

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

RENATO PASINI

**RESPOSTA DE CULTIVARES DE SOJA DE CICLO PRECOCE À
ADUBAÇÃO NITROGENADA E À INOCULAÇÃO COM
BRADYRHIZOBIUM EM SEMEADURA DO CEDO NA REGIÃO
SUDOESTE DO PARANÁ**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2015

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

RENATO PASINI

**RESPOSTA DE CULTIVARES DE SOJA DE CICLO PRECOCE À
ADUBAÇÃO NITROGENADA E À INOCULAÇÃO COM
BRADYRHIZOBIUM EM SEMEADURA DO CEDO NA REGIÃO
SUDOESTE DO PARANÁ**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PATO BRANCO
2015**

RENATO PASINI

**RESPOSTA DE CULTIVARES DE SOJA DE CICLO PRECOCE À
ADUBAÇÃO NITROGENADA E À INOCULAÇÃO COM
BRADYRHIZOBIUM EM SEMEADURA DO CEDO NA REGIÃO
SUDOESTE DO PARANÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Carlos André Bahry

PATO BRANCO

2015

Pasini, Renato

RESPOSTA DE CULTIVARES DE SOJA DE CICLO PRECOCE À ADUBAÇÃO NITROGENADA E À INOCULAÇÃO COM BRADYRHIZOBIUM EM SEMEADURA DO CEDO NA REGIÃO SUDOESTE DO PARANÁ/ Pasini, Renato.

Pato Branco. UTFPR, 2015

52 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Prof. Dr. Carlos André Bahry

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco, 2015.

Bibliografia: f. 46 – 56

1. Agronomia 2. *Glycinemax*. 3. Doses de nitrogênio. 4. Época de semeadural. Bahry, Carlos André, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. III. RESPOSTA DE CULTIVARES DE SOJA DE CICLO PRECOCE À ADUBAÇÃO NITROGENADA E À INOCULAÇÃO COM BRADIRHIZOBIUM EM SEMEADURA DO CEDO NA REGIÃO SUDOESTE DO PARANÁ.

CDD: 630



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Pato Branco
Departamento Acadêmico de Ciências Agrárias
Curso de Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

RESPOSTA DE CULTIVARES DE SOJA DE CICLO PRECOCE À ADUBAÇÃO NITROGENADA E À INOCULAÇÃO COM BRADYRHIZOBIUM EM SEMEADURA DO CEDO NA REGIÃO SUDOESTE DO PARANÁ

por

RENATO PASINI

Monografia apresentada às 17 horas 30 min. do dia 24 de Novembro de 2015, como requisito parcial para obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÔNOMO, Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo-assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Giovani Benin

UTFPR

Prof. Dr. Luís César Cassol

UTFPR

Prof. Dr. Carlos André Bahry

UTFPR

Orientador

A "Ata de Defesa" e o decorrente "Termo de Aprovação" encontram-se assinados e devidamente depositados na Coordenação do Curso de Agronomia da UTFPR Câmpus Pato Branco-PR, conforme Norma aprovada pelo Colegiado de Curso.

Aos meus pais Vilso Luiz Pasini e
Clementina Pasini (*in memoriam*).

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por todas as oportunidades, saúde e força que me forneceu durante toda a vida e principalmente durante momentos de mais dificuldades.

Aos meus pais Vilso Luiz Pasini e Clementina Pasini (*in memoriam*) por todos os ensinamentos, educação, apoio, incentivo e conforto. A eles devo minha eterna gratidão.

A toda minha família que esteve ao meu lado me dando forças e apoiando em todos os momentos.

A minha namorada, Milena Trentin, pelo apoio,atenção,incentivo e amizade em todos os momentos de alegrias e tristezas, me ajudando a superar todas as dificuldades durante essa jornada.

Ao Prof. Dr. Carlos André Bahry não só pela orientação acadêmica prestada, mas pelos ensinamentos, conselhos e amizade.

Aos amigos e colegas dos grupos dos laboratórios de Sementes, Fitomelhoramento e de Plantas Daninhas da UTFPR, pela amizade, companheirismo e auxílio na realização deste e de outros trabalhos.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Pato Branco e aos professores do Curso de Agronomia pelos conhecimentos transmitidos.

A todos os meus colegas e amigos que de uma forma ou de outra me ajudaram no decorrer da minha formação acadêmica.

Enfim a todos que de alguma forma me auxiliaram nessa caminhada até aqui, cada contribuição foi essencial para a realização dessa etapa em minha vida. Muito Obrigado.

RESUMO

PASINI, Renato. Resposta de cultivares de soja de ciclo precoce à adubação nitrogenada e à inoculação com *bradyrhizobium* em semeadura do cedo na região sudoeste do paraná. 52 f. TCC (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Pato Branco, 2015.

A adubação nitrogenada na cultura da soja ainda causa muitos debates no meio científico quanto a sua real necessidade, eficiência e viabilidade econômica. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agrônômico da soja submetida a diferentes doses de nitrogênio aplicado no sulco de semeadura e a realização ou não da prática de inoculação. Os ensaios foram conduzidos em Pato Branco – PR, na safra 2014/2015. Sendo dois ensaios, com as cultivares NS 4823 RR e P95Y21 RR, submetidas a quatro doses de adubação nitrogenada (0, 20, 40 e 60 Kg ha⁻¹ de N) e aplicação ou ausência de inoculante à base de *Bradyrhizobium japonicum*, aplicado na dose de 1x10¹⁰ UFC Kg⁻¹ de semente. As variáveis analisadas foram estande e estatura de plantas aos trinta dias após a semeadura, em R1, R5 e na colheita; número e massa seca de nódulos por planta; massa seca média por nódulo; altura de inserção da primeira vagem, número de vagens por planta, número de grãos por vagem; massa de mil grãos; produtividade; teor de proteína nos grãos; e, extração de N pelas plantas. Os experimentos foram avaliados em modelo de parcelas subdivididas. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e submetidos à regressão e comparação de médias por Tukey, a 5% de probabilidade. O fator doses de N foi significativo para 18 das 20 variáveis estudadas, em ambas as cultivares, enquanto o fator inoculante foi significativo somente para produtividade de grãos da cultivar P95Y21 RR. A aplicação de N no sulco de semeadura da soja contribuiu para o incremento de produtividade da soja. Doses elevadas de N na linha de semeadura reduziram o estande de plantas, bem como a massa seca dos nódulos por planta, em virtude da menor massa seca média por nódulo, e em menor nível pelo número total de nódulos por planta. Houve relação positiva entre doses de N crescentes na linha de semeadura, produtividade de grãos e extração de N pela soja até a dose de 40 kg ha⁻¹ do nutriente, com redução a partir de então, especialmente para a cultivar P95Y21 RR. Baixa quantidade de N na linha de semeadura, juntamente com o uso de inoculante à base de *Bradyrhizobium japonicum*, contribuíram para a produtividade da cultivar NS 4823 RR. Para a cultivar P95Y21 RR, esse efeito positivo ocorreu até a dose máxima de 60 kg ha⁻¹. Cultivares de soja respondem de forma distinta à adubação nitrogenada na linha de semeadura e à inoculação com *Bradyrhizobium japonicum*.

Palavras-chave: *Glycinemax*, doses de nitrogênio, época de semeadura.

ABSTRACT

PASINI, Renato. Response o early cicle soybean cultivars to nitrogen fertilization and inoculation with *bradyrhizobium* in early sowing in the southwest paraná region. 52 p. TCC (Agronomy course), Federal University of Technology – Paraná - Campus PatoBranco, 2015.

A Nitrogen fertilization in soybean still causes much debate in the scientific community about it's real need, efficiency and economic viability. The objective of this study was to evaluate the agronomic performance of soybean under different levels of nitrogen applied in the sowing row and the realization or not of the practice of inoculation. The tests were carried out in PatoBranco - PR, in the 2014/2015 season. Being two separated trials, with NS 4823 RR and P95Y21 RR cultivars, submitted to four nitrogen fertilization rates (0, 20, 40 and 60 kg ha⁻¹ N) and the application or not of the inoculants based on *Bradyrhizobium japonicum*, applied in a dose of 1x10¹⁰ UFC kg⁻¹ of seed. The variables evaluated were stand and plant height at thirty days after sowing, in R1, R5 and harvesting; number and dry mass of nodules per plant; average dry mass per node; height of first pod insertion, number of pods per plant, number of seeds per pod; thousand grain weight; productivity; protein content in grains; and N extraction by plants. The trials were evaluated in a split plot model. Data were submitted to analysis of variance by the F test, regression and comparison of means by Tukey at 5% probability. The N rates factor was significant for 18 of the 20 variables studied in both cultivars, while the inoculant factor was significant only for grain yield cultivar P95Y21 RR. The application of nitrogen in soybean sowing row contributed to the increase of soybean productivity. High N doses at sowing row reduced the plant stand, as well as the dry mass of nodules, due to lower average weight per node, and to a lower level by the number of nodes by plant. There was a positive relationship between increasing doses of N at sowing line, grain yield and N extraction by soybean up to a dose of 40 kg ha⁻¹ of the nutrient, reducing after that dose, especially for P95Y21 RR cultivar. Low amounts of N at sowing line, along with the use of inoculants based on *Bradyrhizobium japonicum*, contributed to the productivity of the cultivar NS 4823 RR. To cultivate P95Y21 RR, this positive effect was up to the maximum dose of 60 kg ha⁻¹. Soybean cultivars respond differently to nitrogen fertilization in the row and inoculation with *Bradyrhizobium japonicum*.

