

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS CURITIBANOS**

LEONARDO PELLIZZARO TAGLIARI

Inoculação de *Azospirillum brasilense* associada à adubação nitrogenada na cultura do milho cultivado sobre palhada de aveia e nabo.

**CURITIBANOS
2014**

LEONARDO PELLIZZARO TAGLIARI

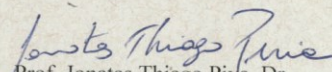
Inoculação de *Azospirillum brasilense* associada à adubação nitrogenada na cultura do milho cultivado sobre palhada de aveia e nabo.

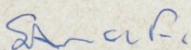
**CURITIBANOS
2014**

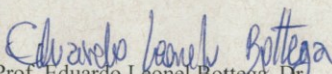
LEONARDO PELLIZZARO TAGLIARI

Inoculação com *Azospirillum brasilense* associada à adubação nitrogenada na cultura do milho cultivado sobre palhada de aveia e nabo

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Universidade Federal de Santa Catarina campus Curitibanos, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Agrônômica, campus Curitibanos. Sob a orientação do professor Jonatas Thiago Piva.


Prof. Jonatas Thiago Piva, Dr.
Presidente da Banca - Orientador


Prof. Samuel Luiz Fioreze Dr.
Membro


Prof. Eduardo Leonel Bottega, Dr.
Membro

Curitibanos, SC, 03 de julho de 2014.

Resumo: várias projeções revelam que para os próximos anos haverá um aumento populacional global, o que obrigará o aumento da produção de alimentos, principalmente no Brasil. No Brasil a ureia representa a forma mais utilizada como fonte de nitrogênio, pelo fato de apresentar elevada concentração de N por unidade de produto (45%). O milho necessita de calor e umidade para a realização de processos do metabolismo primário, bem como a translocação de fotoassimilados. O uso de inoculantes que contenham microrganismos que consigam promover o crescimento e possivelmente aumentar a produtividade é uma destas tecnologias estudadas. Em termos agrícolas essas bactérias disponibilizam para a planta somente uma fração do nitrogênio associado e por este motivo, este tipo de associação supre apenas parcialmente as necessidades da planta. A aplicação via solução nas sementes do inoculante Masterfix® Gramíneas, contendo a bactéria diazotrófica *Azospirillum brasilense*, acompanhada ou não com nitrogênio não interferiu no desenvolvimento da cultura do milho, o que não proporcionou incremento na produtividade, nas condições de solo e clima onde foi realizado esse estudo.

Palavras chave: produtividade, *Zea mays*, fixação biológica de N, plantio direto.

SUMÁRIO

1. TÍTULO	6
2. JUSTIFICATIVA	5
3. REFERENCIAL TEÓRICO	6
3.1 MILHO – <i>Zea mays</i> (L)	6
3.2 DOMESTICAÇÃO E EVOLUÇÃO DO CULTIVO DO MILHO NO BRASIL	6
3.3 PRODUÇÃO MUNDIAL DE MILHO	7
3.4 PRODUÇÃO DE MILHO NO BRASIL	8
3.5 PRODUÇÃO DE MILHO EM SANTA CATARINA	9
3.6 O CULTIVO DO MILHO EM CURITIBANOS – SANTA CATARINA	9
3.7 NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO NO MILHO	10
3.7.1 Nitrogênio	10
3.7.2 Fósforo	12
3.7.3 Potássio	12
3.8 ECOFISIOLOGIA E FENOLOGIA	13
3.9 BACTÉRIAS PROMOTORAS DO CRESCIMENTO DE PLANTAS	16
3.9.1 Gênero <i>Azospirillum</i>	16
3.9.2 Fixação de N	17
3.9.3 Benefícios da associação de <i>Azospirillum</i> com gramíneas	17
4. OBJETIVOS	18
4.1 Objetivo geral	18
4.2 Objetivos específicos	18
5. METODOLOGIA	18
5.1. Descrição da área	19
5.2. Implantação do experimento	19
5.3. Avaliações realizadas	20
5.4. Delineamento e análises estatísticas	21
6. RESULTADOS	21
7. CONCLUSÕES	26
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

1. TÍTULO

Inoculação de *Azospirillum brasilense* em milho com e sem o uso de nitrogênio em plantio direto sob diferentes resíduos de plantas de cobertura.

2. JUSTIFICATIVA

Várias projeções revelam que para os próximos anos haverá um aumento populacional global, o que obrigará o aumento da produção de alimentos, principalmente no Brasil, fazendo com que se busquem alternativas mais eficientes de produção, para que se evite a abertura de novas áreas de cultivo, as quais causam possível degradação ambiental. Atualmente se exige de todo o setor produtivo, principalmente do brasileiro, por ainda possuir considerável área verde preservada, a sustentabilidade nos sistemas produtivos o que exige a aplicação de tecnologias que permitam o aumento da produção, sem a necessidade de abertura de novas áreas de cultivo.

Devido ao grande potencial tecnológico investido atualmente nas práticas agrícolas e de cultivo no Brasil, uma das culturas que vem se destacando é a do milho, colocando segundo o DEAGRO/FIESP (2014) o país na terceira posição mundial em produção, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e da China.

São vários os fatores tecnológicos que auxiliam as técnicas tradicionais a estabelecer patamares produtivos mais elevados na cultura do milho, destacando-se a técnica complementar de utilização de inoculante fixador de nitrogênio. Atualmente a utilização de inoculantes contendo a bactéria *Azospirillum brasilense* vêm se difundindo, de acordo com os fabricantes deste produto, esta bactéria é a responsável pela fixação do nitrogênio do ar (N_2), liberando amônio (NH_4) às raízes do milho (STOLLER, 2013).

Diante do exposto, o inoculante se corretamente utilizado pode ser mais um aliado ao produtor rural para o aumento da sua produção, e conseqüentemente, obter uma maior lucratividade. O inoculante para gramíneas já vem sendo utilizado na região, neste contexto o principal objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento e a produção de milho com o uso de inoculante e nitrogênio sobre resíduos de diferentes plantas de cobertura de inverno em plantio direto.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 MILHO – *Zea mays* (L)

Sendo um dos principais cultivos do mundo, o milho pode apresentar várias formas de utilização, como, por exemplo, servir de fonte de alimento, principalmente para a fabricação de ração animal, além de fazer parte de uma série de alimentos dele derivados. Neste sentido, a necessidade de desenvolvimento e avaliação de novas tecnologias que resultem em uma maior produtividade, aumento dos lucros, e produção de um alimento de melhor qualidade se faz necessário.

3.2 DOMESTICAÇÃO E EVOLUÇÃO DO CULTIVO DO MILHO NO BRASIL

Possivelmente, a cultura do milho tenha sido observada nas regiões da América Central, pelo até então navegador Cristóvão Colombo (DOEBLEY et al., 1994). Ao passar do tempo, com o início da colonização dos territórios americanos o milho começou a ser encontrado em outros locais do planeta, como por exemplo, países da Europa (WHITE et al., 1998). O milho nessa mesma época, já era cultivado desde o Chile até a parte sul do Canadá e ainda pouco cultivado no país que hoje é o maior produtor, os Estados Unidos (MACHADO et al., 1998), sendo muito utilizado como fonte de alimento pelos povos indígenas da região.

Quanto ao local de domesticação, acredita-se que possivelmente tenha ocorrido no México (PATERNIANI et al., 1987), pelo simples fato de existir nas proximidades os diversos gêneros de teosintos, sendo esta a proposta mais aceita quanto a origem do milho (PATERNIANI et al., 1999). Vale destacar que a domesticação da espécie *Zea mays* contribuiu para o crescimento e manutenção das civilizações, tornando-se hoje referência na economia mundial, sendo considerada uma das principais *commodities* do agronegócio, fundamental no processo de rotação de culturas em plantio direto.

