 1999), e o maior crescimento de raiz favorecendo a absorção de nutrientes.

As rizobactérias promotoras do crescimento em plantas (RPCPs) fazem parte da população residente das plantas como epifíticas ou endofíticas, não são fitopatogênicas e promovem crescimento das plantas associadas numa relação não simbiótica (SOTTERO, 2006). Estes microorganismos são introduzidos no ambiente da raiz pela aplicação nas sementes antes da semeadura, processo conhecido como inoculação. Durante a germinação as sementes liberam carboidratos e aminoácidos em abundância na forma de exsudatos de sementes (LYNCH, 1978). Estes organismos introduzidos com as sementes no solo utilizam os exsudatos como fonte nutricional e colonizam as raízes assim que elas emergem.

As rizobactérias que se associam a vegetais possuem a capacidade de colonizar as raízes e outros tecidos internos do vegetal, sendo consideradas promotoras de crescimento vegetal, e produzem hormônios de crescimento como auxinas e giberelinas, que estimulam o crescimento, principalmente de raízes, atuando na maior absorção de nutrientes e água. Existem relatos de promoção de crescimento por rizobactérias em diversas culturas como: trigo (LUZ, 2001), *Heliconia psittacorum* L.f. (SANTOS et al., 2005), alface SOTTERO et al., 2006), plantas cítricas FREITAS; AGUILAR VILDOSO, 2004), milho (CARDOSO et al., 2008), entre outras. A promoção de crescimento leva ao aumento na produção de grãos e crescimento da planta que podem ser expressos tanto pela massa da matéria seca de parte aérea ou raízes, como pela altura (COELHO et al., 2006).

As *Pseudomonas* aparecem como uma alternativa de relevante importância no suprimento de nutrientes necessários as culturas, na tentativa de reduzir o ônus com adubação química, reduzir os riscos ambientais causados pela utilização inadequada, excessiva ou até mesmo incipiente de adubos químicos, beneficiando a produção agrícola, e diminuindo os custos para o produtor (COELHO et al., 2007).

Por se tratar de microorganismos, as rizobactérias podem apresentar alterações de comportamento devido a mudanças climáticas e nos níveis de fertilidade do solo, o que pode levar ao insucesso da interação bactéria-planta, não proporcionando, assim, ao benefícios esperados. As condições climáticas e de

solo podem influenciar a estabilidade, a sobrevivência e até mesmo a atuação das rizobactérias.

Visando o entendimento das relações bactéria-planta, bem como da interação das bactérias promotoras de crescimento com a fertilidade do solo, realizou-se o trabalho com o objetivo de avaliar o desempenho agrônomo da cultura do milho de segunda safra, submetida à inoculação de *Pseudomonas fluorescens* sob diferentes níveis de adubação NPK.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado em condições de campo na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina (FAZESC-UEL), localizada no município de Londrina-PR, que se encontra a 23°22' latitude Sul, 51°22' longitude Oeste de Greenwich, com altitude de 580 m. O clima característico da região de acordo com a classificação de Köppen é do tipo CFA, ou seja, clima subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes e geadas pouco frequentes. As chuvas tendem a se concentrar nos meses de verão, sem estação seca definida e com precipitação média anual de 1.614 mm e insolação média anual de 7,05 horas por dia. A temperatura média anual é de 20,2°C, a média das temperaturas altas é de 27,0°C e a média das temperaturas mínimas é de 14,8°C. A umidade relativa do ar média é de 75% (IAPAR, 2008). As temperaturas máximas e mínimas diárias assim como, a precipitação pluvial diária durante o período de condução do experimento, obtidos junto a estação Meteorológica do Instituto Agrônomo do Paraná situada a 5 km da área experimental, estão apresentadas na Figura 1.1.

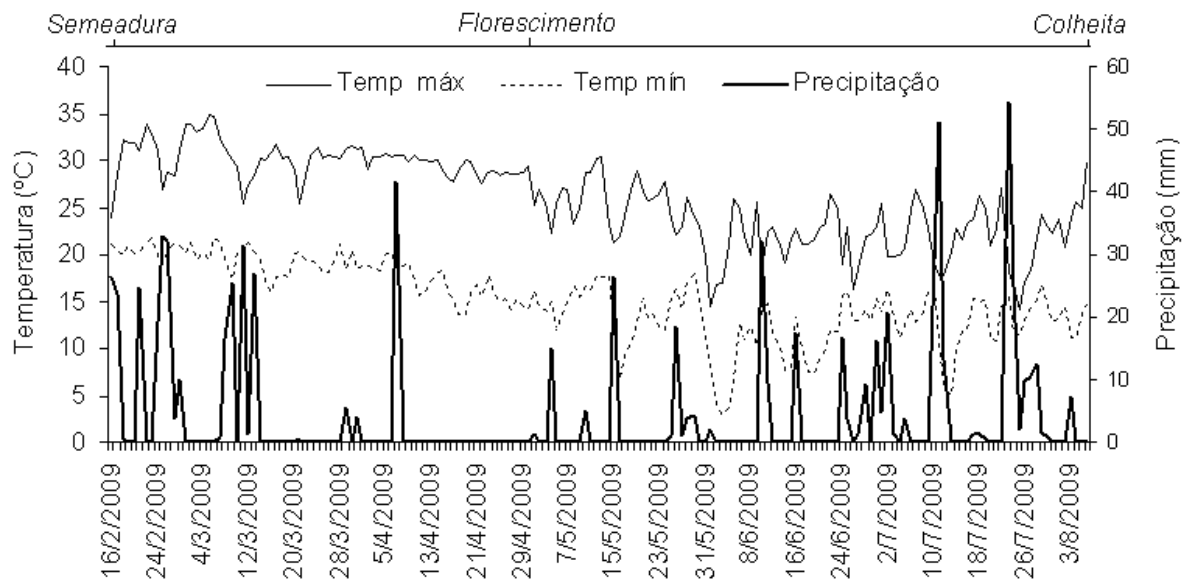


Figura 1.1 – Dados diários de temperaturas máximas e mínimas e de precipitação pluvial durante o período de condução do experimento em Londrina - PR.

A instalação do experimento foi realizada no dia 18 de fevereiro de 2009, seguindo as recomendações de época do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR, 2009) que recomenda a instalação da cultura de milho safrinha para a região de Londrina-PR até a data limite do dia 20 de março. Foi utilizada a cultivar de milho híbrido 30F35 Pioneer, que apresenta ciclo precoce, alto potencial produtivo e elevada capacidade de adaptação para a safrinha (PIONEER SEMENTES, 2009).

O experimento foi instalado em solo classificado como Latossolo Vermelho eutrófico (EMBRAPA, 1999). Previamente a instalação do experimento foram coletadas amostras de solo da área experimental a profundidade de 0-10 e 10-20 cm para análise química de acordo com a metodologia de Raij e Quaggio (1983). O solo foi preparado quando o mesmo apresentava condições adequadas de umidade, realizando-se uma aração e uma gradagem.

Foram testados seis tratamentos, utilizando o delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema fatorial 3x2, correspondente a três níveis de adubação NPK (0, 50 e 100% da recomendação) e dois de inoculante (com e sem), com 4 repetições. As adubações de 50% e 100% da recomendação de NPK foram calculadas com base nos resultados da análise química do solo (Tabela 1.1) e nas recomendações para a região (EMBRAPA, 2009). Foram utilizados 125 e

250 kg ha⁻¹ do formulado 08-28-16, no sulco de semeadura, para 50 e 100 % da recomendação, respectivamente.

Tabela 1.1 – Caracterização química do solo da área experimental na profundidade de 0-10 e 10-20 cm.

Prof. cm	pH		H + Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	CTC	V	P
	CaCl ₂	H ₂ O							
0-10	5,3	6,0	4,2	5,7	1,5	0,9	12,3	66,27	10,51
10-20	5,1	5,7	4,9	4,6	1,2	0,4	11,1	55,53	6,46

Prof. (cm)	Mn	Fe	Cu	Zn	B
0-10	224,2	64,99	17,40	12,26	0,66
10-20	214,5	73,69	17,22	2,92	0,84

* Extratores: Ca, Mg, Al: KCl; P, K: Mehlich-I; Mn, Fe, Cu, Zn: Mehlich-I; B: HCl 0,05 N

As sementes que receberam o inoculante foram tratadas momentos antes da semeadura. A dose do inoculante a base de *Pseudomonas fluorescens* utilizada foi de 140 mL ha⁻¹, sendo 100 mL de Rizofos liq Maíz e 40 mL de Premax R Protector, protetor bacteriano que melhora a sobrevivência das bactérias após a inoculação, sendo este misturado ao Rizofos liq Maíz antes da inoculação.

As parcelas foram constituídas de quatro linhas de cinco metros de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,9 m. Foram consideradas como parcela útil as duas linhas centrais, despresando-se 0,5 m das extremidades das mesmas. A semeadura foi realizada manualmente no sistema convencional de cultivo. Para atingir a densidade de aproximadamente 55.000 plantas ha⁻¹ realizou-se o desbaste na fase de desenvolvimento V3, utilizando a escala fenológica da cultura proposta por Ritchie, Hanway e Benson (1986).

Durante o desenvolvimento da cultura a área experimental foi monitorada com relação às pragas, doenças e plantas daninhas. Houve a necessidade de controle de vaquinha (*Diabrotica speciosa*) devido à desfolha causada pelo inseto adulto no estágio V₃ da cultura. Utilizou-se *Teflubenzuron* na dosagem de 100 mL ha⁻¹. A eliminação de plantas daninhas foi realizada mediante capina manual.

A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada aos 35 dias após a emergência das plântulas, (estádio V₆), com aplicação de 80 kg ha⁻¹ de N (uréia),

para todos os tratamentos. A colheita foi realizada manualmente no estágio 10 (grãos com teor de água de 20%), na área útil da parcela.

Foram avaliadas as características fitométricas, as plantas acamadas e quebradas, os componentes de produção e a produtividade. As características fitométricas avaliadas foram: **Altura da planta**: obtida com o auxílio de uma régua, sendo as medidas realizadas em seis plantas tomadas de forma aleatória da área útil de cada parcela experimental, considerando, a distância do colo da planta até a inserção da folha-bandeira; o resultado em cm foi dado pela média das plantas avaliadas; **Altura da inserção da espiga**: determinada no final do ciclo da cultura, avaliando-se seis plantas tomadas ao acaso das duas linhas centrais da área útil de cada parcela, medindo-se o comprimento (cm) da base da planta até a inserção da primeira espiga e, obtendo-se o valor médio em cm; **Diâmetro do colmo**: medidas obtidas com o auxílio de um paquímetro em seis plantas da área útil de cada parcela, considerando, a medida no primeiro entrenó acima do solo no sentido da maior espessura, o resultado em cm foi dado pela média das plantas avaliadas; **Stand final**: contabilizou-se a população final da área útil da parcela, e realizou-se o ajuste para plantas ha^{-1} .