Keywords: *Glycine max*, nitrogen doses, sowing date.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1:** Estande de plantas (A) e estatura de plantas aos 30 dias após a semeadura (B) da cultivar NS4823 RR. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.....**28**
- Figura 2:** Estande de plantas (A) e estatura de plantas aos 30 dias após a semeadura (B) da cultivar P95Y21 RR. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.....**29**
- Figura 3:** Estatura de plantas (A), massa seca de nódulos por planta (B), número de nódulos por planta (C) e massa seca média por nódulo (D) no estádio R1 da cultivar NS4823 RR. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.....**30**
- Figura 4:** Estatura de plantas (A), massa seca de nódulos por planta (B), número de nódulos por planta (C) e massa seca média por nódulo (D) no estádio R1 da cultivar P95Y21 RR. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.....**31**
- Figura 5:** Estatura de plantas (A), massa seca de nódulos por planta (B), número de nódulos por planta (C) e massa seca média por nódulo (D) no estádio R5 da cultivar NS4823 RR. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.....**32**
- Figura 6:** Estatura de plantas (A), massa seca de nódulos por planta (B), número de nódulos por planta (C) e massa seca média por nódulo (D) no estádio R5 da cultivar P95Y21 RR. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.....**34**
- Figura 7:** Estatura de plantas (A), número de ramificações (B), número de vagens (C) e número de grãos por planta (D) na colheita da cultivar NS 4823 RR. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.....**35**
- Figura 8:** Estatura de plantas (A), número de ramificações (B), número de vagens (C) e número de grãos por planta (D) na colheita da cultivar P95Y21 RR. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.....**36**
- Figura 9:** Massa de mil grãos (A), Rendimento de grãos (B), teor de proteína nos grãos (C) e extração de nitrogênio (D) da cultivar NS 4823 RR. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.....**38**
- Figura 10:** Massa de mil grãos (A), Rendimento de grãos (B), teor de proteína nos grãos (C) e extração de nitrogênio (D) da cultivar P95Y21 RR. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.....**41**
- Figura 11:** Correlações de Pearson entre o rendimento de grãos e a extração de nitrogênio. Para o cultivar NS4823 RR sem inoculante (A), com inoculante (B) e para o cultivar P95Y21 RR sem inoculante (C) e com inoculante (D). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.....**43**

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Análise química do solo, na profundidade de 0–20 cm, realizada no local antes da implantação do experimento. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.....	22
Tabela 2: Resumo da ANOVA para caracteres avaliados para a cultivar NS4823 RR. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.....	26
Tabela 3: Resumo da ANOVA para caracteres avaliados para a cultivar P95Y21 RR. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.....	27
Tabela 4: Massa seca de nódulos em R5 do cultivar NS4823 RR UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.....	33
Tabela 5: Rendimento de grãos e extração de nitrogênio do cultivar NS4823 RR UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.....	39
Tabela 6: Rendimento de grãos e extração de nitrogênio do cultivar P95Y21 RR. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.....	42

LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1:** Precipitação total e médias de temperatura média, máxima e mínima diária durante o desenvolvimento do experimento.. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.....**45**
- Anexo 2:** Médias históricas de precipitação e temperaturas média, máxima e mínima mensal para o município de Pato Branco entre os anos de 1982 e 2012. (Adaptado de Climate-Data.org). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.....**45**

LISTA DE SIGLAS E ACRONIMOS

Al	Alumínio
ANEC	Associação Nacional dos Exportadores de Cereais
ANOVA	Análise da Variância
Ca	Cálcio
CaCl ₂	Cloreto de cálcio
cm	Centímetros
CV	Coeficiente de variação
DAE	Dias após a emergência
DAS	Dias após a semeadura
EUA	Estados Unidos da América
FBN	Fixação Biológica de Nitrogênio
g	Grama
H	Hidrogênio
ha	Hectare
K	Potássio
Kg	Quilograma
L	Litro
m	Metro
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e abastecimento
mg	Miligrama
MO	Matéria orgânica
MOS	Matéria orgânica do solo
N	Nitrogênio
N ₂	Gás nitrogênio
NH ₃	Amônia
NH ₄ ⁺	Amônio
P	Fósforo
pH	Potencial Hidrogeniônico
PR	Paraná
%	Porcentagem
QME	Quadrado médio do erro
R ²	Coeficiente de determinação
R1	Início do florescimento
R5	Enchimento de grãos
SB	Soma de bases
t	Tonelada
UFC	Unidades formadoras de colônia
USDA	Departamento de Agricultura dos Estados Unidos
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
V	Saturação por bases

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	17
2.1. OBJETIVOS GERAIS	17
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3. REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1. A CULTURA DA SOJA E SUA IMPORTÂNCIA	18
3.2. FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO E INOCULAÇÃO.....	19
3.3. UTILIZAÇÃO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS NA CULTURA DA SOJA 21	
4. MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1. DESCRIÇÃO DO LOCAL	23
4.2. IMPLANTAÇÃO E MANEJO.....	23
4.3. CARACTERES AGRONÔMICOS AVALIADOS	24
4.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
6. CONCLUSÕES	45
7. APÊNDICES	46
8. REFERÊNCIAS	47

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycinemax* (L.) Merrill) é uma das principais commodities agrícolas do Brasil e do mundo. Apresenta elevada importância por possuir alto potencial produtivo combinado com altos teores de óleo (20%) e, principalmente, proteína (40%); sendo assim de grande importância econômica, principalmente para a fabricação de rações para animais e para alimentação humana (LOPES et al., 2002; MAPA, 2013).

No Brasil, aproximadamente 31,5 milhões de hectares foram cultivados com a cultura na safra 2014/2015, obtendo-se produtividade média de 2.993 Kg ha⁻¹; a segunda maior média histórica de rendimento da cultura no país, atingindo assim, o recorde nacional de produção, com 96,2 milhões de toneladas de soja comercial produzida (CONAB,2015).

O rendimento da cultura aumentou significativamente nas últimas três décadas, devido à combinação do ganho genético das cultivares e no manejo da cultura. A taxa anual de incremento no rendimento de soja no mundo é de 28 Kg ha⁻¹; porém, o rendimento médio obtido ainda se encontra muito aquém do potencial da cultura, que é de 18 t ha⁻¹ (VENTIMIGLIA et al., 1999; WILCOX et al., 2004).

Para a obtenção de rendimentos elevados, diversos fatores precisam estar de acordo com as necessidades da cultura, como condições edafoclimáticas e o manejo correto. Neste, é de extrema importância o suprimento adequado de nutrientes para o desenvolvimento da cultura (BAHRY, 2011).

No caso da soja, a maior exigência nutricional é pelo nitrogênio, utilizado para as funções básicas da planta, sendo metabolizado e usado para a formação de aminoácidos, proteínas e lipídeos, exigindo, aproximadamente, 80 Kg de nitrogênio para produzir uma tonelada de grãos (SINCLAIR & DE WIT, 1975; HUNGRIA et al., 2001). A maior parte dessa demanda é suprida pela fixação biológica de nitrogênio, pela simbiose da soja com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, processo que é responsável por até 90% do N fixado naturalmente (TAIZ & ZIEGER, 2009).

Na maior parte das pesquisas em torno do assunto se verificou que a adubação nitrogenada deve ser evitada quando a prática da inoculação é realizada de maneira correta. Porém, fatores como o lançamento de cultivares com maior potencial produtivo, em que a fixação biológica não atende a demanda total da

planta por N, ciclo mais precoce, consolidação do sistema de plantio direto e resultados de pesquisas norte americanas com resposta da soja a aplicação tardia de N, trouxeram novamente a discussão sobre a necessidade de utilização de fertilizantes nitrogenados na cultura da soja (KLARMANN, 2004; MENDES et al., 2008; PARENTE, 2014).

Levantou-se a hipótese de que o rendimento da cultura da soja pode ser aumentado utilizando-se doses maiores de N na semeadura do cedo, em cultivares precoces, sem prejudicar o processo de nodulação.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVOS GERAIS

Avaliar o desempenho agronômico de duas cultivares de soja de ciclo precoce, semeadas no cedo, na região sudoeste do Paraná, submetidas a diferentes doses de nitrogênio aplicado no sulco de semeadura e a realização ou não da prática de inoculação, bem como seu reflexo sobre o teor de nitrogênio dos grãos produzidos.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o efeito de diferentes doses de N e da inoculação sobre o rendimento de grãos e componentes de rendimento da soja.
- Avaliar a influência da adubação nitrogenada no número e na massa de nódulos nas plantas de soja
- Avaliar a correlação das doses de N no sulco de semeadura com a emergência de plântulas e altura de plantas durante o desenvolvimento da cultura.
- Indicar a dose ótima de N na semeadura do cedo e da prática de inoculação para as cultivares avaliadas na região sudoeste do Paraná.
- Avaliar o teor de nitrogênio nos grãos de soja em resposta às doses de N e à inoculação.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. A CULTURA DA SOJA E SUA IMPORTÂNCIA

A soja é a planta oleaginosa mais cultivada no mundo. Na safra 2013/2014 correspondeu a 56% da produção mundial de espécies oleaginosas. A produção mundial estimada de soja foi de 283,63 milhões de toneladas, produzidas em uma área de 113,27 milhões de hectares, obtendo-se produtividade média de 2,5 toneladas ha⁻¹ (USDA, 2015).

A cultura é responsável por, aproximadamente, 30% do suprimento mundial de óleo vegetal, destinado principalmente ao consumo humano, como óleos para frituras, gordura vegetal e margarinas ou, para a crescente demanda com fonte alternativa de biocombustível e, também, por, aproximadamente, 60% do suprimento de proteína mundial (COSTA NETO & ROSSI, 2000; MATTA, 2008).

O consumo interno da oleaginosa no Brasil é de aproximadamente 40 milhões de toneladas, sendo produzidas 28 milhões de toneladas de farelo e sete milhões de litros de óleo (CONAB, 2014). A cultura é responsável, ainda, por uma fatia significativa das exportações agrícolas brasileiras, tanto em grão como em farelo e óleo, totalizando um valor exportado de U\$ 30,28 bilhões no ano de 2013 (ANEC, 2014).

Para atender a elevada demanda mundial pela soja e seus produtos, se faz necessário o incremento do rendimento da cultura por área e de sua capacidade competitiva, ambas estreitamente relacionadas aos avanços científicos e ao maior volume de tecnologias disponibilizadas ao setor produtivo (COSTA et al., 2004). Os programas de melhoramento genético são fundamentais para atingir este objetivo, porém ressalva-se que a genética da cultivar não é capaz, por si só, de garantir a obtenção de elevados rendimentos; é necessário o desenvolvimento de pacotes tecnológicos para a cultura, executar melhorias na fertilidade do solo e utilizar o correto manejo de pragas e doenças (GIANELLO & GIASSON, 2004; FREITAS, 2011).

No que tange à nutrição da soja, o nitrogênio ganha destaque como o nutriente demandado em maior quantidade. No entanto, devido à característica de fixação biológica de N, por meio de simbiose das plantas com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, nesse quesito, a cultura apresenta baixo custo de produção, sendo

de grande interesse para os agricultores, por dispensar a aplicação de fertilizantes nitrogenados (AMADO et al., 2010).