O principal marco desta época se deu com o aumento das pesquisas relacionadas a cultura do milho, a partir da criação de programas de melhoramento pela secretaria da agricultura da cidade de Veranópolis, estado do Rio Grande do Sul. Buscava-se com isso, realizar uma seleção na qual o resultado fosse uma população com um alto teto produtivo e também, com uma boa uniformidade facilitando, portanto, a colheita (MUNDSTOCK, 2013).

Com o aumento da procura por sementes de milho, teve aumento do número de empresas comercializadoras do produto. Diante disso, os híbridos introduzidos no mercado suportavam maiores densidades de plantio, chegando até 55 mil plantas por hectare, uma baixa altura de planta e logicamente, a inserção da espiga também era baixa facilitando de certa forma a colheita mecanizada, pelo alto padrão que apresentavam no sentido de uniformidade de maturação e secagem (GALINAT, 1985).

Com todo esse avanço das características dos híbridos disponíveis no mercado e dos equipamentos a produtividade atingiu patamares de até oito mil quilos por hectare (MACHADO et al., 1998). Nessa década iniciaram-se os primeiros experimentos relacionados com o manejo da adubação nitrogenada, sendo comprovado o incremento de produtividade e por este motivo, iniciou então a adubação de cobertura no milho (BUCKLER et al., 2005).

3.3 PRODUÇÃO MUNDIAL DE MILHO

De acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), a safra 2013/14 de milho está estimada em 967 milhões de toneladas, superando em cerca de 10% a produção registrada na safra anterior (DEAGRO/FIESP, 2014). Com base nisso, é possível estabelecer a produção dos principais países e sendo assim, a China terá uma produção estimada em cerca de 217 milhões de toneladas, tendo um crescimento de 6% sobre a safra 2012/13 (DEAGRO/FIESP, 2014). Esse crescimento pode estar relacionado com as boas condições climáticas do país e com o aumento da área plantada. Os Estados Unidos, por sua vez, apresentaram um crescimento de 29% maior em relação à safra 2012/13, resultando em uma produção de, aproximadamente 355 milhões de toneladas (DEAGRO/FIESP, 2014).

No mesmo sentido, as expectativas em relação ao consumo do cereal também aumentaram em relação à safra 2012/13, tendo um crescimento de 8,5%, sendo talvez, resultado da forte demanda americana para a produção de etanol. Desta maneira, os estoques de milho nos principais países produtores tiveram um aumento na ordem de 9% na China e cerca de 98% nos Estados Unidos (DEAGRO/FIESP, 2014). A Tabela a seguir mostra os estoques mundiais de milho em milhões de toneladas.

Tabela 1. Estoque mundial de milho em milhões de toneladas.

Países	Safras		Varição
	2012/2013	2013/2014	%
China	65,6	71,5	9,0
EUA	20,9	41,4	98,7
Brasil	14,0	9,8	(-)30,0
UE28	5,4	5,6	3,4
Demais	27,2	32,0	17,6
Mundo	133,0	160,2	20,5

Fonte: DEAGRO/FIESP (2014)

3.4 PRODUÇÃO DE MILHO NO BRASIL

Após o recorde de produção na safra 2012/13, o milho apresentou uma queda na ordem de 6%, segundo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diante disso, a safra total de milho ficou estimada em 76 milhões de toneladas, tendo uma queda de 5% em relação à safra anterior. Além disso, a área plantada teve uma redução de 3,7% em comparação com a safra passada, sendo o Paraná o estado que apresentou maior redução, seguido de Goiás com uma redução de aproximadamente 92 milhões de hectares e por fim, Minas Gerais com uma redução de 63 milhões de hectares (QUAINO, 2014).

Não obstante, as projeções para o cultivo e produção de milho de segunda safra são promissoras, lembrando que segundo a Conab (2014), nos últimos 10 anos a produção de milho foi aumentada em torno de 58% na participação total de produção da cultura. Porém, devido as intempéries climáticas a produção de segunda safra é preocupante, além disso, a principal preocupação está direcionada aos possíveis danos na parte aérea do milho, devido ao ataque da lagarta *Helicoverpa armingeri* (CONAB, 2014).

3.5 PRODUÇÃO DE MILHO EM SANTA CATARINA

No estado de Santa Catarina, o grão com maior importância é o milho, indubitavelmente, devido ao crescente rebanho de aves e suínos no oeste do estado. Entretanto, a produção vem crescendo consideravelmente nos últimos anos, mesmo apresentando na última safra uma redução de área plantada. Segundo Bueno (2014), o

aumento da produtividade deve-se ao maior nível tecnológico dos híbridos, como também o correto manejo destes em relação à fertilidade do solo, época, densidade e velocidade de semeadura. Dentre as tecnologias utilizadas, a mecanização das operações de semeadura, tratos culturais e colheita merece destaque, pois incrementou a capacidade de trabalho, tornando possível o cultivo de extensas áreas em um curto espaço de tempo.

De acordo com Bueno (2014), os produtores catarinenses vêm optando nos últimos anos, por híbridos mais precoces devido aos problemas enfrentados no estado, especialmente no oeste, relacionados com o excesso de calor e com deficiência hídrica.

A produtividade média do cereal na safra catarinense 2013/14 foi estimada em sete mil quilos por hectare (BUENO, 2014) caso esta produtividade se concretize, o estado poderá atingir uma produção de três milhões de toneladas.

3.6 O CULTIVO DO MILHO EM CURITIBANOS – SANTA CATARINA

A região de Curitiba apresentou, na safra 2009/10, uma área plantada de sete mil hectares da cultura, apresentando rendimento médio de sete mil e quinhentos quilos por hectare, totalizando uma produção de aproximadamente 52.500 toneladas (IBGE, 2010). Isso traz como benefício para a cidade, um maior investimento de empresas ligadas ao ramo, desde concessionárias de máquinas agrícolas até cooperativas. Entretanto, o aumento da produtividade se faz necessário, bem como redução dos custos, garantindo, portanto, um bom retorno econômico para o produtor.

3.7 NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO NO MILHO

Com a melhoria na qualidade das sementes de milho, nos últimos anos tem-se buscado aumentar os índices de fertilidade dos solos, objetivando incrementar a produtividade. Com isso, passou-se a ser realizado o correto manejo de práticas culturais, como, por exemplo, o plantio direto na palhada e a rotação de culturas, bem como a correção de alumínio e acidez em profundidade através de calagem, gessagem e outros. Entretanto, Quaggio (1982) destaca que para que se obtenham bons resultados, primeiramente, deve ser feita uma boa análise de solo a qual consiga diagnosticar as deficiências do terreno podendo assim ser corrigido da melhor forma possível.

Segundo Coelho et al. (1995), ao planejar a adubação de milho deve ser levado em consideração a análise do solo e histórico de calagem da área, o potencial da cultura em resposta a determinado nutriente, bem como a produtividade esperada e, conseqüentemente, os nutrientes que a cultura remove durante o ciclo produtivo. Além disso, deve-se considerar a textura do solo e qual a quantidade adequada de adubo para cada tipo de solo, visando reduzir as perdas por lixiviação, erosão e outros.

3.7.1 Nitrogênio

O nitrogênio é um dos nutrientes que mais limita o desenvolvimento da cultura do milho. Sua utilização na dose e no momento correto pode proporcionar incremento na produtividade, visto que este participa de reações importantes do metabolismo da planta (ROBERTO et al., 2010), como também na formação dos tubos reprodutivos, participando da molécula da clorofila, sendo um elemento importante para a fotossíntese da planta (MARTIN et al., 2011).

No Brasil a ureia representa a forma mais utilizada como fonte de nitrogênio, pelo fato de apresentar elevada concentração de N por unidade de produto (45%). Além disso, pelo motivo de possuir alta solubilidade pode ser utilizada com outros fertilizantes. Cantarella (2007) enfatiza que a principal desvantagem de sua utilização está relacionada com as perdas, uma vez que pode ocorrer por lixiviação e volatilização de amônia (NH_3).