Para a avaliação de plantas acamadas e quebradas foi realizada a contagem nas linhas centrais. Foram consideradas como plantas acamadas as que apresentaram o ângulo entre a base do colmo e o nível do solo inferior a 45° . Foram considerados quebrados os colmos que apresentaram quebra no tecido de sustentação abaixo do ponto de inserção da espiga superior. Para ambas avaliações realizou-se o ajuste para plantas ha^{-1} .

Para avaliação dos componentes de produção foram coletadas 10 espigas ao acaso das linhas centrais da parcela, visando as seguintes determinações: **Peso de espiga**: as 10 espigas foram pesadas para se obter o peso médio de uma espiga em gramas; **Comprimento da espiga**: com as espigas já desempalhadas foi medida a distância entre o primeiro e o último grão da linha mais longa, obtendo assim o valor médio do comprimento da espiga em centímetros; **Número de fileiras por espiga e grãos por fileira**: foram contados, individualmente em cada uma das 10 espigas, o número de fileiras de grãos. Para o número de grãos por fileiras foi contado o número de grãos da fileira mais longa. Em ambas avaliações obteve-se o valor médio das espigas avaliadas; **Diâmetro da espiga e**

do sabugo: o diâmetro da espiga foi obtido na região mediana da espiga, com o auxílio de um paquímetro manual. Após a debulha das espigas, foi medido o diâmetro do sabugo na região mediana do mesmo; **Índice de espiga:** foi obtido pela divisão do número de espigas pelo número de plantas da área útil da parcela experimental; **Massa de 100 grãos:** após a debulha das espigas de cada parcela útil, foi realizada a homogeneização do lote e, posteriormente, foram separadas duas repetições de 100 grãos, onde estes foram pesados em uma balança digital, obtendo-se a massa de 100 grãos por meio da média das duas pesagens.

O teor de água dos grãos após a colheita foi obtido por um medidor de capacitância digital, (G600), previamente ajustado e calibrado para a cultura do milho.

A produtividade de grãos foi obtida por meio da pesagem dos grãos colhidos na área útil da parcela experimental, com umidade corrigida para 13,0% (umidade de armazenamento para grãos de milho), e ajuste dos dados para kg ha^{-1} .

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade seguindo o delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições, em esquema fatorial de 3x2 (três níveis de adubação NPK e dois níveis de inoculação). Os dados de plantas acamadas e quebradas foram transformados para raiz quadrada de $Y + 0.5$, visto a ocorrência de valores nulos.

Resultados e Discussão

Constatou-se alteração significativa na altura de planta e na altura de inserção de espiga para os efeitos isolados de inoculação para ambas as características e, apenas de adubação para a altura de planta. A interação entre os fatores adubação e inoculação também foi significativa, para ambas as características, como pode ser observado na Tabela 1.2. Os diferentes níveis de adubação, a presença e ausência de inoculação e a interação entre esses fatores não influenciaram significativamente as variáveis diâmetro do colmo e stand final.

O diâmetro do colmo não foi alterado pelos níveis de adubação NPK e de inoculação com *P. fluorescens* (Tabela 1.2) e, os valores médios situaram-se entre 1,94 e 1,98 cm. Valores semelhantes foram observados por Cortez, Furlani e

Silva (2009) que avaliaram o diâmetro do colmo das plantas de milho sob influência de sistemas de adubação (pré-semeadura e na semeadura) e consórcios de culturas intercalares da cultura do milho em sistema plantio direto, utilizando 370 kg ha^{-1} do adubo formulado NPK 8-28-16, o mesmo utilizado no estudo em discussão. Andreotti et al. (2001) constaram alterações no diâmetro do colmo pela adição de K ao solo, evidenciando que a adição de K resultada em colmos mais grossos, conseqüentemente mais resistentes ao acamamento e ao quebramento. O colmo atua como estrutura de armazenamento de sólidos solúveis que serão utilizados, posteriormente, na formação dos grãos, assim o diâmetro do colmo apresenta correlação com a produtividade por se tratar de um órgão de reserva da planta (DOURADO-NETO; FANCELLI, 2004).

O stand final apresentou média de $48.240 \text{ plantas ha}^{-1}$, mostrando-se adequado para o período de cultivo de segunda safra onde para híbridos que varia de 45 a 55 mil plantas ha^{-1} , havendo casos de recomendações de até 60 mil plantas ha^{-1} (FORNASIERI FILHO, 2007). A densidade de semeadura tem sido recomendada de acordo com a cultivar, a região, a altitude e da época de semeadura. A disponibilidade de água na fase mais crítica da cultura influencia a definição da densidade de semeadura. Em regiões com ocorrências de secas, o número de plantas a empregar deve ser menor (FORNASIERI FILHO, 2007), justificando assim o emprego na segunda safra de populações de plantas inferiores às utilizadas na safra de verão.

Tabela 1.2 – Médias da altura de planta (AP), altura da inserção da espiga (AE), diâmetro do colmo (DC) e stand final (SF) de plantas de milho, submetidas a diferentes doses de adubação NPK e inoculação das sementes com *Pseudomonas fluorescens*, cultivadas em Londrina-PR na segunda safra no ano de 2009.

Causas de variação	Variáveis			
	AP(m)	AE(m)	DC(cm)	SF (plantas ha ⁻¹)
Adubação (%)				
0	1,88	1,05	1,95	47360,50
50	1,82	1,07	1,96	46804,75
100	1,90	1,06	1,97	50554,75
Inoculação				
Sem	1,90	1,10	1,98	48332,58
Com	1,83	1,02	1,94	48147,41
Valor de F				
Adubação (A)	8,83*	0,21ns	0,06 ns	1,70 ns
Inoculação (I)	20,60*	9,40*	0,41 ns	0,01 ns
A * I	14,81*	5,77*	3,69 ns	0,40 ns
CV (%)	2,12	5,91	6,36	9,11

^{ns} Não-significativo, *Significativo a 5%de probabilidade.

Na densidade de plantas observada é possível que as mesmas tenham apresentado um melhor arranjo na sua arquitetura e, portanto, uma melhor interceptação e maior eficiência no uso da luminosidade e, ainda, menor competição por luz, água e nutrientes, apresentando, conseqüentemente, um melhor desenvolvimento e desempenho produtivo individual por planta. No entanto, em baixas densidades a produção individual por planta é máxima, ocorre a formação de espigas maiores em maior número por planta, mas o rendimento por área é reduzido. Aumentando a densidade, a produção individual por planta tende a declinar, mas a produtividade por área aumenta, até alcançar um máximo, quando ambos, produção individual e produção por área declinam (FORNASIERI FILHO, 2007).

De acordo com Almeida et al. (2000) o manejo da densidade de plantas é uma das práticas culturais mais importantes para determinar o rendimento de grãos no milho. As respostas à densidade de plantas incluem mudanças na arquitetura da comunidade de plantas, no crescimento, no desenvolvimento e na absorção e partição de assimilados pelas plantas. Segundo Amaral Filho et al. (2005) os menores espaçamentos e as menores densidades populacionais em

avaliação da cultura do milho, resultaram em valores superiores de número de grãos por espiga.

Na Tabela 1.3 são apresentados os desdobramentos da interação dos fatores estudados (adubação*inoculação) para altura de planta e altura de inserção de espiga.

Tabela 1.3 – Desdobramento da interação para médias de altura total e altura de inserção de espiga de plantas de milho, em função de diferentes doses de adubação NPK e inoculação das sementes com *Pseudomonas fluorescens*, cultivadas em Londrina-PR na segunda safra no ano de 2009.

Adubação (%)	Altura de planta (cm)		Altura de espiga (cm)	
	Inoculação			
	Sem	Com	Sem	Com
0	1,89 A a	1,87 A a	1,03 B a	1,06 A a
50	1,92 A a	1,72 B b	1,16 A a	0,97 A b
100	1,90 A a	1,89 A a	1,10 AB a	1,03 A a

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna para efeito de adubação e minúsculas na linha para efeito de inoculação, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na ausência de inoculação com *P. fluorescens* não houve diferença significativa entre os níveis de adubações para altura de plantas. Já na presença de inoculação os níveis de 0 e 100% de adubação promoveram maiores médias para altura de planta em relação ao nível de 50% da adubação recomendada. Cardoso et al. (2008) avaliaram o efeito da inoculação de rizobactérias do gênero *Pseudomonas* no crescimento e desenvolvimento de plantas de milho precoce cultivado em casa-de-vegetação, em solo não estéril, e constataram efeito positivo da inoculação para a característica altura de plantas, divergindo dos resultados obtidos neste estudo.

Para a variável altura de inserção de espiga na presença de inoculação os níveis de adubação não diferiram entre si. Nos tratamentos sem inoculação a adubação de 50% mostrou-se superior a 0 % de adubação. No nível de 50% a ausência de inoculação também foi superior ao tratamento inoculado, favorecendo o aumento da altura de inserção de espiga, o que demonstrou comportamento semelhante ao observado para altura de plantas.

Cortez, Furlani e Silva (2009) avaliaram a influência dos sistemas de

adubação (em pré-semeadura e na semeadura) e dos consórcios de culturas intercalares nas variáveis de colheita da cultura do milho em sistema plantio direto. Os resultados obtidos por esses autores demonstraram que a altura de inserção da espiga e a altura de plantas apresentaram maiores valores para o sistema de adubação na semeadura.

Os resultados de altura de planta e altura de inserção da espiga apresentaram baixa dispersão amostral e alta homogeneidade, com o coeficiente de variação de 2,12 e 5,91% e com a média geral 1,86 e 1,06 m respectivamente.

Os diferentes níveis de adubação e de inoculação e a interação entre estes fatores não alteraram significativamente as variáveis plantas acamadas e quebradas (Tabela 1.4). No entanto, ocorreram fortes ventos nos períodos próximos à época de colheita do experimento. Nesta fase os grãos apresentavam umidade acima de 20%, contudo os colmos das plantas já estavam em processo de senescência se tornando mais frágil por estar mais seco, portanto mais sujeito a quebras.