Ainda nesse sentido, de acordo com a média nacional de produtividade de soja, a demanda de N pela cultura pode ser suprida somente pela fixação biológica; porém, dentro dessa média existem muitos agricultores obtendo tetos produtivos acima de 4 t ha^{-1} , os quais estão migrando dessa prática para a possibilidade de aplicação de nitrogênio suplementar na soja, juntamente com a inoculação elevando assim o rendimento da cultura e evitando um possível empobrecimento do solo (BAHRY, 2011). Além disso, com a adoção da semeadura antecipada da soja e o uso de cultivares de ciclo precoce, visando a realização de uma segunda safra, muitos técnicos têm recomendado a prática da adubação nitrogenada no sulco de semeadura, como uma forma de proporcionar um arranque inicial mais rápido das plantas na lavoura. Porém, este tema ainda é polêmico e exige mais estudos para se chegar a um senso comum.

3.2. FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO E INOCULAÇÃO

O nitrogênio é o nutriente mais exigido pela cultura da soja, sendo necessários 80 Kg de N para a produção de uma tonelada de grãos; assim, para atingir rendimento de 4000 Kg ha^{-1} a cultura precisa absorver 320 Kg ha^{-1} de N e, destes, 260 Kg ha^{-1} seriam exportados, pois a concentração média do nutriente nos grãos é de 6,5% (CRISPINO et al., 2001; HUNGRIA et al., 2007).

A demanda de nitrogênio é elevada, dada a sua importância para diversas funções na planta, como constituinte dos ácidos nucleicos, hormônios e clorofila, fotossíntese, produção e translocação de fotoassimilados, além do crescimento de raízes e parte aérea; sendo absorvido pela planta na forma de NH_4^+ e NO_3^- (RYLE et al., 1979; TAIZ & ZIEGER, 2009; ROCKENBACH & CAMPOS, 2010).

O nitrogênio pode ser fornecido para a cultura por meio do N mineral presente no solo, da decomposição da matéria orgânica do solo (MOS), pela associação da planta com bactérias simbióticas do gênero *Bradyrhizobium* e por fertilizantes minerais e orgânicos (KLARMANN, 2004).

Estima-se que a fixação biológica de nitrogênio (FBN) seja responsável por fornecer entre 65% e 85% do N demandado pela cultura da soja no Brasil.

Assim, o incremento do teor de N no solo é de suma importância para a obtenção de elevados rendimentos, podendo ser realizada pela aplicação de fertilizantes ou da elevação gradual da matéria orgânica do solo (AMADO et al., 2010).

A relação de simbiose planta-rizóbio é realizada de forma que a planta forneça carboidratos às células bacterianas, às quais fixam o nitrogênio (N₂) do ar do solo em amônia (NH₃), por meio da enzima nitrogenase e, posteriormente, é incorporado em aminoácidos precursores de proteínas. Durante este processo, os nódulos possuem coloração interna avermelhada, devido à atividade da leghemoglobina, que é responsável pelo controle dos níveis de oxigênio no interior do nódulo (COSTA, 1996; THOMAS & COSTA, 2010).

Os rizóbios ocorrem naturalmente na natureza como organismos de vida livre no solo e, para o estabelecimento da simbiose, os bradirizóbios produzem um sinal, chamado fator de nodulação, após estes terem se multiplicado por serem atraídos pelas secreções dos pelos radiculares, especialmente flavonóides e betaínas (PHILLIPS & KAPULNICK, 1995; OLDROYD & DOWNIE, 2008; THOMAS & COSTA, 2010).

Porém, por mais que estes ocorram naturalmente, diversos estudos indicam que a prática de inoculação acarreta em um aumento da produtividade e, também, é uma ferramenta de baixíssimo custo aos agricultores. Mesmo em solos onde o cultivo da soja é comum, a reinoculação se mostra viável, com ganhos médios de produtividade entre 4,5% a 8,0% (HUNGRIA et al., 1998; VOSS, 2001; ALVES et al., 2003; HUNGRIA, 2006).

Diversos fatores influenciam a eficiência da FBN, sendo a acidez, temperatura e umidade do solo os principais (BIZARRO, 2004). A acidez está diretamente ligada com a toxidez por alumínio e manganês, e deficiência de macro e micronutrientes, prejudicando o crescimento das raízes de soja e a formação e atividade dos nódulos, sendo o pH ideal entre 6 e 7 (HUNGRIA et al., 1994). Temperaturas entre 37 e 39°C já reduzem a população de *Bradyrhizobium* no solo, além de causarem a senescência dos nódulos, enquanto a temperatura ideal se encontra entre 25 e 35°C (HUNGRIA & VARGAS, 2000). Já a deficiência hídrica, que normalmente é acompanhada por elevadas temperaturas, reduz o desenvolvimento da soja, acarretando em um menor fornecimento de fotoassimilados aos nódulos, além de diminuir a sobrevivência das bactérias, a formação, a longevidade e a eficiência dos nódulos (SERRAJ et al., 1999).

Existe outro fator que influencia negativamente na nodulação, que é o acúmulo de moléculas de glifosato nos nódulos; isso devido à molécula do herbicida ser translocada até as raízes após ser absorvido pela parte aérea, no caso de cultivares de soja transgênicas, com resistência ao glifosato. Em consequência disso, pode ser observada a ocorrência do aumento da concentração de shiquimato e ácidos benzóicos na planta, podendo cessar o seu crescimento e, até mesmo, levar à morte do *Bradyrhizobium*, conforme a concentração do herbicida (HERNANDEZ et al., 1999; ZABLOTOWICZ & REDDY, 2004).

A inoculação da soja com *Bradyrhizobium* é uma prática simples, barata e de elevada eficiência na fixação de N₂, evitando elevados custos com adubação nitrogenada e riscos de contaminação do ambiente por nitrato. Isso é essencial para a maior competitividade da cultura no cenário globalizado, que exige elevada produtividade de grãos para a viabilidade do cultivo da soja (THOMAS & COSTA, 2010).

3.3. UTILIZAÇÃO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS NA CULTURA DA SOJA

Apesar de diversos estudos afirmarem que toda a demanda de nitrogênio da cultura da soja é suprida pela FBN, em muitas situações o nutriente é aplicado no momento da semeadura para promover maior crescimento inicial e prevenir sintomas de deficiência nos estádios iniciais (NOGUEIRA et al., 2010; PEREIRA et al., 2010). Pequenas doses de nitrogênio no momento da semeadura podem auxiliar o “arranque” inicial da cultura, pois a FBN só vai aportar uma quantidade significativa de N a partir de 15 a 35 dias após a emergência (DAE) (SFREDO, 1986). Na contramão dessa prática, pesquisas têm demonstrado que doses maiores que 20 Kg ha⁻¹ de N podem inibir a nodulação e resultar em respostas negativas no rendimento (SILVA et al., 2011).

A presença de N no solo, proveniente de fonte mineral, pode reduzir o potencial de nodulação e fixação de N₂ na interação simbiótica entre planta e *Bradyrhizobium*. Diversos ensaios realizados, em várias regiões do Brasil, sugerem que a adição de N mineral, em qualquer estágio de desenvolvimento, prejudica a fixação de N₂, além de não aumentar a produtividade da cultura (MERCANTE et al., 2011).

Contudo, a fertilização com nitrogênio pode ser necessária para maximizar o potencial de rendimento da cultura da soja em condições de elevado potencial produtivo (WESLEY et al., 1998; SALVAGIOTTI et al., 2009). Isso ocorre, pois a demanda de nitrogênio fornecida pela FBN vem sendo muito exigida conforme os rendimentos da cultura da soja continuam a aumentar (WILSON et al., 2013). Estudos realizados nos EUA demonstraram redução gradual na FBN ao longo dos anos, fornecendo entre 36 e 69% do N extraído pela cultura, resultando em uma média de 52% de fornecimento do N extraído. E, essa proporção, foi reduzida a menores níveis com a aplicação de fertilizantes nitrogenados (SALVAGIOTTI et al., 2008).

Em casos em que a quantidade de N presente no solo e, a fornecida pela FBN, não atingem o requerimento total de nitrogênio pela cultura, principalmente em elevados rendimentos, podem ser observadas respostas à utilização de adubação nitrogenada. Por exemplo, a aplicação de fertilizantes minerais nitrogenados, antes ou durante a semeadura, resultou em incrementos de 2 a 26% no rendimento (FERGUSON et al., 2000; OSBORN & RIEDELL, 2006; SALVAGIOTTI et al., 2009).

Pequenos aumentos na concentração de proteína nos grãos e reduções na concentração de óleo foram observados com a aplicação de 56 e 168 Kg ha⁻¹ de N (WEBER, 1966). Porém, resultados mais recentes demonstraram o inverso, em que a aplicação de elevadas doses de N no sulco, em semeaduras do cedo, causaram aumento no rendimento da cultura, mantendo a extração de nitrogênio; resultando assim, na redução dos teores de proteína nos grãos (RAY et al., 2006).

Os trabalhos relacionados ao uso de nitrogênio suplementar na cultura da soja apresentam resultados muito controversos, isso está atrelado à complexidade da relação planta – rizóbio; diversos fatores edafoclimáticos e de manejo podem proporcionar resultados divergentes (BAHRY, 2011).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. DESCRIÇÃO DO LOCAL

Os experimentos foram conduzidos em uma lavoura comercial, com histórico de plantio direto desde 1990, situada na comunidade de Fazenda da Barra, interior do município de Pato Branco – PR (altitude de 829 m, Latitude de 26°16'22"S e Longitude 52°38'37"W), na safra 2014/2015. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa (BHERING ET al., 2008) e suas características químicas são descritas na Tabela 1, clima, conforme classificação de Koppen, é do tipo Cfa (clima temperado úmido com verão quente).