Na Figura 1 está representado o percentual de perdas de nitrogênio em função da forma de distribuição e da fonte de nitrogênio.

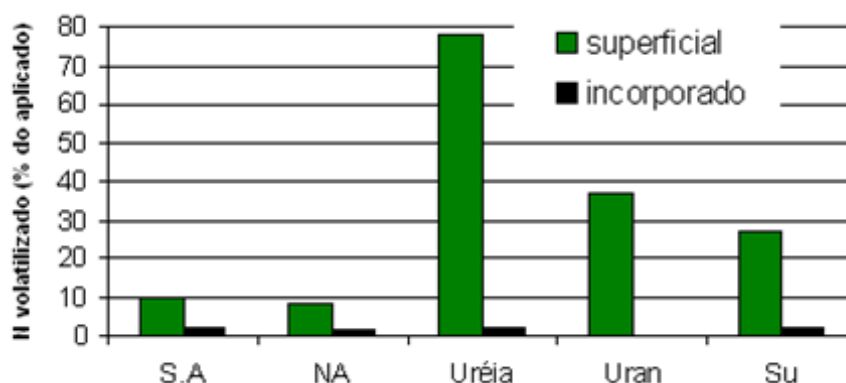


Figura 1. Perdas de nitrogênio por volatilização da amônia em solo arenoso, cultivado sob sistema convencional. (SA = sulfato de amônio; NA = nitrato de amônio; SU = sulfuran). Fonte: Cabezas (1998).

Basicamente, essas perdas acontecem quando o solo apresenta-se alcalino, com baixa capacidade de troca de cátions (CTC), baixo poder tampão associado a temperaturas elevadas, baixa umidade relativa do ar e também do solo pela aplicação de altas doses de N, ou ainda pela combinação de um ou mais desses fatores (OLIVEIRA et al., 1995). Vale ressaltar que, segundo Coelho et al. (1995), o parcelamento das aplicações de nitrogênio em duas ou mais vezes em solos brasileiros de textura média e argilosa com doses de até 150 kg ha⁻¹, não influenciaram no aumento da produtividade em relação a uma única aplicação nos estádios iniciais da cultura.

Sendo assim, uma forma de melhorar a eficiência de aplicação, bem como reduzir os gastos com a adubação nitrogenada, seria realizar a incorporação da ureia no solo ao invés de ser aplicada a lanço. A aplicação de ureia a lanço resulta em elevadas perdas de nitrogênio por volatilização de NH₃. Atualmente, existem no mercado equipamentos que realizam esta operação, proporcionando maiores rendimentos operacionais, além de, possivelmente, aumentar a produtividade, uma vez que estudos demonstram um aumento no comprimento e diâmetro da espiga, número de grãos por espiga, massa de cem grãos e, conseqüentemente, na produtividade (OHLAND et al., 2005). Na Figura 2 estão representadas folhas de milho com sintoma de deficiência de nitrogênio.



Figura 2. Deficiência de nitrogênio em folhas de plantas de milho. Fonte: Stoller (2011).

3.7.2 Fósforo

Devido à baixa eficiência de aproveitamento deste nutriente pela cultura do milho, em relação a outros nutrientes, como nitrogênio e potássio, Vitti et al. (1985) recomendam a utilização de elevadas doses. Esse fator pode estar relacionado com a alta

fixação de fósforo no solo, resultando assim, em uma menor disponibilidade para as plantas, fato este evidenciado em solos com elevado teor de argila oxídica. Outro motivo que pode estar relacionado com a recomendação de elevadas taxas de fósforo na cultura é pelo fato do milho apresentar um crescimento rápido e vigoroso da parte aérea, em um pequeno espaço de tempo, necessitando assim que a reposição de fósforo no solo seja mais rápida do que quando comparado com outras culturas perenes, por exemplo. Na Figura 3 está representado o sintoma de deficiência de fósforo em plantas de milho.



Figura 3. Deficiência de fósforo na folha de planta de milho. Fonte: Stoller (2011).

3.7.3 Potássio

Perdendo apenas para o nitrogênio, o potássio pode ser classificado como o segundo nutriente mais importante para a cultura do milho, pelo fato de ser exportado para os grãos (STOLLER, 2011). Assim como para os demais nutrientes, a análise de solo torna-se importante para a determinação dos teores de potássio no solo, sendo recomendada a aplicação deste em solos com teores baixos, com doses de até 120 kg ha⁻¹ de K₂O (COELHO et al., 1995). Na Figura 4 estão representadas folhas de milho com deficiência de potássio.



Figura . Deficiência de potássio em folhas de plantas de milho. Fonte: Stoller (2011)

3.8 ECOFISIOLOGIA E FENOLOGIA

Tratando-se de uma planta de origem tropical, no decorrer de seu ciclo vegetativo para que ocorra um desenvolvimento satisfatório e uma produção que proporcione um lucro compensador, o milho necessita de calor e umidade para a realização de processos do metabolismo primário, bem como a translocação de fotoassimilados, respectivamente (FANCELLI et al., 2000). Por ser classificada como uma planta de metabolismo C4 o rendimento está ligado com a intensidade luminosa.

Originalmente, pode ser dito que o milho é uma planta de dias curtos. Entretanto, se ocorrer uma redução de até 40%, na luminosidade, o desenvolvimento da planta é prejudicado, essencialmente, em cultivares de ciclo longo ou tardio por ser ainda mais sensível a falta de luz (FANCELLI et al., 2000). Pelo motivo do gás carbônico ser convertido pela enzima PEP (fosfo-enol-piruvato) em oxaloacetato, sendo reduzido em malato ou aspartato no mesófilo da folha e, posteriormente, estes serem transportados para a bainha da folha onde são descarboxilados formando açúcares como, por exemplo, glicose e frutose, as plantas C4 apresentam maior eficiência fotossintética do que planta de metabolismo C3 (FLOSS, 2011). Na Figura 5 está representado os estádios fenológicos da cultura do milho.



Figura 5. Escala de desenvolvimento fenológico da cultura do milho. Fonte: Adaptado de Fancelli (1986).

Com três folhas totalmente expandidas, aproximadamente duas semanas após a emergência, toda a produção da planta, seja ela de folhas ou grãos está sendo definida nesse estágio, sendo este, portanto o principal evento. Isso ocorre devido à diferenciação do meristema apical, justificando a importância do nitrogênio nesta etapa do crescimento e desenvolvimento (FANCELLI et al., 2000).

Algumas atividades de manejo devem ser cuidadosas, principalmente em V3, ou seja, como o sistema radicular principal está em crescimento, operações muito próximas das plantas ou, então, profundas, podem afetar a densidade destas ao longo da linha de cultivo, danificando a distribuição das raízes, podendo acarretar em perdas de produtividade. Entretanto, nesse estágio é de extrema importância a realização de pulverizações para o controle das plantas daninhas, as quais competem pelos nutrientes do solo, bem como luz, água e outros. Na Figura 6 está representada uma planta de milho em estágio de desenvolvimento vegetativo V3.



Figura 6. Milho em V3. Fonte: Ritchie & Hanway (1989).

Com a oitava folha expandida, o sistema radicular se encontra bem distribuído no solo com início do crescimento das raízes adventícias aéreas. Observa-se intenso crescimento do colmo em altura e diâmetro, suportando as folhas e demais partes da planta, além de servir como órgão de reserva (MAGALHÃES et al., 1993). Acentua-se o desenvolvimento da inflorescência masculina. Incrementa-se o desenvolvimento das espigas localizadas entre o sexto e nono nó acima do solo. Entre os estádios V7 e V9 é definido o número de fileiras de grãos por espiga (FANCELLI et al., 2000). Na Figura 7 está representada uma planta de milho em estágio V9.