Tabela 1.4 – Médias de plantas acamadas e plantas quebradas (plantas ha⁻¹) na cultura do milho submetida a diferentes doses de adubação NPK e inoculação das sementes com *Pseudomonas fluorescens*, cultivada em Londrina-PR no período de segunda safra no ano de 2009.

Causas de variação	Plantas acamadas	Plantas quebradas
	(plantas ha ⁻¹)	
Adubação (%)		
0	2777,75	1633,32
50	3633,30	1477,76
100	3544,40	1911,10
Inoculação		
Sem	3155,52	1,27
Com	2366,64	1,74
Valor de F		
Adubação (A)	1,10 ns	0,34 ns
Inoculação (I)	0,38 ns	1,44 ns
A * I	1,24 ns	0,11 ns
CV (%)	38,13	63,66

^{NS} Não significativo, *Significativo a 5% de probabilidade.

As variáveis comprimento de espiga, número de grãos por fileira, diâmetro da espiga, massa de 100 grãos, peso de espiga e produtividade

apresentaram interação significativa entre os fatores adubação e inoculação como pode ser observado na Tabela 1.5. Já as variáveis número de fileiras de grãos por espiga, diâmetro do sabugo e índice de espiga não foram afetadas pelo fator adubação, inoculação e interação entre os mesmos. Gonçalves Jr et al. (2007) com o objetivo de avaliar os componentes de produção e a produtividade da cultura do milho em função da adubação, com diferentes doses de Zn e NPK, afirmam que os componentes de produção número de grãos por espiga, massa de 1000 grãos e produtividade de grãos foram influenciados de forma significativa por doses de NPK, com aumento significativo na massa de 1000 grãos e, conseqüentemente na produtividade.

Na Tabela 1.6 são apresentados os desdobramentos da interação (adubação*inoculação) para comprimento de espiga e número de grãos por fileira. Na ausência de inoculação não houve diferença significativa entre os níveis de adubação para comprimento de espiga. Já na presença de inoculação os níveis de 50 e 100% de adubação promoveram maiores médias para comprimento de espiga em relação ao nível de 0%. Para o efeito de inoculação no nível de 0% de adubação a ausência de inoculação mostrou-se superior a presença.

Para o número de grãos por fileira os níveis de 0; 50 e 100% de adubação, tanto na presença quanto na ausência de inoculação, não diferiram entre si. Para efeito de inoculação no nível de 100% de adubação a presença de inoculante foi superior a ausência de inoculante. Nos níveis de 0 e 50% de adubação não foram significativas as diferenças entre a presença e a ausência de inoculação.

O comprimento da espiga é um dos caracteres que pode interferir diretamente no número de grãos por fileira, estes caracteres apresentaram comportamento semelhante em relação às respostas aos fatores avaliados.

A eficiência agrônômica do inoculante a base de *Pseudomonas fluorescens* aplicado via tratamento de sementes, na disponibilidade de fósforo e na maximização da produtividade de milho safrinha foi avaliada por Andreotti et al. (2008) que relatam que a inoculação das sementes com *P. fluorescens* aumentou o teor foliar de P, N e S, o número de grãos por espiga e o número de grãos por fileira, e a adubação fosfatada na dose de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ proporcionou aumento no comprimento da espiga.

Tabela 1.5 – Médias de comprimento da espiga (CE), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), diâmetro da espiga (DE), diâmetro do sabugo (DS), índice de espiga (IE), massa de 100 grãos (M100G), peso de espiga (PE) e produtividade (P) de milho submetido a diferentes doses de adubação NPK e inoculação das sementes com *Pseudomonas fluorescens* cultivado em Londrina-PR no período de segunda safra no ano de 2009.

Causas de variação	Variáveis analisadas								
	CE (cm)	NFE	NGF	DE (cm)	DS (cm)	ÍE	M100G(g)	PE (g)	P (Kg ha ⁻¹)
Adubação (%)									
0	9,22	16,3	26,34	4,64	3,17	0,93	29,25	137,18	2610,55
50	11,31	16,4	26,95	4,64	3,06	0,95	29,62	138,10	2639,30
100	11,34	16,65	26,35	4,62	3,11	0,97	30,62	140,82	2972,11
Inoculação									
Sem	10,41	16,42	25,62	4,56	3,11	0,96	30,67	132,35	2782,63
Com	10,84	16,48	27,47	4,70	3,12	0,94	29,00	145,05	2698,67
Valor de F									
Adubação (A)	4,37*	0,81 ns	0,17 ns	0,06 ns	0,44 ns	0,57 ns	1,20 ns	0,10 ns	1,37 ns
Inoculação (I)	0,44 ns	0,08 ns	3,54 ns	5,24*	0,96 ns	0,48 ns	4,95 ns	3,48 ns	0,18 ns
A * I	3,64 *	1,52 ns	3,99 *	8,01*	0,21 ns	1,26 ns	7,14 *	6,06*	3,03*
CV (%)	15,48	3,44	9,04	3,1	7,70	7,13	6,15	12,03	17,68

^{ns} Não-significativo, *Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 1.6 – Desdobramento da interação para médias de comprimento de espiga e número de grãos por fileira de plantas de milho, em função de diferentes doses de adubação NPK e inoculação das sementes com *Pseudomonas fluorescens*, cultivadas em Londrina-PR na segunda safra no ano de 2009.

Adubação (%)	Comprimento de espiga		Número de grãos/fileira	
	Inoculação			
	Sem	Com	Sem	Com
0	10,65 A a	7,79 B b	24,77 A a	27,90 A a
50	11,30 A a	11,32 A a	27,95 A a	25,95 A a
100	10,58 A a	12,09 A a	24,15 A b	28,55 A a

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna para efeito de adubação e minúsculas na linha para efeito de inoculação, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os desdobramentos da interação (adubação*inoculação) para diâmetro de espiga e peso da espiga estão apresentados na Tabela 1.7. Para o diâmetro de espiga os níveis de adubação não diferiram quando na presença do inoculante. O nível de 50% de adubação se mostrou superior ao nível de 100% de adubação na ausência de inoculante. Para efeito de inoculação, nos níveis de 0 e 50 % de adubação a presença e a ausência de inoculação não diferiram estatisticamente. Já no nível de 100% de adubação a presença do inoculante favoreceu a média do diâmetro da espiga em relação à ausência.

Tabela 1.7 – Desdobramento da interação para médias de diâmetro da espiga e peso da espiga de plantas de milho, em função de diferentes doses de adubação NPK e inoculação das sementes com *Pseudomonas fluorescens*, cultivadas em Londrina-PR na segunda safra no ano de 2009.

Adubação (%)	Diâmetro da espiga		Peso da espiga	
	Inoculação			
	Sem	Com	Sem	Com
0	4,64 AB a	4,63 A a	126,70 A a	149,50 AB a
50	4,66 A a	4,61 A a	147,20 A a	127,10 B a
100	4,38 B b	4,85 A a	123,10 A b	158,50 A a

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna para efeito de adubação e minúsculas na linha para efeito de inoculação, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os eventos que determinam o diâmetro e número de fileiras por espiga coincidem com a segunda semana após a emergência das plantas, fase em que se inicia a formação dos primórdios da espiga. A falta de água e nutrientes a partir desta fase pode afetar esses componentes (DOURADO NETO; FANCELLI, 2004). Nas condições deste experimento, observa-se que na segunda semana após a emergência das plântulas, ocorreram inúmeros registros de precipitação pluviométrica com temperatura média de 20°C, o que favoreceu a determinação destes componentes de produção (Figura 1.1).

Para peso da espiga, na ausência de inoculação as doses de adubação não apresentaram diferença significativa entre si. O nível de 100% de adubação na presença de inoculação foi superior ao nível de 50%. Para efeito de inoculação nos níveis de 0 e 50% de adubação não houve diferenças significativas. Já no nível de 100% de adubação a presença de inoculação foi superior a ausência, favorecendo o peso de espiga.

Na Tabela 1.8 estão apresentados os desdobramentos da interação (adubação*inoculação) para massa de 100 grãos e produtividade de grãos. Para a massa de 100 grãos os níveis de 0; 50 e 100% de adubação não apresentaram diferenças significativas quando na ausência de inoculação. O nível de 100% de adubação apresentou maior massa de 100 grãos na presença do inoculante em relação ao nível 0% de adubação. Para o efeito inoculação no nível de 0% a ausência de inoculação mostrou-se superior a presença de inoculação. Gonçalves et al. (2008) afirmam que as variáveis, número de grãos por espiga, massa de 1.000 grãos e produtividade de grãos de milho apresentaram incrementos quando adubados com NPK. Segundo Amaral Filho et al. (2005) a adubação nitrogenada aumentou linearmente o número de grãos por espiga e na massa de 1.000 grãos de milho cultivado na primeira safra no sistema de plantio direto.

A eficiência agrônômica do inoculante contendo *Pseudomonas fluorescens* aplicado via tratamento de sementes, na disponibilidade de fósforo e na maximização da produtividade de milho safrinha foi avaliada por Andreotti et al. (2008), onde os autores constataram que a inoculação das sementes com Rizofós aumentou a massa de 100 grãos, fato não constatado nesse estudo.

Tabela 1.8 – Desdobramento da interação para médias de massa de 100 grãos e produtividade de plantas de milho, em função de diferentes doses de adubação NPK e inoculação das sementes com *Pseudomonas fluorescens*, cultivadas em Londrina-PR na segunda safra no ano de 2009.

Adubação (%)	Massa 100 grãos (g)		Produtividade (g)	
	Inoculação			
	Sem	Com	Sem	Com
0	32,00 A a	26,5 B b	2865,53 A a	2355,55 B a
50	30,00 A a	29,25 AB a	2809,33 A a	2469,26 AB a
100	30,00 A a	31,25 A a	2673,00 A a	3271,20 A a

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna para efeito de adubação e minúsculas na linha para efeito de inoculação, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a produtividade de grãos na presença de inoculante o nível de 100% de adubação foi superior ao nível de 0%. Já na ausência de inoculação não houve diferença significativa para os níveis de adubação avaliados. Para efeito de inoculação nos níveis de 0; 50 e 100% de adubação não houve diferença significativa para efeito de inoculante.