Tabela 1. Análise química do solo, na profundidade de 0–20 cm do local do experimento, realizada antes da sua instalação. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.

pH (CaCl ₂)	Cátions trocáveis					P	M.O.	V	SB
	H+Al*	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺				
-	----- cmoldm ⁻³ -----					mg dm ⁻³	g dm ⁻³	--- % ---	
4,80	4,96	0,00	7,8	2,6	0,30	11,78	46,91	68,33	10,70

4.2. IMPLANTAÇÃO E MANEJO

Dois experimentos foram implantados, sendo um para cada cultivar de soja utilizada, NS4823 RR e P95Y21 RR, ambas pertencentes ao grupo de maturidade relativa 5.2, utilizando o delineamento experimental de blocos casualizados, com parcelas subdivididas e três repetições. Nas parcelas principais ficou localizado o fator inoculação, sendo composto por um tratamento inoculado com *Bradyrhizobium japonicum*, estirpes SEMIA 5079 e SEMIA 5080, aplicados na forma líquida diretamente à semente no momento da semeadura, com dose de 1×10^{10} UFC Kg⁻¹ de semente, e um tratamento testemunha, sem inoculação. Nas subparcelas foram alocados quatro níveis de adubação nitrogenada (controle; 20; 40; e, 60 Kg ha⁻¹ de N) fornecidas por meio de fonte amídica (45% de N). Totalizando assim, 24 unidades experimentais para cada experimento, cada uma possuindo área total de 15,75 metros quadrados, sendo cinco metros na linha e sete

linhas, com espaçamento de 0,45 metros entrelinhas. Sendo a área útil de cada unidade experimental 11,25 metros quadrados, composta por cinco linhas de quatro metros de comprimento.

A semeadura foi realizada no dia 05 de outubro, sendo a adubação realizada de forma homogênea, manualmente, nos sulcos de semeadura, pela distribuição de uma mistura de superfosfato simples, na dose de 67 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, e cloreto de potássio, na dose de 60Kg ha⁻¹ de K₂O, para o fornecimento de fósforo e potássio para suprir as necessidades da cultura, dosados após a caracterização química do solo e, para atingir os níveis de adubação nitrogenada desejadas, utilizou-se ureia (45% de N). Os sulcos de semeadura foram previamente realizados utilizando uma semeadora-adubadora Kuhn PDM PG 700, com sulcadores do tipo disco. Depois, de forma manual, estes foram abertos de forma uniforme para a distribuição dos fertilizantes, a 10 cm de profundidade. E, após serem novamente fechados, a semeadura foi realizada com a mesma semeadora-adubadora.

O manejo de pragas, doenças e plantas daninhas foi realizado por meio de pulverizações com defensivos conforme as necessidades da cultura durante o seu desenvolvimento, utilizando-se um pulverizador hidráulico Jacto AM-14 com bicos tipo leque 110.02, distanciados entre si em 0,50 metros, totalizando volume de calda de 200 L ha⁻¹.

4.3. CARACTERES AGRONÔMICOS AVALIADOS

Estande de plantas: Determinado pela contagem de plantas na parcela útil. A avaliação foi realizada em quatro momentos: 30 dias após a semeadura (DAS), R1, R5, de acordo com escala de Fehr e Caviness (1977) e Ritchie et al. (1982), e no momento da colheita. Resultado expresso em mil plantas ha⁻¹.

Estatura de planta: Medida da distância entre o nível do solo até o ápice da planta. Avaliação realizada aos 30 DAS, R1, R5 e no momento da colheita, em 10 plantas por parcela. Resultado expresso em centímetros.

Número de nódulos por planta: Nos estádios R1 e R5 foram coletadas 10 plantas por parcela, removidas suas raízes e lavadas em água corrente, com remoção e contabilização manual dos nódulos.

Massa seca de nódulos por planta: Após a contagem dos nódulos, estes foram colocados em sacos de papel e levados à estufa a 65°C, com ventilação

forçada, até atingirem massa constante e, posteriormente, pesados em balança analítica de precisão 0,0001g. Avaliação realizada em dois momentos: R1 e R5. Resultado expresso em miligramas por planta.

Massa seca média por nódulo: Obtida pela divisão da massa seca total de nódulos por planta pelo número de nódulos por planta. Avaliação realizada em dois momentos: R1 e R5. Resultado expresso em miligramas por nódulo.

Altura de inserção da primeira vagem: Determinada pela distância entre o nível do solo e a inserção da primeira vagem na haste principal. Resultado expresso em centímetros. Avaliação realizada em 10 plantas por parcela no momento da colheita.

Número de vagens por planta: Contagem total das vagens inseridas na planta. Avaliado em 10 plantas por parcela.

Número de grãos por vagem: Divisão do número total de grãos por planta pelo número de vagens por planta. Avaliado em 10 plantas por parcela.

Massa de mil grãos: Realizada por meio da pesagem de oito repetições de cem grãos em cada parcela e transformada para massa de mil grãos. Expresso em gramas.

Produtividade: Peso total dos grãos de cada repetição, corrigido para 12% de umidade, transformando o resultado para hectare. Resultado expresso em Kg ha^{-1} .

Teor de Proteína nos grãos: Após a colheita os grãos foram secos em estufa até atingirem 12% de umidade, moídos e então foi selecionada somente a fração que ultrapassou peneira com abertura de 60 Mesh. Posteriormente, essa fração foi submetida à análise química para determinação da concentração de nitrogênio (N) e, então, convertido para proteína, por meio do fator de correção, utilizando o método de Kjeldhal (TEDESCO et al., 1995).

Extração de nitrogênio: Obtido pela multiplicação do rendimento de grãos pelo teor de nitrogênio nos grãos. Resultado expresso em Kg ha^{-1} .

4.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os experimentos foram avaliados em modelo de parcelas subdivididas considerando a utilização de inoculante e doses de nitrogênio como fatores fixos. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, identificando as

possíveis interações entre as doses de nitrogênio e a utilização de inoculante. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de regressão e comparação de médias, utilizando o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. As análises foram realizadas com o auxílio software Genes (CRUZ, 2006) e os gráficos foram construídos com o auxílio do software SigmaPlot 12.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com exceção dos caracteres de altura de inserção da primeira vagem e número de grãos por vagem, todos os caracteres foram significativos ($p < 0,01$; $p < 0,05$) para as doses de nitrogênio, para ambas as cultivares utilizadas (Tabelas 2 e 3).

Para a cultivar NS4823 RR os caracteres de rendimento de grãos e extração de nitrogênio foram significativos para aplicação de inoculante e houve interação entre inoculante x doses de nitrogênio.

Tabela 2. Resumo da ANOVA para caracteres avaliados para a cultivar NS4823 RR. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.

Caracteres	Fontes de Variação (QME)						CV (A) (%)	CV (B) (%)
	Bloco	(A)	Erro (A)	(B)	A x B	Erro (B)		
Estande	225.16	10.08 ^{ns}	155.92	190838.24**	14.47 ^{ns}	142.18	8.08	7.72
Estatura 30 DAS	1.22	0.11 ^{ns}	0.56	4.75**	0.13 ^{ns}	0.45	9.71	8.75
Estatura R1	4.65	0.23 ^{ns}	1.91	2794.5**	1.24 ^{ns}	1.61	7.4	6.79
Massa de nódulos R1	228.8	573.5 ^{ns}	593.34	27017.76**	213.32 ^{ns}	304.97	42.59	30.53
Número de nódulos R1	42.54	40.04 ^{ns}	43.85	1800.11**	34.82 ^{ns}	55.16	45.43	50.96
Massa por nódulo R1	0.12	0.08 ^{ns}	0.06	33.27**	0.1 ^{ns}	0.41	12.5	31.39
Estatura R5	24.53	2.94 ^{ns}	1.9	14248.93**	1.47 ^{ns}	6.31	3.27	5.95
Massa de nódulos R5	887.16	3621.13 ^{ns}	450.67	200793.67**	1939.65*	546.03	13.49	14.84
Número de nódulos R5	113.78	345.04 ^{ns}	78.01	10473.18**	180.62 ^{ns}	188.54	24.42	37.96
Massa por nódulo R5	0.14	0.22 ^{ns}	1.17	42.89**	0.36 ^{ns}	1.07	47.35	45.28
Estatura colheita	2.17	3.53 ^{ns}	0.54	13100.85**	2.18 ^{ns}	6.86	1.82	6.47
Número de ramificações	0.8	0.27 ^{ns}	0.22	9.03**	0.14 ^{ns}	0.34	44.2	55.15
Inserção de vagem	0.01	0.24 ^{ns}	0.285	1.92 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.35	10.93	12.09
Número de vagens	188.44	30.17 ^{ns}	103.23	5157.14**	40.32 ^{ns}	68.46	40.02	32.59
Número de grãos	1034	37.49 ^{ns}	508.31	28953.4**	180.46 ^{ns}	426.55	37.5	34.35
Grãos por vagem	0.01	0.02 ^{ns}	0.01	0.04 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.01	7.91	8.77
Massa de mil grãos	0.61	8.1 ^{ns}	3.1	49429.16**	4.33 ^{ns}	8.54	2.24	3.72
Rendimento	503.76	93145.5 ^{ns}	13547.5	317016.66**	3612067.2**	9323.87	2.89	2.39
Teor de Proteína	0.49	0.48 ^{ns}	0.25	2811.15**	0.29 ^{ns}	0.25	2.64	2.67
Extração de N	21.61	56.42 ^{ns}	4.96	114036.23**	59.39*	15.65	1.86	3.31

(A): Inoculante; (B): Doses de nitrogênio; (QME): Quadrado Médio do Erro; CV: Coeficiente de Variação. (*) (**) Significativo a 5% e 1% de probabilidade de erro; NS: não significativo.

Para a cultivar P95Y21 RR, o rendimento de grãos foi significativo para a aplicação de inoculante e a interação entre inoculante x doses de nitrogênio. Houve interação entre inoculante x doses de nitrogênio para a extração de nitrogênio (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da ANOVA para caracteres avaliados para a cultivar P95Y21. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.