Figura 7. Estádio de desenvolvimento V9, mostrando as potenciais espigas. Fonte: Ritchie & Hanway (1989).

Entre os estádios V12 e V14 ocorre a confirmação do tamanho e número de espigas na planta. A falta de umidade e nutrientes nestes estádios pode reduzir o número e tamanho das espigas. Esta pode ser considerada a fase mais crítica para a produção, estendendo-se até a polinização (STOLLER, 2012).

Ao final do estágio reprodutivo, ocorre a parada total de deposição de amido nos grãos e amarelecimento das folhas. É o ponto de máximo acúmulo de matéria seca nos grãos e de máximo vigor das sementes, que se encontram com 30 a 38% de umidade, sendo este estágio reconhecido pela presença de uma camada negra, formada no ponto de inserção do grão com o sabugo (MAGALHÃES et al., 1995). Na Figura 8 está representado o ponto de maturidade fisiológica da cultura do milho, expresso pelos grãos.

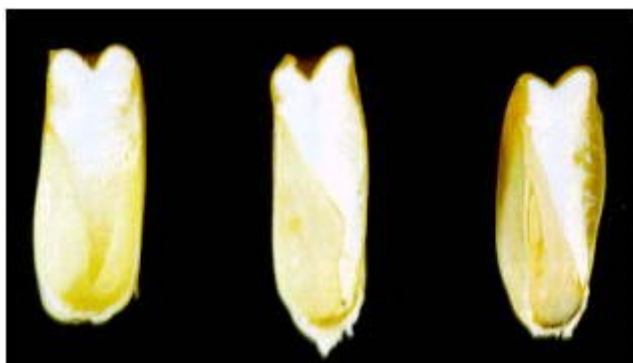


Figura 8. Ponto de maturidade fisiológica. Fonte: Ritchie & Hanway (1989).

3.9 BACTÉRIAS PROMOTORAS DO CRESCIMENTO DE PLANTAS.

Atualmente, um dos maiores custos relacionados com a produção de milho está na aquisição dos fertilizantes destacando-se as fontes nitrogenadas, por este motivo, buscam-se novas tecnologias que possam reduzir os custos. O uso de inoculantes que contenham microrganismos que consigam promover o crescimento e possivelmente aumentar a produtividade é uma destas tecnologias estudadas. Nesse contexto, as bactérias promotoras de crescimento de plantas, são considerados microrganismos benéficos, tendo em vista a capacidade que estas possuem em colonizar as raízes e tecidos internos das plantas (DAVISON, 1998).

3.9.1 Gênero *Azospirillum*

Este gênero pode ser enquadrado como bactérias promotoras do crescimento das plantas, sendo encontrada em vários locais (DOBEREINER et al., 1987). Inicialmente, a espécie era conhecida como *Spirillum lipoferum*, sendo em 1978, proposta a sua

reclassificação passando a ser chamada de *Azospirillum* (TARRAND et al., 1978). A partir disso, descobriu-se a capacidade em que estas possuem em fixar biologicamente nitrogênio quando associadas com gramíneas como, por exemplo, o milho (DOBEREINER et al., 1976).

3.9.2 Fixação de N

Na atmosfera o nitrogênio é o elemento encontrado em maior concentração, totalizando aproximadamente 78%, contudo, não pode ser utilizado por nenhum animal ou planta pelo fato das fortes ligações existentes entre os átomos da molécula de N₂ (HUERGO et al., 2008). Existem organismos presentes nos micro e macro poros do solo conhecidos como bactérias diazotróficas (fixadoras de N), que conseguem utilizar este elemento devido à presença da enzima dinitrogenase sendo esta capaz de romper as ligações existentes entre os átomos de N reduzindo-o a amônia (HUNGRIA et al., 2007).

Diferentemente da simbiose existente com o gênero *Rhizobium* com as espécies vegetais da família das fabáceas a qual forma uma estrutura denominada de rizóbio, as bactérias do gênero *Azospirillum* fazem a associação com as plantas, não nodulando. Ou seja, em termos agrícolas essas bactérias disponibilizam para a planta somente uma fração do nitrogênio associado e por este motivo, este tipo de associação supre apenas parcialmente as necessidades da planta (HUNGRIA et al., 2007).

3.9.3 Benefícios da associação de *Azospirillum* com gramíneas

Segundo Tien et al. (1979), a associação do gênero com gramíneas produz hormônios os quais estimulam o crescimento radicular. Este fato pode interferir em vários outros elementos, como na melhoria de absorção de água e demais minerais, uma maior tolerância a estresses abióticos como, por exemplo, *déficit hídrico*, por este motivo, pode-se dizer que a planta torna-se vigorosa e mais produtiva (BASHAN et al., 2004). Além disso, Correa et al. (2008) destacam que uma planta que possua uma melhor nutrição mineral, torna-se uma planta com maior resistência ao ataque de patógenos e um dos fatores para se obter essa maior absorção de nutrientes se refere as raízes vigorosas e com um maior crescimento. Outro benefício destacado por Barassi et al. (2008), está relacionado com a fotossíntese, pois as plantas apresentam um maior

teor de clorofila e condutância estomática, uma elasticidade maior da parede celular, resultando em uma produção de biomassa maior bem como, altura de plantas maior.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral

O presente projeto tem como objetivo geral avaliar a contribuição do *Azospirillum* associado ou não ao uso do nitrogênio no desenvolvimento e produção de milho cultivado em diferentes resíduos de plantas de cobertura de inverno sob plantio direto.

4.2 Objetivos específicos

Avaliar o rendimento de grãos de milho com o uso de inoculante associado ou não ao uso do nitrogênio em cultivo sob diferentes resíduos de plantas de cobertura de inverno por meio de plantio direto.

Avaliar os componentes morfológicos do milho com o uso de inoculante associado ou não ao uso do nitrogênio em cultivo sob diferentes resíduos de plantas de cobertura de inverno por meio de plantio direto.

Avaliar a concentração de N foliar na cultura do milho em função do uso de inoculante associado ou não ao uso do nitrogênio em cultivo sob diferentes resíduos de plantas de cobertura de inverno por meio de plantio direto.

Verificar a influencia do resíduo de duas plantas de cobertura de inverno, no rendimento de milho com o uso de inoculante associado ou não ao uso do nitrogênio sob plantio direto.

Avaliar a influência da utilização do inoculante Masterfix Gramíneas® sobre o incremento da produtividade de milho.

5. METODOLOGIA

5.1. Descrição da área

O experimento foi conduzido na Fazenda Agropecuária da Universidade Federal de Santa Catarina, em Curitiba, SC. O campo experimental está localizado nas coordenadas geográficas 27° de latitude Sul, 50° de longitude Oeste, apresenta altitude média em relação ao nível do mar de 1000 m. O clima da região é classificado como temperado (mesotérmico úmido e verão ameno), segundo classificação de Köppen. A precipitação média anual é de 1500 a 1700 mm, com temperatura média anual de 17°C. O solo da área experimental é classificado como Cambissolo Háplico de textura argilosa, apresentando em média 550 g kg⁻¹ de argila (EMBRAPA, 2006). A área vinha sendo cultivada em sistema de semeadura direta há três anos. Antes do início do experimento foi realizada análise do solo, sendo esta apresentada na Tabela 1.

Tabela 3. Caracterização química da área de estudo antes da implantação do experimento. Curitiba - SC, 2014.