A produtividade média geral de grãos foi de 2740 kg ha⁻¹, sendo inferior a média para o estado do Paraná que situa-se entre 3000 a 4000 kg ha⁻¹ para o milho de segunda safra (CONAB, 2009). Esse resultado inferior a média Estadual é conseqüência da estiagem ocorrida no período compreendido entre final de março até início de maio. Além disso, geadas ocorridas no início de junho também afetaram o desenvolvimento das plantas, intensificando a redução das produtividades (Figura 1.1).

Nas três semanas que antecederam o florescimento masculino não houve registros de precipitação pluviométrica (Figura 1.1) o que certamente contribuiu para redução de produtividade. Segundo Sangoi et al. (2007) o período de pré-floração e floração é considerado o mais crítico para a determinação final do rendimento de grãos da cultura do milho. Esta fase é fundamental para a definição do número de óvulos que serão fertilizados por inflorescência, pois condições desfavoráveis ocasionadas por restrições hídricas atrasam o desenvolvimento da espiga, ocasionando espigas falhadas, com poucos grãos e lavouras de baixa produtividade. Dourado Neto e Fancelli (2004) afirmam que excassez de água além de reduzir o número de flores fecundadas, favorece o dissincronismo entre a

emissão dos grãos de pólen e a receptividade dos estilos-estigmas da espiga, ocasionando um aumento na porcentagem de espigas sem grãos nas extremidades, sendo estes os últimos a serem fecundados, o que irá influenciar a massa de grãos e peso da espiga e conseqüentemente irá reduzir a produtividade.

De acordo com Cardoso, Faria e Folegati (2004) os elementos climáticos apresentam grande variabilidade espacial e temporal devido à ocorrência de períodos prolongados de escassez de chuvas e temperaturas baixas no período usual de cultivo do milho “safrinha” no Paraná. A produção por área pode ficar comprometida se a deficiência hídrica coincidir com o período do florescimento, fase que determina a quantidade de óvulos a serem fecundados e, por conseqüência, a produção de grãos.

A disponibilidade hídrica na fase de desenvolvimento da cultura pode ter prejudicado o aproveitamento da adubação mineral, de acordo com Grant et al (2001) o principal mecanismo de contato entre o fósforo e as raízes no solo é a difusão, apenas o P que se encontra próximo as raízes está estrategicamente disponível para ser absorvido. A escassez hídrica tende a prejudicar a absorção do P ocasionando durante a formação da espiga a redução do tamanho da mesma, levando a um menor número de grãos por espiga.

Do início do enchimento de grãos até o final do ciclo, foi um período marcado por excesso de chuvas, o que resultou em atraso da colheita. O milho na segunda safra, normalmente, apresenta maior dificuldade para a perda de umidade dos grãos após atingir o ponto de maturidade fisiológica, esse atraso ocorre devido às baixas temperaturas no período de maturação (maio, junho, julho) de acordo com a Figura 1.1. O excesso de chuva no final do ciclo tende a favorecer o quebramento do colmo, o brotamento da espiga e prejudicar a qualidade dos grãos.

A escassez hídrica e a baixa temperatura com registros de geadas durante a condução do experimento possivelmente afetou a sobrevivência, a estabilidade, a multiplicação e a associação das rizobactérias com a cultura. Pois estas rizobactérias podem apresentar comportamento diferenciado de acordo com a variação climática e nível de fertilidade do solo e, resultando em diferentes respostas do desenvolvimento vegetal.

Considerando o potencial do uso de RPCPs tanto em promover o crescimento quanto em aumentar o rendimento de culturas, insucessos também não

são incomuns, como descrevem Freitas e Aguilar Vildoso (2004), onde comportamento de *Pseudomonas fluorescentes* foi instável quanto à promoção do crescimento de plantas cítricas. Um dos obstáculos para a utilização do inoculante a base de *Pseudomonas* é a dificuldades das bactérias de se estabelecer e sobreviver em condições de campo (ATKINSON; WATSON, 2000). Assim, seria importante avaliar a dinâmica desses microorganismos no solo de forma a complementar as avaliações de desenvolvimento e desempenho produtivo das plantas.

As condições climáticas inadequadas à cultura do milho, que predominaram durante o período de condução do experimento, refletiram na produtividade de grãos e, certamente, minimizaram os possíveis efeitos benéficos tanto da adubação quanto da inoculação com *P. fluorescens*. Nas condições adequadas de clima, possivelmente, os efeitos dos fatores estudados seriam diferentes, favorecendo o potencial produtivo da cultura. Portanto é necessário dar continuidade a estudos similares a este em condições de campo, com diferentes cultivares e períodos de instalação da cultura para obtenção de resultados mais consistentes com a lavoura de milho em cultivo convencional ou segunda safra.

Conclusão

A adubação com 100% da recomendação independente da inoculação com *P. fluorescens* proporcionou maior altura de planta e maior comprimento de espiga.

Independente do nível de adubação a inoculação com *P. fluorescens* resultou menor altura de planta e de inserção de espiga, contudo favoreceu o diâmetro da espiga.

O nível de 100% de adubação na presença de *P. fluorescens* aumentou o comprimento de espiga, o peso de espiga, a massa de 100 grãos e a produtividade.

A presença de *P. fluorescens* no nível de 100% de adubação promoveu aumento no número de grãos por fileira, no diâmetro da espiga e no peso de espiga.

Referências

ANDREOTTI, M.; LODO, B. N.; BASSO, F. C.; PARIZ, C. M.; BUZETTI, S. Avaliação da eficiência agronômica do inoculante Rizofós contendo pseudomonas fluorescens em cultivo de milho safrinha. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 12; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 10; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 7, 2008, Londrina. **Anais...**Londrina: Fertibio, 2008

ANDREOTTI, M.; RODRIGUES, J. D.; CRUSCIOL, C. A. C.; SOUZA, E. C. A.; BULL, L.T. Crescimento do milho em função da saturação por bases e da adubação potássica. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.1, p.145-150, jan./mar. 2001

ALMEIDA, M. L.; MEROTTO JUNIOR, A.; SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A. F. Incremento na densidade de plantas: uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação estival de crescimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 23-29, 2000.

AMARAL FILHO, J. P. R.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J.R. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p.467-473, 2005.

ATKINSON, D.C.; WATSON, A. The beneficial rhizosphere:A dynamic entity. **Appl. Soil Ecology**, 15:99-104, 2000.

CARDOSO, C. O.; FARIA, R. T.; FOLEGATTI, M. V. Simulação do rendimento e riscos climáticos para o milho safrinha em Londrina - PR, utilizando o modelo CERES-Maize. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n.2, p.291-300, maio/ago. 2004 .

CARDOSO, I.C.M.; MARIOTTO, J. R.; KLAUBERG FILHO, O.; SANTOS, J. C. P.; FELIPE, A. F.; NEVES, A.N.; MIQUELUTTI, D. J. Resposta de milho (Zea mays L.) precoce à inoculação de rizobactérias em casa-de-vegetação.In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 12; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 10; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 7, 2008, Londrina. **Anais...**Londrina: Fertibio, 2008.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. **Seja o doutor do seu milho**: nutrição e adubação. Piracicaba: POTAFOS, 1995. p 1-9. Arquivo do Agrônomo, n.2, 2. ed. Ampliada e totalmente modificada. Encarte de Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 71, 1995.

COELHO, L. F.; FREITAS, S. S.; MELO, A. M. T.; AMBROSANO, G. M. B. Interação de bactérias fluorescentes do gênero *Pseudomonas* e de *Bacillus* spp. com a rizosfera de diferentes plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1413-1420, dez. 2007.

COELHO, L. F. **Interação de *Pseudomonas* spp. e de *Bacillus* spp.com diferentes rizosferas**. 2006. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – IAC: Instituto Agronômico, Campinas.

CONAB. **Acompanhamento da safra Brasileira**: grãos: Décimo segundo levantamento, setembro 2009/ Companhia Nacional de Abastecimento – Brasília: CONAB, 2009.

CORTEZ, J. W.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P. Sistemas de adubação e consórcio de culturas intercalares e seus efeitos nas variáveis de colheita da cultura do milho. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 277-287, abr./jun. 2009

DOURADO NETO, D.; FANCELI, A. L. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2004, 360 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

_____. **Nutrição e adubação do milho**. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/feraduba.htm>>. Acesso em 15 fev. 2009.

FREITAS, S.; AGUILAR VILDOSO, C. I. Rizobactérias e promoção do crescimento de plantas cítricas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 6 p.987-994, nov./dec. 2004.

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 1992.

_____. **Manual da cultura do milho**. São Paulo: FUNEP, 2007.

GONÇALVES JÚNIOR, A.C.; TRAUTMANN, R. R.; MARENGONI, N. G.; RIBEIRO, O. L.; SANTOS, A. L. Produtividade do milho em resposta a adubação com NPK e Zn em Argissolo Vermelho-amarelo Eutrófico e Latossolo Vermelho Eutroférico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1231-1236, jul./ago., 2007.

GONÇALVES JUNIOR, A. C.; NACKE, H.; STREY, L.; SCHWANTES, D.; SELZLEIN, C. Produtividade e componentes de produção do milho adubado com Cu e NPK em um argissolo. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 35-40, 2008.

GRANT, C. A.; FLATEN, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. **Importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta**. Inf. Agronômicas, POTAFOS, n. 95, p. 1-5, 2001.

HARGER, N.; BRITO, O. R.; RALISCH, R.; ORTIZ, F. R.; WATANABE, T. S. Avaliação de fontes e doses de fósforo no crescimento inicial do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n. 1, p. 39-44, jan./mar. 2007.

IAPAR. **Monitoramento Agroclimático do Paraná**. Disponível em: <<http://200.201.27.14/Site/Sma/Index.html>>. Acesso em: 20 de abril 2008.

_____. **Zoneamento climático**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1089>> acesso em 30 de janeiro de 2009.

LUCENA, L. F. C.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, I. F.; ANDRADE, A.P. Resposta do milho a diferentes dosagens de nitrogênio e fósforo aplicados ao solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 334-337, 2000.

LUZ, W. C. Evaluation of plant growth-promoting and bioprotecting rhizobacteria on wheat crop. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, n. 3, 2001.

LYNCH, J. M. Microbial interaction around imbibed seeds. **Annals of Applied Biology** 8989, p.165-167. 1978.

PIONNER SEMENTES. **Híbridos de milho: 30F35**. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/ProdutosDetalheMilho.aspx?id=65&gclid=CNK2wLums54CFYce7godKW2yag>>. Acesso em: 30 de novembro de 2009.