Caracteres	Fatores de Variação (QME)						CV (A) (%)	CV (B) (%)
	Bloco	(A)	Erro (A)	(B)	(A) x (B)	Erro (B)		
Estande	661.73	139.09 ^{ns}	8.85	234255.2**	146.37 ^{ns}	248.25	1.74	9.21
Estatura 30 DAS	3.82	0.15 ^{ns}	0.99	863.77**	0.27 ^{ns}	1.38	9.58	11.31
Estatura R1	8.69	0.28 ^{ns}	0.21	4331.4**	0.38 ^{ns}	3.09	1.98	7.55
Massa de nódulos R1	663.96	287.14 ^{ns}	39.62	26273.45**	345.58 ^{ns}	208.1	11.2	25.67
Número de nódulos R1	28.4	0.24 ^{ns}	3.395	549.48**	0.62 ^{ns}	9.4	22.47	37.4
Massa por nódulo R1	0.53	4.3 ^{ns}	0.87	98.12**	1.66 ^{ns}	0.74	26.66	24.63
Estatura R5	14.43	5.9 ^{ns}	0.47	18983.64**	3.07 ^{ns}	6.92	1.41	5.4
Massa de nódulos R5	751.02	537.71 ^{ns}	365.17	118669.87**	286.01 ^{ns}	412.39	15.79	16.78
Número de nódulos R5	61.4	76.33 ^{ns}	77.02	4077.48**	55.33 ^{ns}	51.13	38.95	31.73
Massa por nódulo R5	0.18	0.18 ^{ns}	0.42	62.96**	0.11 ^{ns}	0.28	23.57	19.1
Estatura colheita	11.39	13.2 ^{ns}	1.65	16350.84**	4.4 ^{ns}	3.93	2.84	4.38
Número de ramificações	0.11	0.02 ^{ns}	0.25	2.86**	0.6 ^{ns}	0.19	83.66	74.42
Inserção de vagem	0.25	0.11 ^{ns}	0.13	1.82 ^{ns}	0.15 ^{ns}	0.42	5.63	10.07
Número de vagens	20.61	16.47 ^{ns}	21.97	2639.81**	6.25 ^{ns}	14.92	25.81	21.27
Número de grãos	99.67	111.67 ^{ns}	81.84	13908.02**	73.12 ^{ns}	84.94	21.71	22.12
Grãos por vagem	0.001	0.002 ^{ns}	0.003	0.023 ^{ns}	0.012 ^{ns}	0.005	4.64	6.23
Massa de mil grãos	48.75	25.05 ^{ns}	12.78	59671.79**	10.22 ^{ns}	17.95	4.14	4.91
Rendimento	6353.67	95096.93*	2870.17	31090720.2**	46906.02**	3554.53	2.72	3.03
Teor de Proteína	1.14	0.49 ^{ns}	1.14	2829.89**	0.19 ^{ns}	0.52	5.68	3.83
Extração de N	113.53	519.12 ^{ns}	96.52	112555.35**	212.23*	44.95	8.29	5.66

(A): Inoculante; (B): Doses de nitrogênio; (QME): Quadrado Médio do Erro; CV: Coeficiente de Variação. (*) (**) Significativo a 5% e 1% de probabilidade de erro; NS: não significativo.

Em relação ao estande de plantas, para a cultivar NS 4823 RR, foi observado o menor número de plantas por área na dose de 60 Kg ha⁻¹ de N, 276 mil plantas ha⁻¹. Em relação ao controle e às demais doses, não houve diferença, variando o estande de 304 a 310 mil plantas ha⁻¹ (Figura 1A); dentro da faixa recomendada pelo obtentor para a respectiva cultivar, de 300 a 330 mil plantas ha⁻¹.

¹. Isso indica que o excesso de N na base prejudica o estabelecimento inicial da soja, reduzindo a população de plantas.

Para a estatura de planta, aos 30 DAS, não se verificou diferença entre o controle e as diferentes doses de N na semeadura, indicando não haver influência do N nesse caráter até a dose máxima avaliada (Figura 1B).

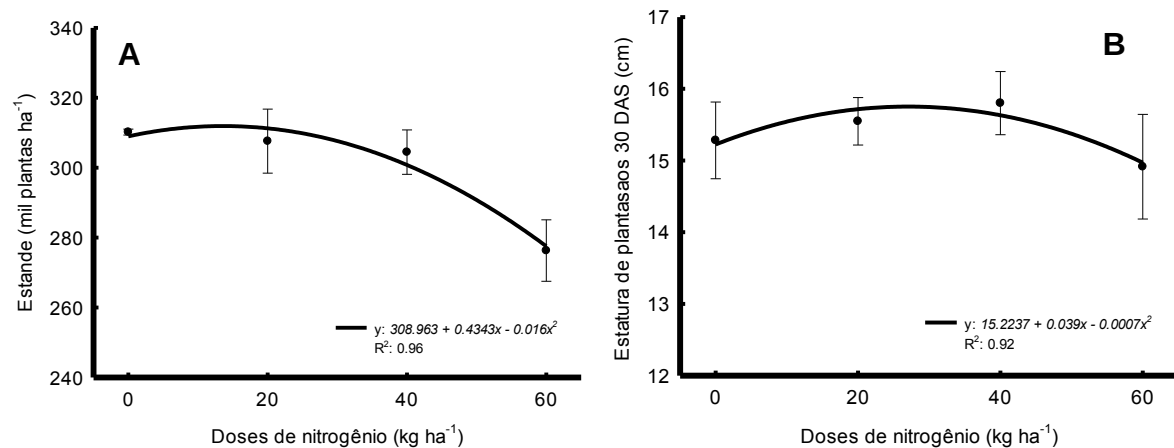


Figura 1: Estande de plantas (A) e estatura de plantas aos 30 dias após a semeadura (B) da cultivar NS4823 RR. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.

Da mesma forma que para a cultivar NS 4823 RR, na cultivar P95Y21 RR foi observado redução do estande de plantas apenas no tratamento que recebeu a dose de 60 kg ha⁻¹ de N, com 288 mil plantas ha⁻¹. Nas demais doses, o estande se manteve equilibrado entre os tratamentos, não havendo diferença (Figura 2A).

É comum existir problemas de emergência de plântulas de soja devido à salinidade causada pelos fertilizantes à base de NPK fornecidos no momento da semeadura; sendo, no entanto, um dos mais prejudiciais o KCl (BEVILAQUA et al., 1996). Além da redução no estande, as plantas remanescentes podem apresentar redução no volume, na massa e no comprimento de raízes (PANOBIANCOI et al., 2012). Doses elevadas de N no sulco de semeadura, em torno de 60 Kg ha⁻¹, podem favorecer a salinização e/ou alcalinização da rizosfera, podendo prejudicar a germinação, estabelecimento e nodulação da soja (IPNI, 2010; SÁ, 1999), podendo este fato estar relacionado ao que foi constatado no presente estudo.

Para a estatura de plantas, aos 30 DAS, houve um incremento da estatura acompanhando o aumento da dose de N, porém não houve diferença

significativa entre as de N aplicadas na semeadura, independente desta e, também, em comparação ao controle (Figura 2B).

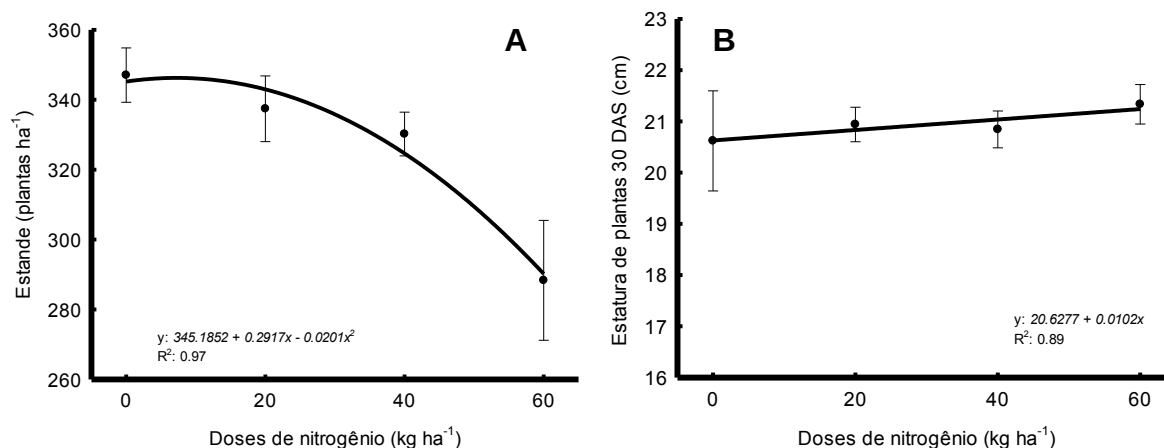


Figura 2: Estande de plantas (A) e estatura de plantas aos 30 dias após a semeadura (B) da cultivar P95Y21 RR. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.

A estatura de plantas em R1, para a cultivar NS 4823 RR, apresentou redução conforme o aumento das doses de N aplicadas no sulco de semeadura, porém não apresentaram diferença significativa, evidenciando que, apesar desta ser menor aos 30 DAS na maior dose, a soja consegue se recuperar nesse caráter com o avanço do desenvolvimento, até o início da fase reprodutiva (Figura 3A).

A massa seca de nódulos por planta apresentou redução com o aumento da dose de N, especialmente quando esta foi de 40 e 60 Kg ha⁻¹, não diferindo ambas entre si. Em valores absolutos, sem N na base, com 20, 40 e 60 Kg ha⁻¹, a massa de nódulos decresceu, 124,2; 104,6; 74,1 e 69,1 mg por planta, respectivamente (Figura 3B), influenciada pela massa seca por nódulo em detrimento ao número de nódulos por planta (Figura 3C e 3D, respectivamente).