MO	P	K	Ca	Mg	pH
g dm ⁻³	mg dm ⁻³	----- cmol _c dm ⁻³ -----			CaCl ₂
53,61	7,7	0,23	7,98	3,91	6,6

5.2. Implantação do experimento

O experimento foi implantado no inverno de 2013. Anterior à semeadura do milho, foi realizada semeadura da aveia preta (*Avena strigosa* L.) e do nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) em ausência de adubação nitrogenada, com o objetivo de formar palhada com diferentes características para a implantação do milho no verão. O manejo das plantas daninhas foi efetuado com o herbicida Roundup®, utilizando-se 2 L ha⁻¹ com sequencial de Paraquat® na dosagem de 2 L ha⁻¹, antes da semeadura das plantas de cobertura. A semeadura do milho ocorreu no dia 12 de outubro de 2013 em sistema de plantio direto, utilizando-se do híbrido simples Maximus® da empresa Syngenta, o qual apresenta a tecnologia viptera 3 resistente a lepidópteros e ao glifosato. As sementes utilizadas são comercializadas já com o tratamento industrial realizado.

Como adubação de base utilizou-se 540 Kg ha⁻¹ da fórmula 0-20-20, representando 0 Kg ha⁻¹ de N, 180 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 180 kg ha⁻¹ de K₂O, (CQFS - RS/SC, 2004). A adubação nitrogenada em cobertura ocorreu de acordo com os tratamentos estabelecidos, sendo aplicado 30 kg ha⁻¹ no estágio V2 e 120 kg ha⁻¹ em V4,

totalizando, 150 kg ha⁻¹ de adubação nitrogenada. Para adubação de cobertura foi utilizado o fertilizante nitrogenado uréia (45% de N).

A inoculação com a bactéria *Azospirillum brasilense* foi realizada misturando, em um recipiente plástico, a dose de 5 mL de inoculante para cada 300 gramas de sementes. Imediatamente após a inoculação procedeu-se a semeadura do milho. O controle das plantas daninhas foi realizado aplicando-se os herbicidas Atrazina® e Glifosato® na dosagem de 4 L ha⁻¹ e 2 L ha⁻¹, respectivamente. A aplicação de herbicidas foi realizada no momento em que as plantas apresentavam quatro folhas totalmente expostas. .

5.3. Avaliações realizadas

As variáveis analisadas no experimento foram: altura de inserção de espiga, altura de planta, diâmetro de colmo, teor e N foliar, índice de espigamento, número de fileiras por espigas, número de grãos por espiga, massa de mil grãos e produtividade.

Para avaliar o diâmetro do colmo, fez-se uso de paquímetro digital realizando a medição no segundo entrenó visível de cinco plantas da parcela no estágio R4 (grão farináceo) da cultura. Para a avaliação de altura de planta, foi utilizada uma fita métrica, sendo realizada a medição da planta desde o solo até a folha bandeira. Dessa mesma maneira foi realizada a determinação da altura de inserção da espiga, sendo medido desde o solo até a sua inserção.

Para determinar o teor de N na folha, foram amostradas as folhas de cinco plantas selecionadas segundo o método de coleta descrita no manual de adubação e calagem para o RS e SC, no estágio de pleno florescimento. A determinação do N foliar foi realizado seguindo o método descrito por Tedesco et al. (1995). O índice de espigamento foi obtido pela relação entre o número de espigas e de plantas

Quando a massa dos grãos apresentou aproximadamente 20% de umidade foi efetuada a colheita das espigas do milho por parcela, para avaliação da produção de grãos secos. Para obtenção da produtividade, após a pesagem dos grãos de cada parcela e correção da umidade para 14 % o valor obtido foi convertido para Kg ha⁻¹. Para estimar o número de grãos por espiga, multiplicou-se o número de fileiras por espiga e de grãos por fileira, obtidos pela contagem de dez espigas representativas da parcela. A massa de mil grãos foi determinada a partir da pesagem de 300 grãos de cada parcela, extrapolando-as para mil.

5.4. Delineamento e análises estatísticas

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso (DBC), com parcela subdividida e três repetições. Os tratamentos foram assim constituídos: combinação entre formas de inoculação de *A. brasilense* e adubação nitrogenada sobre palhada de plantas de coberturas (aveia e nabo). A parcela principal foi correspondente às plantas de cobertura, sendo que a subparcela foi relacionada com a utilização ou não de inoculação com *A. brasilense* e aplicação de N (150 Kg ha⁻¹), totalizando 24 tratamentos. Cada parcela experimental foi composta por cinco linhas com espaçamento de 0,80 m entre linhas e comprimento de 4 metros, totalizando 16 m² por parcela. Para as avaliações foram descartado 0,5 m de cada extremidade da linha (bordadura), sendo analisada apenas a área útil de 3 m².

Os resultados foram submetidos à análise de variância. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade pelo programa estatístico ASSISTAT (SILVA; AZEVEDO, 2002).

6. RESULTADOS

A altura de plantas não foi influenciada pela inoculação das sementes de milho com a bactéria *Azospirillum brasilense*, conforme apresentado na Tabela 4, concordando com os resultados obtidos por Cavallet et al. (2000), no qual a inoculação não influenciou no parâmetro altura de plantas de milho. Esta característica está relacionada com a disponibilidade de nitrogênio no solo, nutriente este importante para a divisão e expansão celular e também do processo fotossintético (CASTRO et al., 2008). Antes da realização do estudo, acreditava-se que com o uso dessas bactérias iria ocorrer uma maior absorção de N pela fixação biológica de nitrogênio (DOBBELAERE et al., 2002), contudo, os resultados evidenciaram que os efeitos benéficos da utilização deste microrganismo, tende a estar fortemente relacionado com alterações morfofisiológicas das raízes das plantas inoculadas, resultando desta maneira em uma maior absorção de nutrientes e um melhor aproveitamento da água (OKON, 1997). Sabe-se que a inoculação de sementes de milho proporciona um aumento na taxa de produção de fitormônios, como o ácido indol-acético, o qual desempenha papel importante no crescimento de plantas (BASHAN et al., 1997).

Tabela 4. Altura de plantas (AP), altura da inserção da espiga (AE), diâmetro do colmo (DC), número de grãos por espiga (GE), número de fileiras de grãos por espiga (FE), nitrogênio foliar (NF), massa de mil grãos (MMG) de milho, híbrido Maximus, submetido à inoculação de sementes com estirpes de *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada. Curitiba - SC, 2014.

Tratamentos	AP (cm)	AE (cm)	DC (mm)	GE	FE	NF	MMG (g)
T1	107,73a	95,46a	18,97a	20,81 b	17,45a	1,04a	389,33a
T2	93,80a	82,40a	19,00a	24,76a	16,73a	0,93a	469,83a
T3	92,26a	80,00a	18,51a	19,95 b	16,53a	0,69a	414,16a
T4	104,06a	89,52a	18,29a	18,98 b	16,75a	0,64a	408,66a
C.V.(%)	13,26	12,21	14,56	9,95	3,70	46,26	14,84

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade no teste de Tukey. (T1 = sem inoculante e sem nitrogênio. T2 = sem inoculante e com nitrogênio. T3 = com inoculante e com nitrogênio. T4 = com inoculante e sem nitrogênio).

Em relação à altura da inserção da espiga, também não houve diferença entre os tratamentos por esta característica estar relacionada com o genótipo do híbrido escolhido, bem como a época de semeadura. Sendo assim, as médias dos valores dos tratamentos não apresentaram diferenças significativas, concluindo que para as condições desse estudo esse fator não é influenciado pelo nitrogênio ou então pela realização ou não de inoculação (Tabela 4).

Da mesma maneira, o número de grãos por espiga não foi influenciado pela inoculação das sementes de milho, fato este comprovado por valores apresentados na Tabela 4. O tratamento em que somente foi feita a aplicação de nitrogênio em cobertura, sem a inoculação das sementes, apresentou um valor significativamente diferente do que os demais tratamentos. Outro ponto a ser destacado é que em ambos os parâmetros agrônômicos avaliados, exceto a produtividade, as diferentes plantas de cobertura não influenciaram nos resultados.