RAIJ, B. V.; QUAGGIO, A. J. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 31p.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1986. 21 p. (Special Reporter, 48).

RODRÍGUEZ, H.; FRAGA, R. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. **Biotechnology Advances**, v. 17, p. 319-339, 1999.

SANGOI, L. et al. **Desenvolvimento e exigências climáticas da planta de milho para altos rendimentos**. Lages: Graphel, 2007. 95p.

SANTOS, M. H. L. C.; MARIANO, R. L. R.; CAMARA, T. G.; ANDRADE, A. G.; WILLADINO, L.; LIMA, G. P. P. Bactérias promotoras de crescimento no desenvolvimento de *Heliconia psittacorum* L.f. **Revista Hoehnea**, São Paulo, v.32 n. 2, p.1-8 ago. 2005.

SOTTERO, A. N.; FREITAS, S. S.; MELO, A. M. T.; TRANI, P. E. Rizobactérias e alface: colonização rizosférica, promoção de crescimento e controle biológico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n. 2, p.225-234, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

VITTI, G. C.; WIT, A.; FERNANDES, B. E. P. Eficiência agrônômica dos termofosfatos e fosfatos reativos naturais. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1, 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: POTAFÓS, 2004. p. 690-694.

ARTIGO B: COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS GRÃOS DE MILHO EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO MINERAL E INOCULAÇÃO DAS SEMENTES COM *Pseudomonas fluorescens*.

Resumo

O acúmulo diferencial de nutrientes e compostos químicos nos grãos de milho varia em função do estágio de maturação, da qualidade do solo (nível e disponibilidade dos nutrientes), do clima, da cultivar e do sistema de cultivo. O trabalho teve como objetivo avaliar o teor e o acúmulo de proteínas, de cinzas e de nutrientes em grãos de milho provenientes de plantas submetidas à inoculação com *Pseudomonas fluorescens* e cultivadas sob diferentes níveis de adubação NPK no solo. O experimento foi realizado na Fazenda Escola e no Laboratório de Solos do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, utilizando a cultivar de milho híbrido 30F35. Foram testados seis tratamentos, sob o delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema fatorial 3x2, correspondente a três níveis de adubação NPK (0, 50 e 100% da recomendação) e dois de inoculante a base de *P. fluorescens* (com e sem), com 4 repetições. Foram utilizados 125 e 250 kg ha⁻¹ do formulado 08-28-16, no sulco de semeadura, para 50 e 100 % da recomendação, respectivamente. Determinou-se os teores e acúmulo de N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn, proteína e cinzas dos grãos. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A aplicação de *Pseudomonas fluorescens* via inoculação incrementou os teores de P e K dos grãos de milho, independente dos níveis de adubação. Os teores dos nutrientes, de proteína e de cinzas dos grãos de milho não foram favorecidos pelos níveis de adubação mineral, com exceção do Cu que aumentou com a elevação dos níveis de adubação. A inoculação com *P. fluorescens* e adubação mineral não incrementaram o acúmulo de nutrientes, proteína e cinzas nos grãos.

Palavra chave: *Zea mays*. Macronutrientes. Micronutrientes. Rizobactérias, Qualidade nutricional.

Abstract

The differential accumulation of nutrients and chemical compounds in the corn grains varies with the maturation stage, soil quality (level and availability of nutrients), climate, cultivar and cropping system. The study aimed to evaluate the content and accumulation of protein, ash and nutrients in maize grains from plants inoculated with *Pseudomonas fluorescens* and grown under different levels of NPK fertilizer in the soil. The experiment was conducted at the School Farm and Laboratory of Soils, Department of Agronomy, Universidade Estadual de Londrina, using the cultivar hybrid corn 30F35. Six treatments were tested under the experimental design of randomized blocks in factorial scheme 3x2, corresponding to three levels of NPK (0,

50 and 100% of recommendation) and two inoculation-based *P. fluorescens* (with and without), with 4 replicates. We used 125 and 250 kg ha⁻¹ 08-28-16 formulated in the furrow, to 50 and 100% of the recommendation, respectively. By determining the content and accumulation of N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn, protein and ash content of the grains. The data were submitted to anova and means compared by Tukey test at 5% probability. The application of *Pseudomonas fluorescens* inoculation via increased levels of P and K of corn, regardless of fertilization levels. The nutrient content, protein and ash of corn were not favored by the levels of mineral fertilization, except for Cu which increased with increasing levels of fertilization. The inoculation with *P. fluorescens* and mineral fertilizers did not increase the accumulation of nutrients, protein and ash grains.

Keywords: Zea mays. Macronutrients. Micronutrients. Rhizobacteria. Nutritional quality.

Introdução

O milho se destaca por sua importância econômica e se caracteriza por apresentar diversas formas de utilização. O milho em grão como alimentação animal representa 66% do consumo desse cereal no mundo; 25% é utilizado como alimento humano e em processos industriais e, o restante é utilizado como sementes ou perdido no decorrer da cadeia produtiva. O milho é fonte de energia e de proteína, principalmente, para populações de baixa renda na América Latina, Ásia e África, fornecendo 15% do total anual de proteínas e 19% das calorias produzidas pelos produtos alimentares (EMBRAPA, 2008).

Dentre as principais culturas produtoras de grãos, a cultura do milho ocupa o terceiro lugar em área semeada e o primeiro lugar em produção e produtividade no mundo, com produção por volta de 700 milhões de toneladas (FORNASIERI FILHO, 2007). O Brasil se destaca como o terceiro maior produtor, com produção de aproximadamente 50,110 milhões de toneladas referente a produção de milho na primeira e segunda safras de 2008/2009 (CONAB, 2009).

O milho é uma das culturas mais exigentes em fertilizantes para expressar seu potencial produtivo, especialmente os nitrogenados, os potássicos e os fosfatados. O nitrogênio é importante no estágio inicial de desenvolvimento da planta, quando ela está com quatro folhas totalmente desdobradas, pois esta é a fase em que o sistema radicular em desenvolvimento apresenta considerável

porcentagem de pêlos absorventes e ramificações diferenciadas. A adição de fertilizante nitrogenado estimula a proliferação de raízes, com conseqüente desenvolvimento da parte aérea (FORNASIERI FILHO, 2007).

A adubação nitrogenada influencia não só a produtividade, mas também a qualidade do produto em conseqüência da alteração no teor de proteína nos grãos de milho (ZHANG; MACKENZIE; SMITH, 1994). Além da função na formação de proteínas, o nitrogênio é integrante da molécula de clorofila. Dessa forma, plantas adequadamente nutridas com nitrogênio apresentam crescimento vegetativo intenso e coloração verde-escura (TANAKA; MASCARENHAS; BORKERT et al., 1997).

Em milho, a deficiência de fósforo reduz a taxa de emissão e crescimento de folhas, particularmente das folhas baixas. Com menor área foliar, há menor captação da radiação solar e, conseqüentemente menos carboidratos, o que afeta a subsequente emergência das raízes nodais e irá reduzir a capacidade de absorção de fósforo pela planta (GRANT et al., 2001).

Além de favorecer a produção de grãos, estudos evidenciam a influência da adubação NPK na composição química de grãos para teor protéico e composição mineral em milho (POMMER; SAWAZAKI, 1981; CARMO et al., 2003, MARSARO JUNIOR, et al., 2007) e em milheto (SOBRINHO et al., 2009). Entretanto, são escassas as informações quanto aos efeitos da variação nutricional na composição química dos grãos. Existe maior número de relatos quanto aos efeitos de fatores genéticos e ambientais na qualidade do grão de milho, principalmente em relação aos componentes proteína e óleo. No entanto, o acúmulo diferencial de nutrientes no milho varia em função do estágio de maturação, da qualidade do solo (nível e disponibilidade dos nutrientes), do clima, da cultivar e do sistema de cultivo (VASCONCELOS et al., 1998; COELHO; FRANÇA, 1995; FERNANDES et al., 1999; ANDREOTTI et al., 2000; COELHO et al., 2002).

Os grãos apresentam composição química bastante variável por se tratar de um órgão que se forma no final do ciclo da planta. Durante o seu desenvolvimento, acumulam reservas de nitrogênio, carboidratos, lipídios e minerais. Os minerais, que somam de 3 a 6%, estão concentrados no gérmen, embora estejam também presentes na camada de aleurona. O mineral encontrado em maior abundância no milho é o fósforo, presente na forma de fitatos de potássio e

magnésio. Outros minerais estão também presentes em quantidades menores, sendo os mais importantes: cloro, cálcio, sódio, iodo, ferro, zinco, manganês, cobre, selênio, cromo, cobalto e cádmio (PAES, 2006).

Com a necessidade do aumento na produtividade agrícola no país, ou até mesmo para manutenção das produtividades já alcançadas, torna-se primordial o avanço científico nos estudos para melhor aproveitamento da adubação mineral para uma produção de grãos com melhor qualidade nutricional, ou seja, para aumento nos teores e acúmulo de nutrientes e proteína, uma vez que a maior parte dos grãos são destinados a alimentação animal e humana.

Para aumentar a eficiência da utilização de fertilizantes nos sistemas agrícolas, mantendo o equilíbrio ecológico, aumentou-se o interesse pela manipulação de rizobactérias promotoras do crescimento de planta (RPCPs), que fazem parte da população residente das plantas como epifíticas ou endofíticas, não são fitopatogênicas e promovem crescimento das plantas associadas numa relação não simbiótica (SOTTERO, 2006).

Estes microorganismos são introduzidos no ambiente da raiz pela aplicação nas sementes antes da semeadura. No processo de germinação as sementes liberam carboidratos e aminoácidos em abundância na forma de exsudatos (LYNCH, 1978). Estes organismos introduzidos com as sementes no solo utilizam os exsudatos como fonte nutricional e colonizam as raízes assim que elas emergem.

As rizobactérias que se associam a vegetais possuem a capacidade de colonizar as raízes e outros tecidos internos da planta, sendo consideradas promotoras de crescimento vegetal, produzem hormônios de crescimento como auxinas e giberelinas. Além de promoverem o crescimento vegetal, as rizobactérias provocam um aumento na disponibilidade de nutrientes para as plantas, pela solubilização de fosfato inorgânico (RODRÍGUEZ; FRAGA, 1999), e o maior crescimento de raiz favorecendo a absorção de nutrientes. A promoção de crescimento leva ao aumento na produção de grãos, crescimento da planta entre outros benefícios, que podem ser expressos pela massa da matéria seca de parte aérea ou raízes, como pela altura (COELHO et al., 2006).