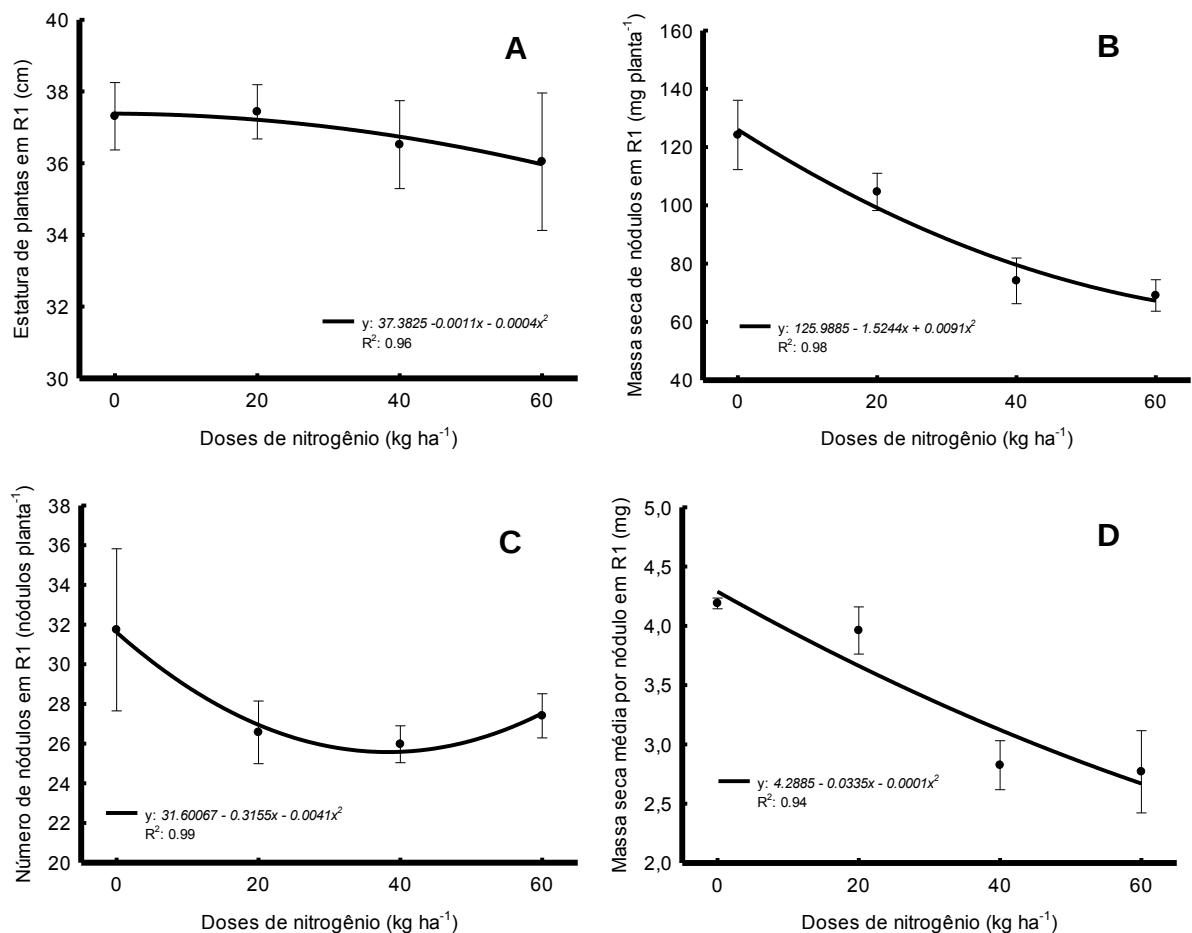


Figura 3: Estatura de plantas (A), massa seca de nódulos por planta (B), número de nódulos por planta (C) e massa seca média por nódulo (D) no estágio R1 da cultivar NS4823 RR. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.

Para a cultivar P95Y21 RR, no estágio R1, não foi observada maior estatura de plantas em função da aplicação crescente de N na linha de semeadura, em relação ao controle (Figura 4A).

Contudo, a massa seca de nódulos por planta apresentou redução com o aumento da dose de N, não havendo diferença entre 40 e 60 Kg por ha⁻¹ do nutriente. Esta massa seca de nódulos decresceu na seguinte ordem: 125,2; 99,6; 62,3 e 51,2 mg por planta, respectivamente, em função do aumento da dose de N (Figura 4B); estando este resultado relacionado à massa seca por nódulo e não em função do número de nódulos por planta (Figuras 4C e 4D).

Ao testarem diferentes doses no sulco de semeadura da soja (10, 20 e 40 Kg ha⁻¹), Mendes & Hungria (2001) observaram redução de até 50 % na nodulação inicial, porém, houve recuperação na massa seca e número de nódulos

na fase do florescimento. Do mesmo modo, Mendes (2003) observou redução da nodulação com a aplicação de N na semeadura, aos 15 dias após a emergência, porém, não houve diferença ao se avaliar novamente esse fator no pré-florescimento, evidenciando recuperação por parte das bactérias quando as doses de N não forem muito elevadas.

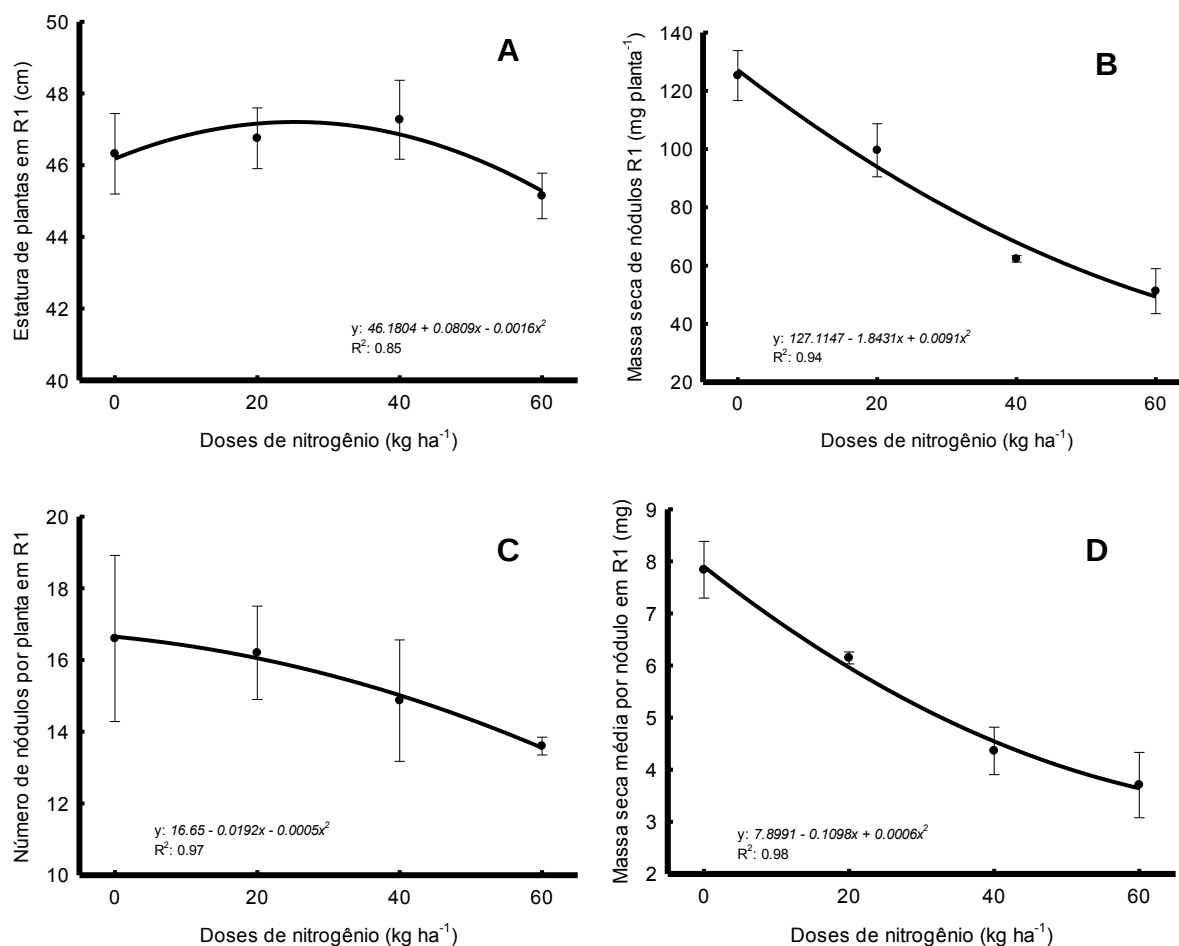


Figura 4: Estatura de plantas (A), massa seca de nódulos por planta (B), número de nódulos por planta (C) e massa seca média por nódulo (D) no estágio R1 da cultivar P95Y21 RR. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.

A estatura de plantas, no estágio de desenvolvimento R5, apresentou um incremento para as doses de 20 e 40 Kg ha⁻¹ de N, porém não apresentaram diferença significativa, de acordo com o observado na Figura 5A.

A massa seca de nódulos por planta apresentou redução em função da aplicação de N, independente das sementes terem recebido tratamento inoculante ou não (Figura 5B). Evidenciou-se que, a massa seca de nódulos foi maior nos

tratamentos que receberam inoculante em comparação aos tratamentos que contaram apenas com as bactérias presentes na área de cultivo (Tabela 4).

O número de nódulos por planta praticamente não variou entre os tratamentos, visto que, tanto no controle como na maior dose de N, os valores foram próximos (Figura 5C). Contudo, a massa seca por nódulo, no estágio de desenvolvimento R5, foi menor à medida que se adicionou doses maiores de N na linha de semeadura (Figura 5D).