O número de fileiras por espiga é definido no estágio V8, fase em que há disponibilidade de nutrientes, especialmente N, uma vez que nesta época é elevada a demanda desse nutriente pela planta (CARMO et al., 2012). Sendo assim, o número de fileiras por espiga apresentou valores não significativos entre os tratamentos, pelo fato desta característica poder estar relacionada com fatores genéticos da variedade de milho escolhida, como também a falta de chuvas nas épocas mais importantes do desenvolvimento da planta (dados não apresentados), como pode ser observado na Tabela 4.

O diâmetro do colmo, não foi influenciado pela inoculação das sementes de milho. Maior diâmetro de colmo favorece a redução de acamamento e tombamento de

plantas de milho, além disso, contribui no incremento de produtividade, ou seja, quanto maior for o diâmetro maior tende a ser a capacidade de armazenamento de fotoassimilados os quais contribuirão com o enchimento de grãos (KAPPES et al., 2011). Nesse sentido, pode ser observado na Tabela 4 que o tratamento em que não houve inoculação das sementes de milho, mas foi realizada a adubação nitrogenada (T2), tendeu a apresentar maior diâmetro de colmo, e conseqüentemente, maior produtividade.

O nitrogênio foliar esta relacionado diretamente com a produtividade do milho, ou seja, a sua deficiência pode resultar na senescência das folhas devido ao retranslocamento do nitrogênio das folhas velhas para os pontos de crescimento da planta, resultando assim em uma diminuição significativa de área foliar fotossinteticamente ativa. A planta de milho, apresentando uma redução nesse aspecto pode ocasionar uma significativa diminuição na produtividade da cultura (WOLSCHICK et al., 2003). Vale ressaltar que folhas bem nutrida de nitrogênio apresentam maiores capacidades de capturar gás carbônico da atmosfera, sintetizando-o em carboidratos durante o processo da fotossíntese. De uma forma geral, esta é uma importante característica relacionada com a produção das plantas (CASTRO et al., 2008). De acordo com a Tabela 4, independentemente do tratamento utilizado, com ou sem nitrogênio e/ou com ou sem inoculação, os valores de nitrogênio foliar não diferiram entre si.

O peso de mil grãos, componente importante da produtividade do milho, não sofreu influencia da inoculação das sementes e aplicação de nitrogênio em cobertura, corroborando com os resultados encontrados em outros trabalhos em diferentes condições de clima e solo (SOUZA et al. 2006; CRUZ et al., 2008; KAPPES et al., 2009). Segundo Ohland et al. (2005), a massa de grãos é uma característica influenciada pelo genótipo e disponibilidade de nutrientes, bem como das condições climáticas durante os estádios de enchimento dos grãos. Por outro lado, Silva et al. (2006) e Lana et al. (2009), verificaram aumento na massa de grãos do milho com o incremento de doses de aplicação de nitrogênio em cobertura, diferindo dos resultados encontrados neste estudo. O peso de mil grãos apresenta alta dependência da absorção de nitrogênio pelas plantas de milho, o qual alcança um pico durante os estádios de desenvolvimento compreendidos como o florescimento e o início da formação de grãos (ULGER et al., 1995).

A produtividade foi maior quando as sementes de milho não foram inoculadas com o *Azospirillum brasilense*, sendo feita a aplicação de nitrogênio em cobertura (T2). Porém, Cavallet et al. (2000) obtiveram aumento de 30% na produtividade do milho quando as sementes foram inoculadas com *Azospirillum*. Além disso, pode-se observar que o tratamento em que não houve aplicação de nada tendeu a apresentar produtividade maior (T1) do que em relação aos demais tratamentos. Isto pode ter ocorrido devido ao excesso de células formadoras de colônia presentes nas sementes inoculadas, juntamente com um excesso de nitrogênio aplicado, resultando assim em um efeito tóxico para as plantas de milho. Na Figura 9 são apresentadas as médias de produtividade em função de cada tratamento. A maior produtividade foi obtida no tratamento sem utilização de inoculante e aplicação de nitrogênio em cobertura (T2), independente da cobertura vegetal presente na área.

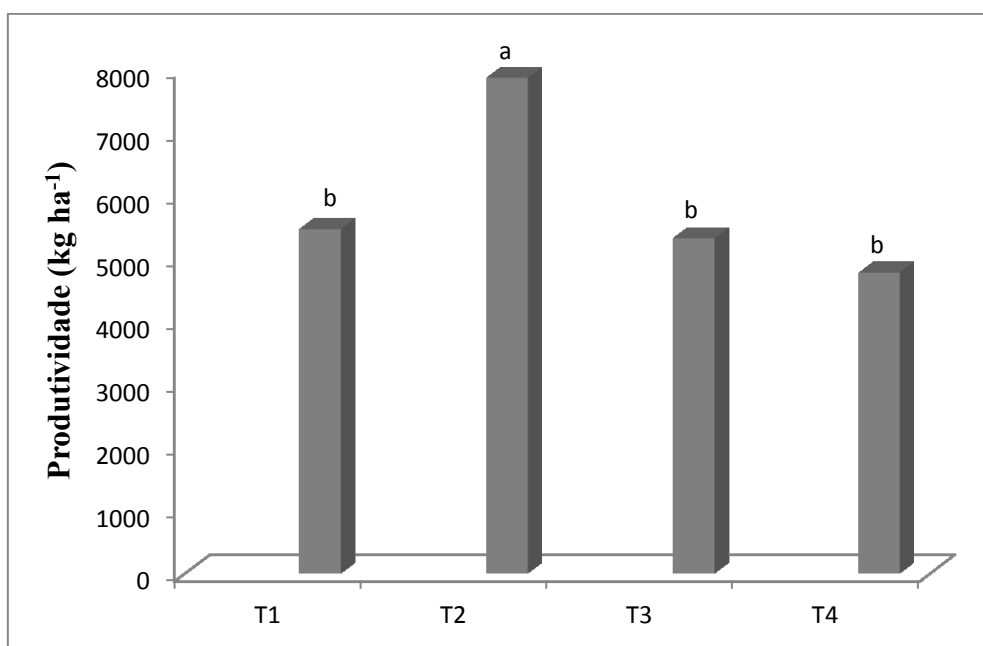


Figura 9 - Produtividade do híbrido de milho Maximus nos diferentes tratamentos com nitrogênio e aplicação de *Azospirillum brasilense*. Curitiba – SC, 2014.

Em relação à planta de cobertura, a cultura do milho produziu mais sobre resíduo de aveia, possivelmente, devido ao fato desta apresentar maior volume de palhada no momento do plantio, em relação ao nabo, sendo este fundamental para a manutenção da umidade no solo, diminuição da amplitude térmica, menor lixiviação de nutrientes pela chuva, menor erosão, dentre outros fatores.

Tabela 5. Produtividade (kg ha⁻¹) do híbrido de milho Maximus®, conforme os diferentes resíduos de plantas de cobertura. Curitiba - SC, 2014.

Plantas de cobertura	Kg ha⁻¹
Nabo	5698,65b
Aveia	6041,65a
C.V. (%)	2,37

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A ação da utilização da bactéria *Azospirillum*, na forma de inoculação de sementes de gramíneas ainda não está totalmente esclarecida. Os resultados de sucesso encontrados na literatura, da utilização desta prática, na maioria das vezes, estão relacionados com efeitos da própria bactéria, como por exemplo, a viabilidade, o número de colônias por semente inoculada, dentre outras (MEHNAZ et al., 2006).

A ótima concentração bacteriana, a qual promove o crescimento das plantas de gramíneas, especificadamente plantas de milho, é de aproximadamente dez milhões de células viáveis por mL do produto comercial, isto corresponde a dezessete mil unidades formadoras de colônia por semente, sendo este considerado o número ótimo (ARSAC et al., 1990). Níveis acima disto podem apresentar efeito negativo sobre o crescimento das plantas, enquanto que níveis abaixo disto não apresentam efeito algum na fase vegetativa (ARSAC et al., 1990).