A composição química quantitativa dos grãos é definida geneticamente, contudo poder ser, até certo ponto, influenciada pelas condições

ambientais a que foram submetidas às plantas que as originam. A disponibilidade de nutrientes no solo pode vir a influenciar a composição química dos grãos de forma que possa melhorar a sua qualidade nutricional, afetando desde o vigor das sementes até o potencial de armazenamento de grãos.

Dessa forma as práticas de manejo de adubação juntamente com a inoculação de *Pseudomonas fluorescens* na semente podem alterar tanto o acúmulo quanto a remobilização de nutrientes das diferentes partes da planta para os grãos, alterando assim a sua composição química e nutricional. Realizou-se o trabalho com o objetivo de avaliar o teor e o acúmulo de proteínas, de cinzas e de nutrientes em grãos de milho provenientes de plantas submetidas à inoculação com *Pseudomonas fluorescens* e cultivadas sob diferentes níveis de adubação NPK no solo.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado parte em condições de campo na Fazenda Escola e parte no Laboratório de Solos da Universidade Estadual de Londrina (FAZESC-UEL), localizada no município de Londrina-PR, que se encontra a 23°22' latitude Sul, 51°22' longitude Oeste de Greenwich, com altitude de 580 m. O clima característico da região de acordo com a classificação de Köppen é do tipo CFA, ou seja, clima subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes e geadas pouco freqüentes. As chuvas tendem a se concentrar nos meses de verão, sem estação seca definida e com precipitação média anual de 1.614 mm e insolação média anual de 7,05 horas por dia. A temperatura média anual é de 20,2°C, a média das temperaturas altas é de 27,0°C e a média das temperaturas mínimas é de 14,8°C. A umidade relativa do ar média é de 75% (IAPAR, 2008). As temperaturas máximas e mínimas diárias assim como, a precipitação pluvial diária durante o período de condução do experimento, obtidos junto a estação Meteorológica do Instituto Agrônômico do Paraná situada a 5 km da área experimental, estão apresentadas na Figura 2.1.

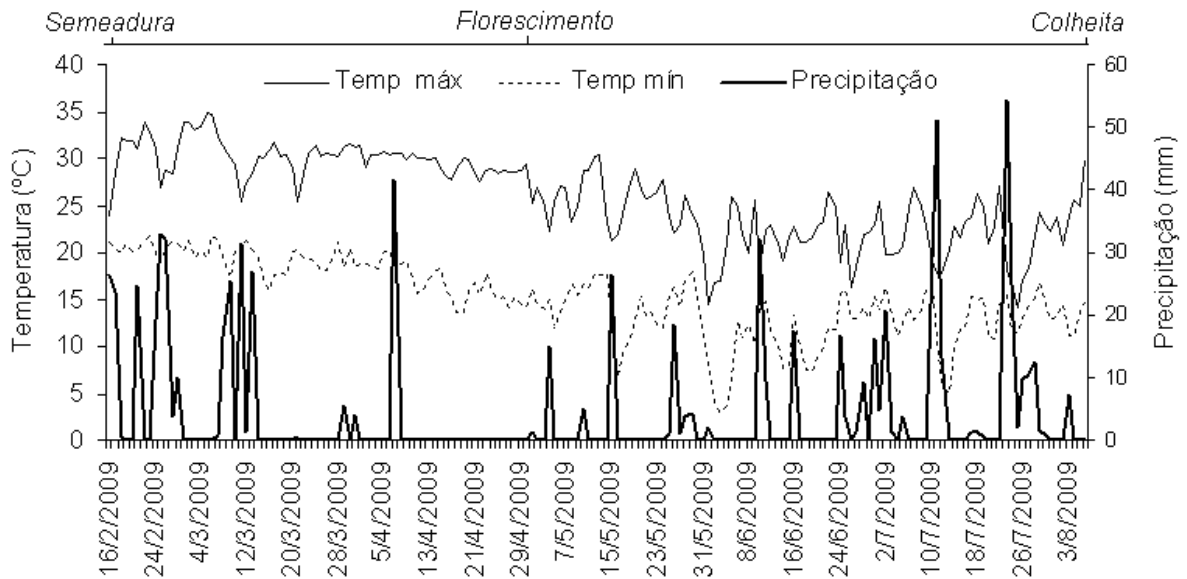


Figura 2.1 – Dados diários de temperaturas máximas e mínimas e de precipitação pluvial durante o período de condução do experimento em Londrina-PR.

A instalação do experimento foi realizada no dia 18 de fevereiro de 2009, seguindo as recomendações de época do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR, 2009) que recomenda a instalação da cultura de milho safrinha para a região de Londrina-PR até a data limite do dia 20 de março. Foi utilizada a cultivar de milho híbrido 30F35 Pioneer, que apresenta ciclo precoce, alto potencial produtivo e elevada capacidade de adaptação para a safrinha (PIONEER SEMENTES, 2009).

O experimento foi instalado em solo classificado como Latossolo Vermelho eutrófico (EMBRAPA, 1999). Previamente a instalação do experimento foram coletadas amostras de solo da área experimental a profundidade de 0-10 e 10-20 cm para análise química de acordo com a metodologia de Raij e Quaggio (1983). O solo foi preparado quando o mesmo apresentava condições adequadas de umidade, realizando-se uma aração e uma gradagem.

Foram testados seis tratamentos, utilizando o delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema fatorial 3x2, correspondente a três níveis de adubação NPK (0, 50 e 100% da recomendação) e dois de inoculante (com e sem), com 4 repetições. As adubações de 50% e 100% da recomendação de NPK foram calculadas com base nos resultados da análise química do solo (Tabela 1.1) e nas recomendações para a região (EMBRAPA, 2009). Foram utilizados 125 e

250 kg ha⁻¹ do formulado 08-28-16, no sulco de semeadura, para 50 e 100 % da recomendação, respectivamente.

Tabela 2.1 – Caracterização química do solo da área experimental na profundidade de 0-10 e 10-20 cm.

Prof. cm	Ph		H + Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	CTC	V	P
	CaCl ₂	H ₂ O							
0-10	5,3	6,0	4,2	5,7	1,5	0,9	12,3	66,27	10,51
10-20	5,1	5,7	4,9	4,6	1,2	0,4	11,1	55,53	6,46
Prof. (cm)	Mn	Fe	Cu	Zn	B	mg dm ⁻³			
0-10	224,2	64,99	17,40	12,26	0,66				
10-20	214,5	73,69	17,22	2,92	0,84				

* Extratores: Ca, Mg, Al: KCl; P, K: Mehlich-I; Mn, Fe, Cu, Zn: Mehlich-I; B: HCl 0,05 N

As sementes que receberam o inoculante foram tratadas momentos antes da semeadura. A dose do inoculante a base de *Pseudomonas fluorescens* utilizada foi de 140 mL ha⁻¹, sendo 100 mL de Rizofos liq Maíz e 40 mL de Premax R Protector, protetor bacteriano que melhora a sobrevivência das bactérias após a inoculação, sendo este misturado ao Rizofos liq Maíz antes da inoculação.

As parcelas foram constituídas de quatro linhas de cinco metros de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,9 m. Foram consideradas como parcela útil as duas linhas centrais, despresando-se 0,5 m das extremidades das mesmas. A semeadura foi realizada manualmente no sistema convencional de cultivo. Para atingir a densidade de aproximadamente 55.000 plantas ha⁻¹ realizou-se o desbaste na fase de desenvolvimento V3, utilizando a escala fenológica da cultura proposta por Ritchie, Hanway e Benson (1986).

Durante o desenvolvimento da cultura a área experimental foi monitorada com relação às pragas, doenças e plantas daninhas. Houve a necessidade de controle de vaquinha (*Diabrotica speciosa*) devido à desfolha causada pelo inseto adulto no estágio V₃ da cultura. Utilizou-se *Teflubenzuron* na dosagem de 100 mL ha⁻¹. A eliminação de plantas daninhas foi realizada mediante capina manual.

A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada aos 35 dias após a emergência das plântulas, (estádio V₆), com aplicação de 80 kg ha⁻¹ de N (uréia),

para todos os tratamentos. A colheita foi realizada manualmente no estágio 10 (grãos com teor de água de 20%), na área útil da parcela.

Após a colheita os grãos obtidos na área útil da parcela foram amostrados e secos até atingirem massa constante, triturados para determinação da composição mineral, teor protéico e cinzas. Determinou-se os teores de P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn de acordo com as metodologias descritas por Malavolta et al. (1997). O teor total de N foi determinado pelo método Kjeldahl AOAC, (1995) sendo convertido em teor de proteína pelo uso do fator 6,25. De acordo com IAL (1985) determinou-se a % cinzas. O acúmulo de nutrientes, proteínas e cinzas foram obtidos com base no teor dos grãos e produtividade de grãos da área útil da parcela, expressos em quantidade por hectare.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade seguindo o delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições, em esquema fatorial de 3x2 (três níveis de adubação NPK e dois níveis de inoculação). Os dados médios das leituras do teor e acúmulo de Manganês e do acúmulo de Zn foram transformados para raiz quadrada de $Y + 0.5$, visto a ocorrência de valores baixo do limite de detecção da leitura do aparelho.

Resultados e Discussão

Os teores e acúmulo de N total nos grãos não apresentaram variação significativa em função dos níveis de adubação e de inoculação (Tabela 2.2). Os teores médios situaram-se entre 14,4 e 15,4 g kg⁻¹, abaixo dos descritos como adequados (17 g kg⁻¹) por RAIJ, et al. (1996). Contudo, valores semelhantes aos obtidos neste trabalho foram também verificados por Duete, et al (2009), que estudaram o acúmulo de nitrogênio pelos grãos de milho quando o nutriente foi aplicado ao solo sob as formas amoniacal e nítrica, do nitrato de amônio, comparado à amídica, da uréia, marcados com ¹⁵N. Estes autores verificaram que os teores de N total nos grãos não apresentaram ampla variação em função das distintas fontes de N, ficando os valores entre 13,7 e 17,5 g kg⁻¹.