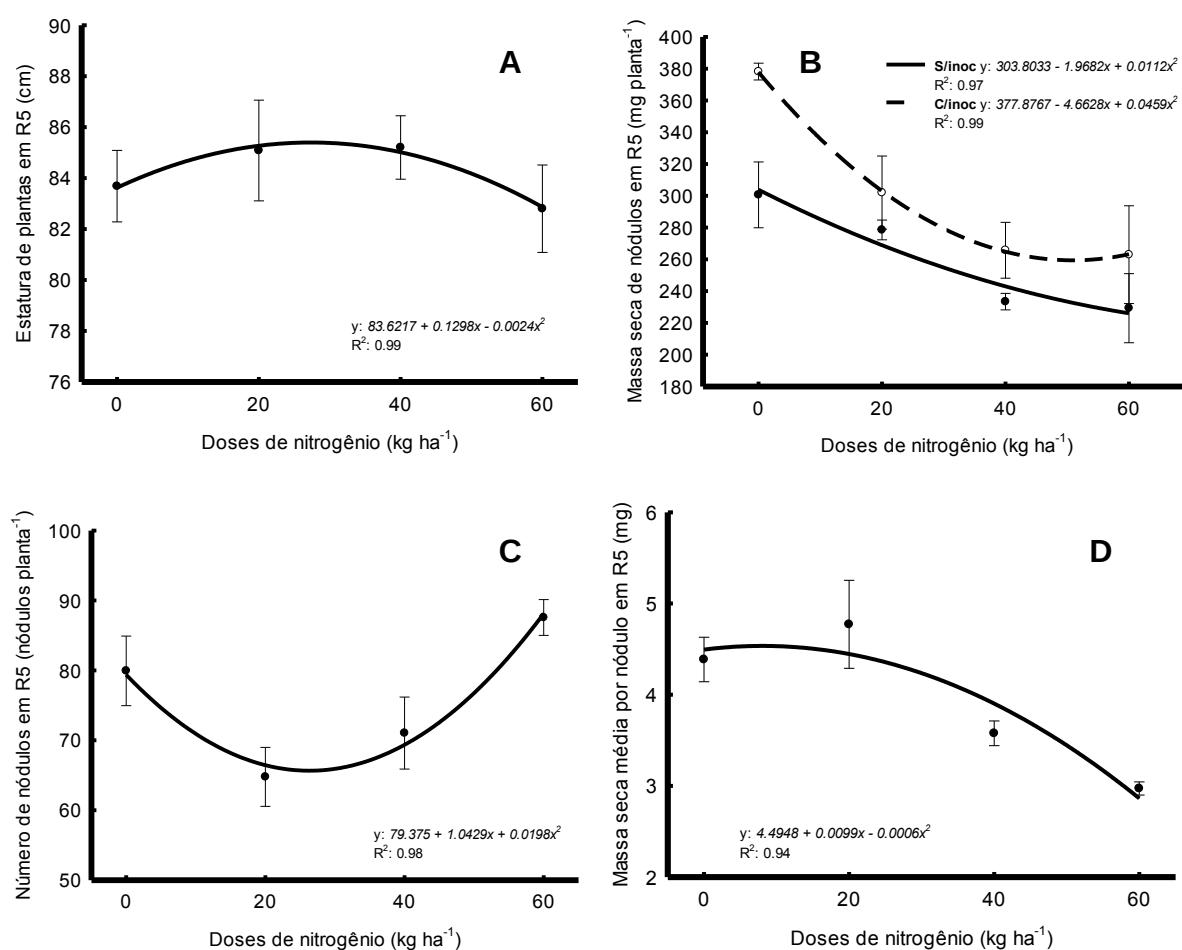


Figura 5: Estatura de plantas (A), massa de nódulos por planta (B), número de nódulos por planta (C) e massa média por nódulo (D) no estágio R5 da cultivar NS4823 RR. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.

Na comparação entre os tratamentos que receberam ou não inoculação, para cada dose de N aplicada (Tabela 4), observou-se que, o uso de inoculante foi favorável à massa seca de nódulos em R5, indicando que a inoculação é benéfica à manutenção da maior massa seca de nódulos até o início da fase de enchimento de grãos na cultura da soja.

Tabela 4. Massa seca de nódulos em R5 da cultivar NS4823 RR UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.

Dose de N (Kg ha ⁻¹)	Massa seca de nódulos em R5 (mg planta ⁻¹)	
	Sem inoculante	Com inoculante
0	300.6B*	378.2A
20	278.5B	302.1 A
40	233.4B	265.7A
60	229.3B	262.9A
CV (%)	14.84	

*Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Para a cultivar P95Y21 RR, a estatura de plantas foi maior nos tratamentos que receberam as maiores doses de N, diferindo do controle. A menor dose não diferiu deste e dos tratamentos que receberam N. Observou-se, também, que, a partir de 40Kg ha⁻¹ houve tendência de redução na altura das plantas (Figura 6A).

A massa seca de nódulos por planta apresentou redução com o aumento da dose de N de 0; 20; 40 e 60 Kg por ha⁻¹ apresentando massa seca de 251,5; 232,5; 213 e 169,8 mg por planta, respectivamente (Figura 6B), havendo diferença entre o controle e o tratamento que recebeu a maior dose na semeadura. Esse caractere está relacionado à massa média por nódulo, que apresentou redução e não pelo número de nódulos por planta (Figuras 6C e 6D).

Muito se discute quanto à prática da reinoculação da cultura da soja em áreas sob longo período de plantio direto, sendo que neste trabalho não houve diferença para as avaliações de nodulação entre os tratamentos com e sem inoculante, com exceção da massa seca de nódulos em R5 para o NS 4823 RR, porém, sem reflexo na produtividade final. Resultado semelhante foi observado por Campos et al. (2001) em áreas sob plantio direto consolidado de 5 a 10 anos, não havendo diferença de nodulação entre os tratamentos inoculado e a testemunha.

Contudo, em uma rede nacional de ensaios visando avaliar os efeitos da reinoculação da soja em áreas que já apresentavam as bactérias no solo devido ao longo tempo de cultivo e às inoculações anteriores, verificou-se que, no Paraná, especificamente em Londrina e Ponta Grossa, essa prática representou ganhos de produtividade da soja variando de 3,2% a 15,2%, evidenciando sua vantagem à não inoculação (HUNGRIA et al., 2001).

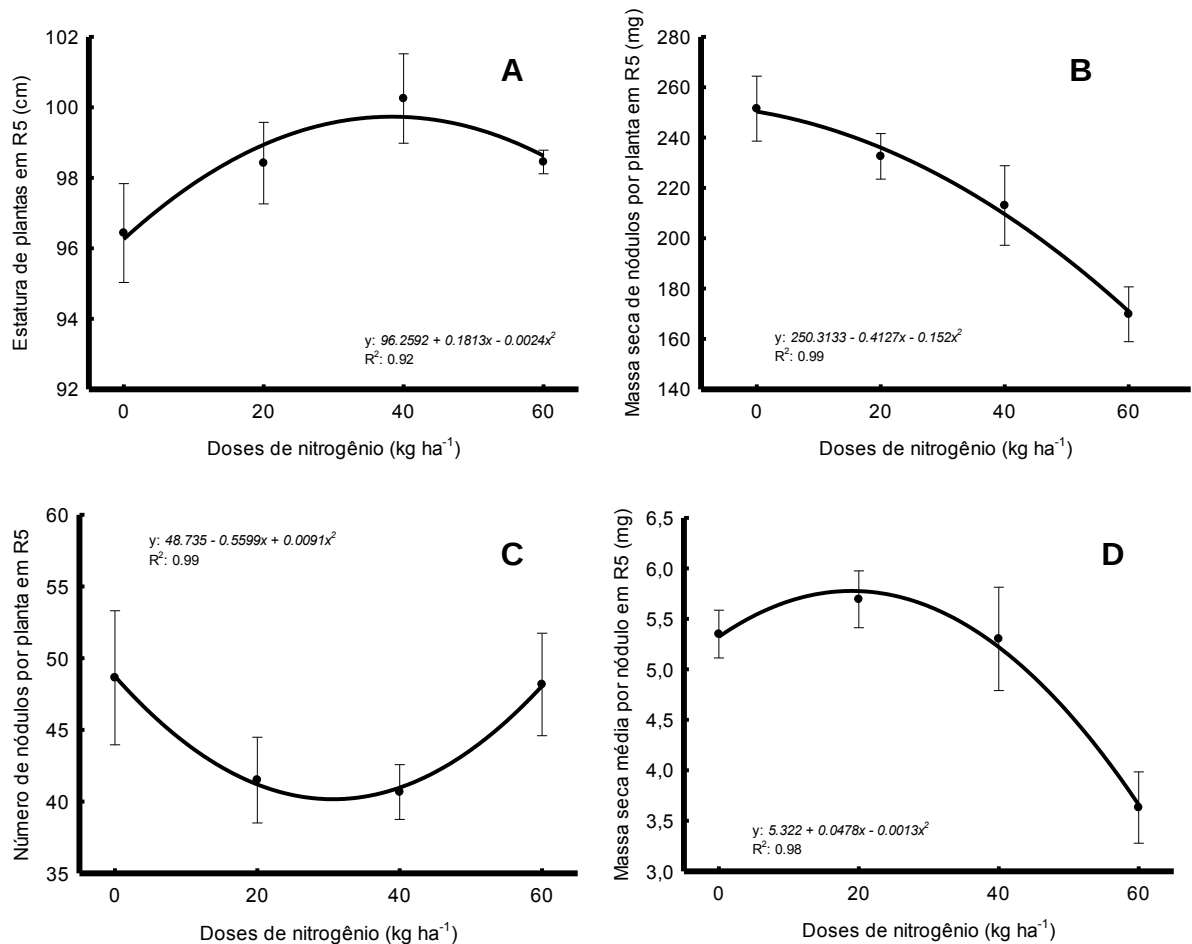


Figura 6: Estatura de plantas (A), massa seca de nódulos por planta (B), número de nódulos por planta (C) e massa seca média por nódulo (D) no estágio R5 da cultivar P95Y21 RR. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.

No momento da colheita, a estatura de plantas da cultivar NS4823 RR se manteve estável entre os diferentes tratamentos de N, não havendo diferença entre os mesmos. Exceção à dose de 20 kg ha⁻¹, que apresentou um leve ganho de altura em relação ao controle, sem diferir dos demais tratamentos (Figura 7A).

Ao avaliar a aplicação de sulfato de amônio na semeadura, com e sem inoculação, Pereira (2010) constatou respostas positivas para altura de plantas, tanto para doses baixas de nitrogênio, quanto para inoculação, evidenciando efeito sinérgico entre o uso de baixas doses de N somadas à inoculação das sementes. Da Silva (2011), ao inocular as sementes e testar quatro doses de N na semeadura (0, 10, 20 e 40 Kg ha⁻¹) não observou diferença de estatura no primeiro ano de cultivo. Porém, no segundo ano, com o sistema já estabelecido, houve aumento de estatura

das plantas as doses mais baixas e, redução desta na maior dose testada, indicando comportamento contrário, provavelmente, pela ocorrência de salinidade junto à rizosfera.

O número de ramificações apresentou, respectivamente, valores de 2,33; 1,91; 2; e, 2,5 para as doses 0, 20, 40 e 60 Kg ha⁻¹ de N;havendo diferença entre a maior dose e as outras duas; contudo, a maior dose de N não diferiu para esse caractere em relação ao controle (Figura 7B), resultado semelhante ao observado para o número de vagens e de grãos por planta (Figuras 7C e 7D).