Porém, o produto utilizado neste experimento apresenta as estirpes da bactéria *Azospirillum brasilense* em uma concentração de 200 milhões de células viáveis por mL, estando de acordo com os parâmetros estabelecidos na Legislação Brasileira (HUNGRIA, 2011). Sabendo que a dose utilizada no experimento foi de 100 mL por hectare, a quantidade de células viáveis por semente foi de 340 mil unidades. Desta maneira, pode-se concluir que está bem acima do nível ótimo estabelecido por Arsac et al. (1990), sendo este, talvez, o motivo de não ser visto os efeitos da inoculação, devido ao excesso de unidades formadores de colônia.

Outra explicação pode estar relacionada com o crescimento radicular, ou seja, sementes de milho que foram inoculadas com *Azospirillum brasilense*, apresentam um maior crescimento radicular, o que segundo Tien et al. (1979), ocorre pelo motivo de haver um incremento na produção de ácido indol-acético, giberelinas e citocininas. Nesse sentido, pode-se dizer que a planta pode ter sido estimulada a formar um sistema radicular mais vigoroso em detrimento a parte aérea e, esse crescimento não favoreceu

maiores produtividades, podendo isso estar relacionado com os menores valores do tratamento com N e inoculante.

7. CONCLUSÕES

A aplicação via solução nas sementes do inoculante Masterfix® Gramíneas, contendo a bactéria diazotrófica *Azospirillum brasilense*, acompanhada ou não com nitrogênio não interferiu no desenvolvimento da cultura do milho, o que não proporcionou incremento na produtividade, nas condições de solo e clima onde foi realizado esse estudo.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Visto as projeções mundiais de consumo de cereais, em especial o milho, torna-se de extrema importância o estudo de novas práticas as quais possibilitem um acréscimo de produtividade sem que seja necessária a abertura de novas áreas. Diante disso, o uso da inoculação em gramíneas pode ser considerado um importante passo para que esse aumento de produtividade possa ser alcançado. Entretanto, sabendo da complexidade do assunto e observando que não se consegue obter um padrão de resultados relacionados com os benefícios da utilização da inoculação no milho, pode ser considerado que o estudo apresenta ainda grandes incógnitas tornando-se fundamental a continuação das pesquisas referentes ao uso ou não do *Azospirillum brasilense*, para as condições de cultivo e de solo brasileiro.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARSAC, J. F.; LAMOTHE, C.; MULARD, D.; J. FAGES, J. Growth enhancement of maize (*Zea mays* L.) through *Azospirillum lipoferum* inoculation: effect of plant genotype and bacterial concentration. **Agronomie**, Paris, v. 10, p. 640-654, 1990.

BARASSI, C.A.; SUELDO, R.J.; CREUS, C.M.; CARROZZI, L.E.; CASANOVAS, W.M.; PEREYRA, M.A. Potencialidad de *Azospirillum* en optimizer el crecimiento vegetal bajo condiciones adversas. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) *Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p.49-59.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G; DE-BASHAN, L.E. *Azospirillum*-plant relations physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal of Microbiology**, v.50, p.521-577, 2004.

BUCKLER, E. S.; STEVENS, N. M. Maize origins, domestication, and selection. In: MOTLEY, T. J.; ZEREGA, N.; CROSS, H. (Eds). [s.t.]. New York: Columbia, 2006. P. 67-90

BUENO, N. **Secretaria da Agricultura e da Pesca e Instituto Cepa mantêm previsão de boa safra em 2014**, Santa Catarina, 2014. Disponível em: <<http://sc.gov.br/index.php/mais-sobre-agricultura-e-pesca/5742-secretaria-da-agricultura-e-da-pesca-e-instituto-cepa-mantem-previsao-de-boa-safra-em-2014>> Acesso em 14 de fevereiro de 2014.

BÜL, L.T. Sistema de produção de milho visando alta produtividade na região dos campos gerais no centro-sul do Paraná. In: **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Potafós, 1983. p.249 - 278.

CABEZAS, W. A. R. L. Comportamento dos adubos nitrogenados em clima e solo de Cerrado. 1998, Rio verde. Rio Verde: Aldeia Norte, 1998. p. 78-92.

CAMPOS, B.H.C. de. A cultura do milho no plantio direto. Cruz Alta: FUNDACEP/FECOTRIGO, 1998. 189p.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. et al. (Eds.). *Fertilidade do solo*. Viçosa: SBCS, 2007. p. 375-470.

CARMO, M. S.; CRUZ, S. C. S.; SOUZA, E. J.; CAMPOS, L. F. C.; MACHADO, C. G. Doses e fontes de nitrogênio no desenvolvimento e produtividade da cultura de milho doce (*Zea mays* convar. *saccharata* var. *rugosa*). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, p. 223-231, 2012. Suplemento, 1.

CASTRO, O. M. de. Preparo do solo para a cultura do milho. Campinas: Fundação Cargill, 1989. 41p. (Fundação Cargill. Série Técnica, 3).

CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; SESTARI, I. **Manual de fisiologia vegetal: fisiologia de cultivos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2008. 864 p.

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

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E. de; BAHIA FILHO, A.F.C. Nutrição e adubação do milho forrageiro. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. Milho para silagem: tecnologias, sistemas e custo de produção. Sete Lagoas, 1991. p.29-73. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 14)

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

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. V.1 – safra 2013/2014, n.2 – segundo levantamento. Nov. 2013. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_11_08_09_29_24_boletim_graos_novembro_2013.pdf> Acesso em 14 de fevereiro de 2014.

CORREA, O.S.; ROMERO, A.M.; SORIA, M.A.; DE ESTRADA, M. *Azospirillum brasilense* -plant genotype interactions modify tomato response to bacterial diseases, and root and foliar microbial communities. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) *Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p.87-95.

CQFS – RS/SC. Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/ Comissão de Química e Fertilidade do Solo: 10 ed., 2004. 400 p.

CRUZ, J.C. et al., Manejo da cultura do Milho. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. Sete Lagoas, 2006. (EMBRAPA/NPMS/Circular técnica, 87).

CRUZ, S. C. S.; PEREIRA, F. R. S.; SANTOS, J. R.; ALBUQUERQUE, A. W.; PEREIRA R. G. Adubação nitrogenada para o milho cultivado em sistema plantio direto, no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 62-68, 2008.

DAVISON, J. Plant beneficial bacteria. **Bio/Technology**, v.6, p.282- 286, 1988.

DEPARTAMENTO DO AGRONEGÓCIO, Safra Mundial de Milho 2013/14 - 9º Levantamento do USDA. In: **Informativo DEAGRO**. Janeiro, 2014. Disponível em: <www.fiesp.com.br/arquivo-download/?id=96234> Acesso em 14 de fevereiro de 2014.

DOBBELAERE, S.; CROONENBORGH, A.; THYS, A.; PTACEK, D.; OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. Effect of inoculation with wild type *Azospirillum brasilense* and *A. irakense* strains on development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. *Biology and Fertility of Soils*, Berlin, v. 36, n. 4, p. 284-297, 2002.

DÖBEREINER, J.; MARRIEL, I.; NERY, M. Ecological distribution of *Spirillum lipoferum* Beijerinck. **Canadian Journal of Microbiology**, v.22, p.1464–1473, 1976.

DÖBEREINER, J.; PEDROSA, F.O. **Nitrogen-fixing bacteria in non leguminous crop plants**. Science Tech, Springer Verlag, Madison, USA, 1987. p. 1-155. (Brock/Springer series in contemporary bioscience).

DOEBLEY, J.; BACIGALUPO, A.; STEC, A. Inheritance of kernel weight in two maize – teosinte hybrid populations: implications for crop evolution. **The Journal of Heredity**, Cary, v. 85, p. 191 – 195, 1994.

EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Brasília, Embrapa Produção de Informação, 306p, 2006.

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

FANCELLI, A.L.; Plantas Alimentícias: guia para aula, estudos e discussão. Centro Acadêmico Luiz de Queiroz. ESALQ/USP, 1986. 131p.

FLOSS, E.L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo do que está por trás do que se vê**. Passo Fundo: Editora Universitária, 2011. 733 p.

FORNASIERI, D.F. **A cultura do milho**. Jaboticabal, FUNEB, 1992. 273p.

GALINAT, W. C. The missing links between teosinte and maize: a review. **Maydica**, Bergamo, v. 30, n. 2, p. 137 – 160, 1985

HUERGO, L.F.; MONTEIRO, R.A.; BONATTO, A.C.; RIGO, L.U.; STEFFENS, M.B.R.; CRUZ, L.M.; CHUBATSU, L.S.; SOUZA, E.M.; PEDROSA, F.O. Regulation of nitrogen fixation in *Azospirillum brasilense*. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. ***Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina**. Asociación Argentina de Microbiología, Argentina, 2008. p.17-35.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 38 p. (Embrapa Soja. Documentos, 325).

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80p. (Embrapa Soja. Documentos, 283). (ISSN 1516-781X; N 283).

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?uf=sc>> Acessado em 23 de novembro de 2013.

KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. *Bragantia*, Campinas, v. 70, n. 2, p. 334-343, 2011.

KAPPES, C.; CARVALHO, M. A. C.; YAMASHITA, O. M.; SILVA, J. A. N. Influência do nitrogênio no desempenho produtivo do milho cultivado na segunda safra em sucessão à soja. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 251-259, 2009.

LANA, M. C.; WOYTICHOSKI JÚNIOR, P. P.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ÁVILA, M. MACHADO, C. T. T.; PATERNIANI, M. L. S. Origem, domesticação e difusão do milho. In: SOARES, A. C. et al. **Milho crioula: conservação e uso da biodiversidade**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1998. 185p.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F.O.M.; PAIVA, E. **Fisiologia da planta de milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1995. 27 P. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 20).

MARTIN, T.N.; PAVINATO, P.S.; SILVA, M.R.; ORTIZ, S.; BERTONCELI. Fluxo de nutrientes em ecossistemas de produção de forragens conservadas. In: Simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas, 4, Maringá. 2011. **Anais...** Maringá: Anais do Simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas, 4, , ES p.173-219, 2011.

MEHNAZ, S.; LAZAROVITS, G. Inoculation effects of *Pseudomonas putida*, *Ghiconacetobacter azotocaptans*, and *Azospirillum lipoferum* on corn plant growth under greenhouse conditions. **Microbial Ecology**. New York. v. 51, n. 3, p. 326-335, 2006.

MUNDSTOCK, C. M. **A evolução da genética e da tecnologia de cultivo de milho no Sul do Brasil. 2013**. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/MEDIA-CENTER/Pages/Detalhe-do-artigo.aspx?p=159&t=A%20evolu%C3%A7%C3%A3o%20da%20gen%C3%A9tica%20e%20da%20tecnologia%20de%20cultivo%20de%20milho%20no%20Sul%20do%20Brasil>> Acesso em 17 de fevereiro de 2014.

OHLAND, R. A. A.; SOUZA, L. C. F.; HERNANI, L. C.; MARCHETTI, M. E.; GONÇALVES, M. C. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 29, n. 3, p. 538-544, 2005.

OKON, Y. Root-associated *Azospirillum* species can stimulate plants. *ASM News*, v. 63, n. 7, p. 366-370, 1997.

OLIVEIRA, E. F. de; BALBINO, L. C. Efeitos de fontes e doses de nitrogênio aplicado em cobertura nas culturas de trigo, milho e algodão. Cascavel: Ocepar, 1995.

PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G. P. **Melhoramento e produção de milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 795 p.

PATERNIANI, E.; CAMPOS, M. S. Melhoramento de milho. In: BOREM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. 817 p.

PATERNIANI, M. E. A. G. Z. Use of heterosis in maize breeding: history, methods and perspectives. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, Viçosa, v. 1, n. 2, p. 159-178, 2001. Plantio direto com diferentes plantas de cobertura, em Latossolo Vermelho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 41, n. 3, p. 477-486, 2006.

QUAGGIO, J.A. Métodos de laboratório para determinação da necessidade de calagem em solos. In: REUNIAO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 15.; SIMPOSIO SOBRE ACIDEZ E CALAGEM, 1982, Campinas. Acidez e calagem no Brasil. Campinas: SBCS, 1983. p.33-48.

QUAINO, L. **Milho perde preço para soja e deve ter queda na safra em 2014, diz IBGE.** Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2014/02/milho-perde-preco-para-soja-e-deve-ter-queda-na-safra-em-2014-diz-ibge.html>> Acesso em 14 de fevereiro de 2014.

RIBEIRO, P. H. E. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho em diferentes épocas de semeadura, níveis de adubação e locais do Estado de Minas Gerais. Lavras: UFLA, 1998. 126p. (Tese- Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).

RITCHIE, S.; HANWAY, J. J. **How a Corn Plant Develops.** Special Report No. 48. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service. Ames, Iowa. 1989.

ROBERTO, V.M.O.; SILVA, C.D.; LOBATO, P.N. Resposta da cultura do milho a aplicação de diferentes doses de inoculante (*Azospirillum brasilense*) via semente. In.: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 18, 2010. Goiânia. **Resumos...** Goiânia: Anais do Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2010.

SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; TRIVELIN, P. C. O. Manejo de nitrogênio no milho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura, em Latossolo Vermelho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 41, n. 3, p. 477-486, 2006.

SILVA, F. A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v.4,n.1, p71-78,2002.

SOUZA, E. F. C.; SORATTO, R. P. Efeito de fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no milho safrinha, em plantio direto. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 5, n. 3, p. 395-405, 2006.

STOLLER. **Guia de fases de desenvolvimento do milho.** Fevereiro, 2012.

STOLLER. **Guia de identificação de deficiências do milho.** Novembro, 2011.

STOLLER. **Masterfix gramíneas.** Disponível em: <<http://www.stoller.com.br/produtos/produtos/gramineas> > Acessado em 13 de setembro de 2013.

TARRANT, J.J.; KRIEG, N R.; DÖBEREINER, J. A taxonomic study of the *Spirillum lipoferum* group, with descriptions of a new genus, *Azospirillum* gen. nov. and two

species, *Azospirillum lipoferum* (Beijerinck) comb. nov. and *Azospirillum brasilense* sp. nov. **Canadian Journal of Microbiology**, v.24, p.967-980, 1978.

TEDESCO, M.J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).

TIEN, T.M.; GASKINS, M.H.; HUBBELL, D.H. Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.). **Applied and Environmental Microbiology**, v.37, p.1016-1024, 1979.

ULGER, A. C.; BECKER, A. C.; KHANT, G. Response of maize inbred lines and hybrids to increasing rates of nitrogen fertilizer. *Journal of Agronomy and Crop Science*, Madison, v. 159, n. 3, p. 157-163, 1995.

VITTI, G.C.; MALAVOLTA, E. Fosfogesso - uso agrícola. In: SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS AGRÍCOLAS, 1985, Piracicaba. Anais... Campinas: Fundação Cargill, 1985. p.

WHITE, S.; E.; DOEBLEY, J. Of genes and genomes and the origin of maize. **Trends in Genetics**, Oxford, v. 14, n. 8, p. 327 – 332, 1998.

WOLSCHICK, D.; CARLESSO, R.; PETRY, M. T; JADOSKI, S. O. Adubação nitrogenada na cultura do milho no sistema plantio direto em ano com precipitação pluvial normal e com “El Niño”. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, p. 461-468, 2003.