Constatou-se diferença significativa para os teores de P e K nos grãos de milho para efeito isolado de inoculação, já para o efeito de adubação e a

interação entre estes fatores não houve significância (Tabela 2.2). A presença de inoculação favoreceu os teores de P e K independente do nível de adubação estudado. Os teores médios de P encontrados nos grãos foram de 1,17 a 1,46 g kg⁻¹ e para K foram de 2,72 a 3,01 g kg⁻¹. Mesmo com os acréscimos devido a inoculação com *P. fluorescens*, os teores ficaram abaixo dos descritos como adequados por RAIJ, et al. (1996) que é de 4 e 5 g kg⁻¹ de grãos para P e K respectivamente. Embora os teores de P e K tenham sido favorecidos pela inoculação, os acúmulos destes nutrientes nos grãos não foram alterados pela inoculação, pelos níveis de adubação e pela interação destes fatores.

Fernandes et al. (2008) avaliaram o efeito do inoculante Rizofós (*Pseudomonas fluorescens*) e adubação fosfatada no crescimento e produtividade de *Panicum maximum* cv. Mombaça e constataram que o inoculante proporcionou aumento nos teores foliares de P, Ca e Mg, não interferindo na produtividade de massa de matéria seca. A adubação fosfatada proporcionou aumento na taxa de alongamento foliar, sem reflexo nos teores foliares, nos demais componentes morfogênicos e na produtividade de massa de matéria seca. Os gêneros bacterianos *Pseudomonas*, *Bacillus* e *Agrobacterium* possuem habilidades para solubilizar fosfatos de compostos inorgânicos, podendo o crescimento vegetal ser influenciado de forma direta, pelo aumento na disponibilidade de nutrientes para as plantas, ou indireta quando as bactérias promovem o aumento do sistema radicular possibilitando uma melhor exploração do solo e conseqüentemente maior absorção de nutrientes e principalmente do fósforo, que é absorvido por difusão (RODRÍGUEZ; FRAGA, 1999).

Os diferentes níveis de adubação, a presença e ausência de inoculação e a interação entre estes fatores não mostraram efeitos significativos para os teores e acúmulo de Ca e Mg (Tabela 2.2). Crusciol et al (2003) avaliaram os teores de nutrientes nos grãos do arroz de terras altas, obtidos em experimentos de campo com diferentes lâminas de água e níveis de adubação mineral com NPK, e constataram que os teores de nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Cu e Mn nos grãos brunidos e a qualidade industrial dos mesmos não foram afetados pelo aumento da adubação mineral em solo com teores adequados de nutrientes, assim como também observado nesse estudo para a cultura do milho. Já Ferreira et al. (2001) encontraram efeitos positivos na qualidade dos grãos de milho, com o

aumento nos teores de proteína e dos nutrientes minerais P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn em consequência do aumento na adubação nitrogenada. O nitrogênio absorvido pelas plantas combina com esqueletos carbônicos para a produção de aminoácidos, os quais resultam em proteínas que ficam armazenadas nos tecidos vegetais. Por ocasião da fase de enchimento de grãos estas reservas são quebradas, translocadas e armazenadas nestes órgãos, na forma de proteínas e aminoácidos (MARSCHNER, 1995).

Tabela 2.2 – Teores (g kg^{-1}) e acúmulos (kg ha^{-1}) médios de N, P, K, Ca e Mg em grãos de milho provenientes de plantas cultivadas sob diferentes níveis de adubação NPK e inoculação das sementes com *Pseudomonas fluorescens* Londrina-PR, 2009.

Causas de variação	Variáveis analisadas									
	N		P		K		Ca		Mg	
	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo
Adubação (%)										
0	15,40	39,94	1,25	3,26	2,82	7,32	2,76	7,38	1,37	3,61
50	15,03	39,05	1,28	3,22	2,85	7,43	2,47	6,92	1,24	3,22
100	14,39	41,18	1,40	4,37	2,92	8,88	2,35	7,17	1,35	4,14
Inoculação										
Sem	15,11	41,5	1,17 b	3,30	2,72 b	7,66	2,62	7,62	1,24	3,54
Com	14,77	38,72	1,46 a	3,93	3,01 a	8,09	2,44	6,7	1,41	3,77
Valor de F										
Adubação (A)	0,18 ns	0.096 ns	0,52 ns	2,94 ns	0,26 ns	2,11 ns	1,34 ns	0,06 ns	1,00 ns	2,01 ns
Inoculação (I)	0,06 ns	0.523 ns	4,65 *	1,99 ns	6,02 *	0,40 ns	0,71 ns	0,82 ns	4,32 ns	0,36 ns
A * I	2,63 ns	1.037 ns	0,13 ns	1,13 ns	2,84 ns	0,47 ns	0,90 ns	0,56 ns	0,74 ns	1,01 ns
CV (%)	23,07	24.37	25,23	29.72	9,98	21,53	20,15	34,66	15,28	25,41

^{ns} Não-significativo, *Significativo a 5%de probabilidade.

Os diferentes níveis de adubação, a presença e ausência de inoculação e a interação entre estes fatores não mostraram efeitos significativos para os teores e acúmulo de Fe, Mn e Zn nos grãos de milho (Tabela 2.3). NAKAGAWA; ROSOLEM (2005) avaliaram o efeito de doses de P e K sobre os teores de nutrientes nas folhas e grãos de aveia-preta e, também verificaram que os teores de Fe, Mn e Zn nos grãos não foram influenciados pelas doses de fósforo e potássio aplicados no solo. No entanto, Gallo, Teixeira e Spoladore (1976) avaliaram os efeitos da aplicação anual continuada de sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio, em ensaios permanentes com milho conduzidos em dois solos, na nutrição mineral e sua relação com os teores e composição da proteína, e minerais das sementes. Estes fatores constataram que houve efeito significativo da adubação na produção e na composição química das folhas e dos grãos. Os teores de Mg, Mn, P, Ca, S, Fe, Zn e proteína nos grãos foram significativamente mais elevados em função da adubação com sulfato de amônio.

Constatou-se diferença significativa para o teor de Cu nos grãos de milho em função da adubação, contudo o acúmulo de Cu não foi influenciado pelos tratamentos (Tabela 2.3). O nível zero de adubação apresentou maior teor de Cu no grão, diferindo dos resultados obtidos por Crusciol et al (2003) que não verificaram influência da adubação NPK sobre o teor de Cu.

Os diferentes níveis de adubação, a presença e ausência de inoculação e a interação entre estes fatores não se mostraram significativos para a porcentagem de proteína e cinzas nos grãos de milho, como pode ser observado na Tabela 2.4. Relatos semelhantes foram constatados por POMEER; SAWAZAKI (1981), que estudaram a influência da adubação mineral contínua, em dois ensaios permanentes, sobre o teor percentual de proteína nos grãos de milho. O teor percentual de proteína na matéria seca dos grãos não foi alterado significativamente pela adubação contínua com NPK em Campinas – SP. Já em Mococa – SP o teor protéico percentual foi influenciado significativamente pelo nitrogênio. Contudo, Ferreira et al. (2001) encontraram efeitos positivos na qualidade dos grãos de milho, com o aumento nos teores de proteína em consequência do aumento na adubação nitrogenada. Gallo, Teixeira e Spoladore (1976) obtiveram efeito significativo da adubação na produção e na composição química das folhas e dos grãos. Para grãos a porcentagem de proteína foi significativamente mais elevada.

Tabela 2.3 – Teores (mg kg^{-1}) e acúmulos (g ha^{-1}) médios de Fe, Mn, Cu e Zn em grãos de milho provenientes de plantas cultivadas sob diferentes níveis de adubação NPK e inoculação das sementes com *Pseudomonas fluorescens* Londrina-PR, 2009.

Causas de variação	Variáveis analisadas							
	Fe		Mn		Cu		Zn	
	Teor	Acumulo	Teor	Acumulo	Teor	Acumulo	Teor	Acumulo
Adubação (%)								
0	75,95	183,88	1,48	5,36	5,22 a	14,11	9,02	23,38
50	64,45	116,95	1,33	4,36	4,85 ab	13	12,12	31,55
100	70,75	208,83	1,26	3,84	3,47 b	10,53	11,81	36,2
Inoculação								
Sem	73,12	193,94	1,50	5,21	4,70	13,52	11,38	34,85
Com	67,66	175,84	1,21	3,84	4,32	11,55	10,60	25,90
Valor de F								
Adubação (A)	0,57 ns	1,67 ns	0,26 ns	0,17 ns	5,11 *	2,23 ns	0,66 ns	0,93 ns
Inoculação (I)	0,40 ns	0,75 ns	1,34 ns	0,40 ns	0,66 ns	1,94 ns	0,11 ns	1,33 ns
A * I	0,24 ns	1,17 ns	0,34 ns	0,49 ns	0,74 ns	1,25 ns	1,00 ns	0,15 ns
CV (%)	30,52	27,76	44,80	58,47	25,51	27,58	53,87	31,78

^{NS} Não significativo, *Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 2.4 – Teores (g kg^{-1}) e acúmulos (kg ha^{-1}) de proteína e cinzas (%) em grãos de milho provenientes de plantas cultivadas sob diferentes níveis de adubação NPK e inoculação das sementes com *Pseudomonas fluorescens* Londrina-Pr, 2009.

Causas de variação	Variáveis analisadas			
	proteína		cinzas	
Adubação (%)	Teor	Acúmulo	Teor	Acúmulo
0	117,4	310,00	15,70	40,75
50	113,8	293,50	16,00	41,40
100	115,8	333,50	16,50	47,20
Inoculação				
Sem	116,1	316,50	16,20	44,10
Com	115,3	302,05	15,90	42,10
Valor de F				
Adubação (A)	0,39 ns	1,18 ns	0,40 ns	2,15 ns
Inoculação (I)	0,06 ns	0,41 ns	0,09 ns	0,50 ns
A * I	3,17 ns	1,44 ns	1,96 ns	0,97 ns
CV (%)	6,92	17,88	11,94	16,08

^{Ns} Não significativo, *Significativo a 5% de probabilidade.

As menores porcentagens de cinzas ocorreram na ausência de adubação, devido à menor disponibilidade de minerais no solo. Embora não tenha diferido em função da adubação, o teor de cinzas apresenta-se crescente em função do aumento nos níveis de adubação, pois, segundo Ferreira et al. (2001), a disponibilidade de minerais no solo influencia a composição mineral foliar e esta, por sua vez, a composição mineral dos grãos de milho.

As condições climáticas durante o ciclo da cultura não foram ideais para o desenvolvimento das plantas, ocasionando, devido a restrições hídricas em fases críticas da cultura, redução na produtividade e, conseqüentemente, no acúmulo de proteína, de cinzas e de nutrientes. Além disso, as condições climáticas desfavoráveis pode também ter afetado o teor de nutrientes nos grãos, bem como o de proteína e cinzas.

As rizobactérias exercem efeitos benéficos ao promover o crescimento vegetal e, isso ocorre devido ao aumento da disponibilidade de nutrientes para as plantas, pela solubilização de fosfato inorgânico (RODRÍGUEZ; FRAGA, 1999), e pelo maior crescimento de raiz favorecendo a absorção de nutrientes, e o teor e acúmulo de nutrientes nos grãos. As condições climáticas

durante o período de condução do experimento não foram adequadas para a cultura do milho, pois ocorreu escassez hídrica e baixa temperatura com registros de geadas (Figura 2.1). A remobilização dos nutrientes móveis para os grãos de milho também foram afetados pela ausência de precipitação, pois para absorção e translocação de minerais pela planta é necessário umidade no solo. Além de comprometer o desenvolvimento e potencial produtivo da cultura do milho possivelmente as condições desfavoráveis de clima afetou também a sobrevivência, a estabilidade, a multiplicação e a associação das rizobactérias com a cultura. Portanto é necessário dar continuidade aos estudos com *Pseudomonas fluorescens* na cultura do milho em condições climáticas favoráveis, em que a adubação e a inoculação com *P. fluorescens* possam expressar seus possíveis efeitos sobre o desenvolvimento e nutrição da planta e, conseqüentemente, sobre a qualidade nutricional do grão.

Conclusão

A aplicação de *Pseudomonas fluorescens* via inoculação incrementou os teores de P e K dos grãos de milho, independente dos níveis de adubação.

Os teores dos nutrientes, de proteína e de cinzas dos grãos de milho não foram favorecidos pelos níveis de adubação mineral, com exceção do Cu que aumentou com a elevação dos níveis de adubação.

A inoculação com *P. fluorescens* e adubação mineral não incrementaram o acúmulo de nutrientes, proteína e cinzas nos grãos.

Referências

ANDREOTTI, M.; SOUZA, E. C. A. de; CRUSCIOL, C. A. C. ; RODRIGUES, J. D.; BÜLL, L. T. Produção de matéria seca e absorção de nutrientes pelo milho em razão da saturação por bases e da adubação potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v. 35, n. 12, p. 2437-2446, 2000

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16. ed. Washington, D. C., 1995. v. 2.

CARMO, C. A. F. S.; MENEGUELLI, N. A.; MACEDO, J. R.; CAPECHE, C. L.; MELO, A. S.; SILVA, E. F. Acúmulo de nutrientes em milho cultivado em Nitossolo degradado sob diferentes fontes de adubação. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 15, n. 2, jul./dez., 2003.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. **Seja o doutor do seu milho**: nutrição e adubação. Piracicaba: POTAFOS, 1995. p 1-9. Arquivo do Agrônomo, n.2, 2. ed. ampliada e totalmente modificada. Encarte de Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 71, 1995.

COELHO, A. M.; WAQUIL, J. M.; KARAM, D.; CASELA, C. R.; RIBAS, P. M. **Seja o doutor do seu sorgo**. Piracicaba: POTAFOS, 2002. p 1-24. Arquivo do Agrônomo, n.14, Encarte de Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 100, 2002.

COELHO, L. F. **Interação de *Pseudomonas spp.* e de *Bacillus spp.* com diferentes rizosferas**. 2006. Mestrado – IAC: Instituto Agronômico, Campinas.

CONAB: **Acompanhamento da safra Brasileira**: grãos: Décimo segundo levantamento, setembro 2009/ Companhia Nacional de Abastecimento – Brasília: CONAB, 2009.

CRUSCIOL, C. A. C.; ARF O.; SORATTO, R. P.; MACHADO, J.R. Qualidade industrial e teores de nutrientes dos grãos do arroz de terras altas sob diferentes lâminas de água e níveis de adubação mineral. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 409-415, 2003.

DUETE, R. R. C.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C.; AMBROSANO, E. J.; TRIVELIN, P. C. O. Acúmulo de nitrogênio (^{15}N) pelos grãos de milho em função da fonte nitrogenada em Latossolo vermelho. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.2, p.463-472, 2009.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

_____. **Importância da cultura do milho**. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho/importancia.htm> >. Acesso em: 06 maio 2008.

_____. **Nutrição e adubação do milho**. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/feraduba.htm>>. Acesso em 15 fev. 2009.

FERNANDES, J. C. ANDREOTTI, M.; PARIZ, C. M.; CAVASANO, F. A.; ULIAN, N. A.; CAVALLINI, M. C. Crescimento e produtividade de forragem do *Panicum maximum* cv. Mombaça em função da inoculação com Rizofós (*Pseudomonas fluorescens*) e adubação fosfatada. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 28; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 12; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 10; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 7, 2008, Londrina. **Anais...** Londrina: Fertibio, 2008b.

FERNANDES, L. A.; VASCONCELOS, C. A.; FURTINI NETO, A. E.; ROSCOE, R.; GUEDES, G. A. de A. Preparo de solo e adubação nitrogenada na produção de grãos e matéria seca e acúmulo de nutrientes pelo milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.9, p.1691-1698, 1999.

FERREIRA, A. C. B.; ARAÚJO, G. A. A.; PEREIRA, P. R. G.; CARDOSO, A. A. Características agrônômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.1, p.131-138, jan./mar. 2001.

FORNASIERE FILHO, Domingos. **Manual da cultura do milho**. São Paulo: FUNEP, 2007.

GALLO, J. R.; TEIXEIRA, J. P. F.; SPOLADORE, D. S. Influência da adubação nas relações entre constituintes químicos dos grãos, dos grãos e das folhas, e a produção de milho. **Bragantia**, Campinas, v.35, n. 36, p. 413-432, dez. 1976.

GRANT, C. A.; FLATEN, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. **Importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta**. Piracicaba: Potafos, 2001. p.1-5. (Inf. Agrônômicas, n. 95).

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. v. 1.

IAPAR. **Monitoramento Agroclimático do Paraná**. Disponível em: <<http://200.201.27.14/Site/Sma/Index.html>>. Acesso em: 20 abr. 2008.

_____. **Zoneamento climático**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1089>>. Acesso em: 30 jan. 2009.

KLOEPPER, J. W.; LIFSHITZ, R.; SCHROTH, M.. Pseudomonas inoculants to benefit plant production. **ISI Atlas of Science: Animal and Plant Science**. p.60-64, 1988.

LYNCH, J. M. Microbial interaction around imbibed seeds. **Annals of Applied Biology** 8989, p.165-167. 1978.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MARSARO JÚNIOR, A. L.; LAZZARI, S. M. N.; SOUZA, J. L.; LAZZARI, F. A.; CÂNDIDO, L. M. B. Influência de diferentes sistemas de adubação na composição nutricional do milho *Zea mays* L. (Poaceae) e seus efeitos no ataque de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleóptera: Curculionidae) no produto armazenado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n.1, p. 51-64, jan./mar. 2007.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant**. 2. ed. New York: Academic Press, 1995.

NAKAGAWA, J; ROSOLEM, C. A. Teores de nutrientes da folha e nos grãos de aveia-preta em função da adubação com fósforo e potássio. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.3, p.441-445, 2005.

PAES, M. C. D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Sete Lagoas, MG, dez 2006. (Circular Técnica, 75).

PIONNER SEMENTES. **Híbridos de milho: 30F35**. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/ProdutosDetalheMilho.aspx?id=65&gclid=CNK2wLums54CFYce7godKW2yag>>. Acesso em: 30 nov. 2009.

POMMER, C. V; SAWAZAKI, E. Influência da adubação mineral continua na produção de proteína e no seu teor percentual nos grãos de milho. **Bragantia**, Campinas, v. 40, n. 9, maior 1981.

RAIJ, B. V. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. (Boletim técnico, 100)

RAIJ, B. V.; QUAGGIO, A. J. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas : Instituto Agrônômico, 1983.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1986. (Special Repórter, 48)

RODRÍGUEZ, H.; FRAGA, R. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. **Biotechnology Advances**, v. 17, p. 319-339, 1999.

SOBRINHO, W. N.; SANTOS, R. V., MENEZES JÚNIOR, J. C.; SOUTO, J. S. Acúmulo de nutrientes nas plantas de milho em função da adubação orgânica e mineral. **Caatinga**, Mossoró, v.22, n.3, p.107-110, jul./set. 2009.

SOTTERO, A. N.; FREITAS, S. S.; MELO, A. M. T.; TRANI, P. E. Rizobactérias e alfaca: colonização rizosférica, promoção de crescimento e controle biológico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n. 2, p.225-234, 2006.

TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A.; BORKERT, C. M. Nutrição mineral da soja. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. (Org.). **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: Potafós, 1997. p. 109-110.

VASCONCELOS, C. A.; VIANA, M. C. M.; FERREIRA, J. J. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em milho cultivado no período inverno-primavera. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 11, p. 1835-1845, 1998.

ZHANG, F.; MACKENZIE A. F.; SMITH, D. L. Nitrogen fertilizer and protein, lipid, and non-structural carbohydrate concentrations during the course of maize kernel filling. **Journal of Agronomy & Crop Science**, v.172, p.171-181, 1994.

CONCLUSÕES

A adubação com 100% da recomendação independente da inoculação com *P. fluorescens* proporcionou maior altura de planta e maior comprimento de espiga.

Independente do nível de adubação a inoculação com *P. fluorescens* resultou menor altura de planta e de inserção de espiga, contudo favoreceu o diâmetro da espiga.

O nível de 100% de adubação na presença de *P. fluorescens* aumentou o comprimento de espiga, o peso de espiga, a massa de 100 grãos e a produtividade.

A presença de *P. fluorescens* no nível de 100% de adubação promoveu aumento no número de grãos por fileira, no diâmetro da espiga e no peso de espiga.

A aplicação de *Pseudomonas fluorescens* via inoculação incrementou os teores de P e K dos grãos de milho, independente dos níveis de adubação.

Os teores dos nutrientes, de proteína e de cinzas dos grãos de milho não foram favorecidos pelos níveis de adubação mineral, com exceção do Cu que aumentou com a elevação dos níveis de adubação.

A inoculação com *P. fluorescens* e adubação mineral não incrementaram o acúmulo de nutrientes, proteína e cinzas nos grãos.