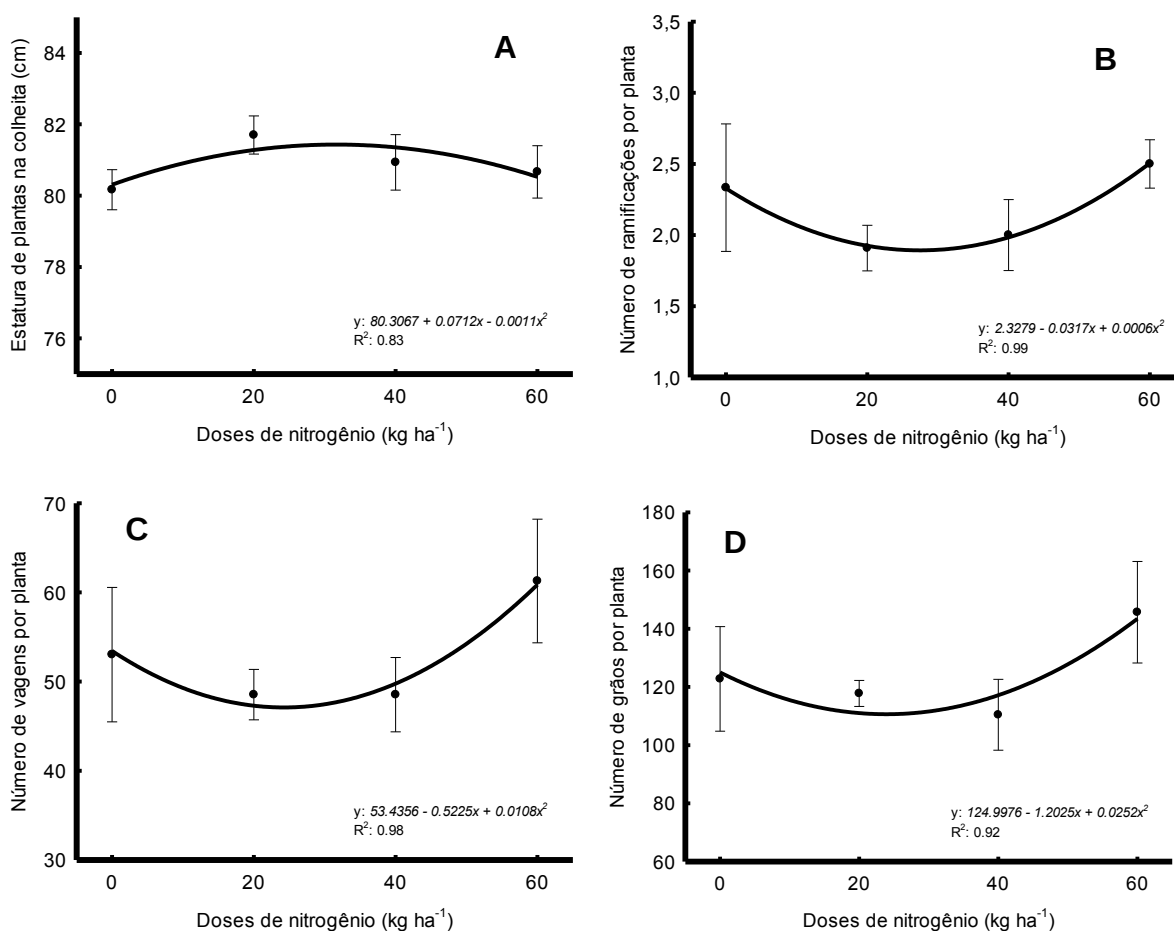


Figura 7: Estatura de plantas (A), número de ramificações (B), número de vagens (C) e número de grãos por planta (D) na colheita da cultivar NS4823 RR. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.

Para a cultivar P95Y21 RR, a estatura no momento da colheita foi maior nas plantas provenientes dos tratamentos que receberam N na semeadura, não havendo diferença entre a menor e a maior dose e entre a dose intermediária e a maior (Figura 8A).O número de ramificações apresentou, respectivamente, valores

de 1,23; 1,13; 1,06 e 1,13 para as doses de 0, 20, 40 e 60 Kg ha⁻¹ de N, não havendo diferença entre os tratamentos (Figura 8B), da mesma forma que o observado para o número de vagens (Figura 8C) e o número de grãos por planta.

Exceção ao controle e a dose de 40 Kg ha⁻¹, em que esta última apresentou maior número de grãos por planta (Figura 8D), corroborando com Silva (2011), que também observou aumento no número de vagens com o aumento da dose de N na base, até 40 Kg ha⁻¹. Contudo, o mesmo autor verificou efeito positivo para número de grãos e massa de 100 grãos com a adição crescente de N, fato não observado neste estudo.

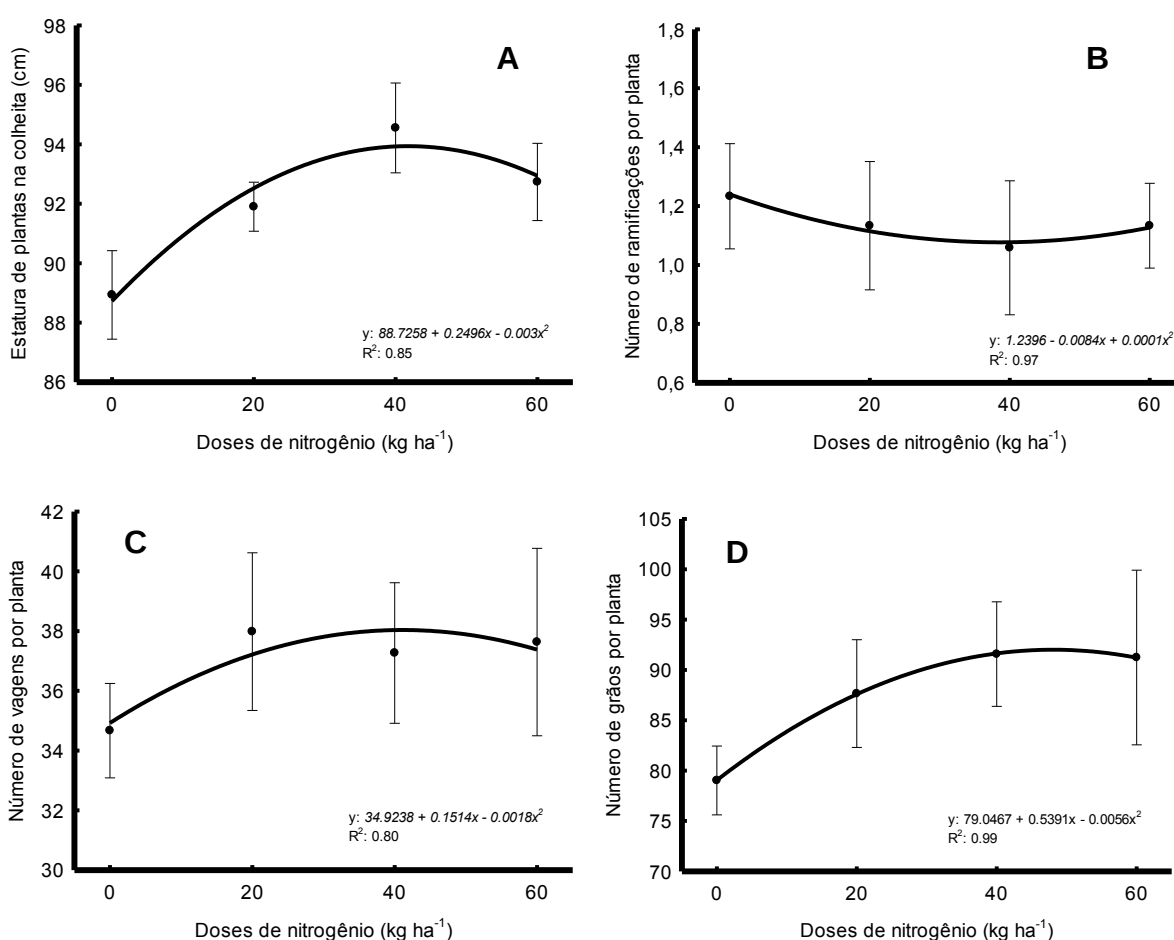


Figura 8: Estatura de plantas (A), número de ramificações (B), número de vagens (C) e número de grãos por planta (D) na colheita da cultivar P95Y21 RR. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.

A massa de mil grãos da cultivar NS4823 RR apresentou maior valor para a dose de 20 Kg ha⁻¹ e menor valor para a dose de 60 Kg ha⁻¹, sendo,

respectivamente, 158,36 e 152,9 gramas. A partir de 20 Kg ha⁻¹ de N na base, a massa de grãos começou a reduzir, não se verificando diferença entre o controle e a dose de 40 Kg ha⁻¹ de N (Figura 9A).

O rendimento de grãos apresentou uma elevação com o aumento da dose de N de 0; 20; 40 Kg por ha⁻¹, sendo que o tratamento com inoculante apresentou valores de 3.885,9; 4.109,6 e 4.147,8 Kg ha⁻¹, respectivamente; enquanto o tratamento sem inoculante apresentou valores de 3.845,3; 4.084,2 e 4.232,2 Kg ha⁻¹, respectivamente (Tabela 5). Ambos os tratamentos, com e sem inoculante, apresentaram rendimentos reduzidos na dose de 60 Kg ha⁻¹ sendo estes 3.953,7 e 4.086,1 Kg ha⁻¹, respectivamente (Figura 9B), porém, ainda superiores ao controle, que não recebeu N na semeadura. Evidenciou-se que doses próximas a 40 Kg por ha⁻¹ de N para mais acabam prejudicando a produtividade da soja, havendo, a partir desta, redução de produtividade, especialmente quando as sementes receberam tratamento inoculante (Figura 9B).

O teor de proteína nos grãos apresentou grande variabilidade dentro das amostras, porém seus valores ficaram relativamente estáveis entre as doses de N, apresentando maior valor na dose de 40 Kg ha⁻¹ e menor valor na dose de 20 Kg ha⁻¹, sendo estes de 38,1% e 37,21%, respectivamente (Figura 9C). Contudo, devido ao baixo coeficiente de determinação, explica-se pouco os valores encontrados devido ao uso de N na linha de semeadura da soja.

Em relação à extração de N, observou-se elevação desta com o aumento da dose do nutriente na base (Tabela 5). No tratamento sem inoculante essa extração, a partir de 40 kg ha⁻¹ de N começou a reduzir, mesmo assim foi superior ao controle. Nos tratamentos que receberam inoculante na semente, resultado foi semelhante. Porém, a partir de 20 Kg ha⁻¹ de N a extração foi menor em comparação aos tratamentos sem inoculação (Figura 9D).

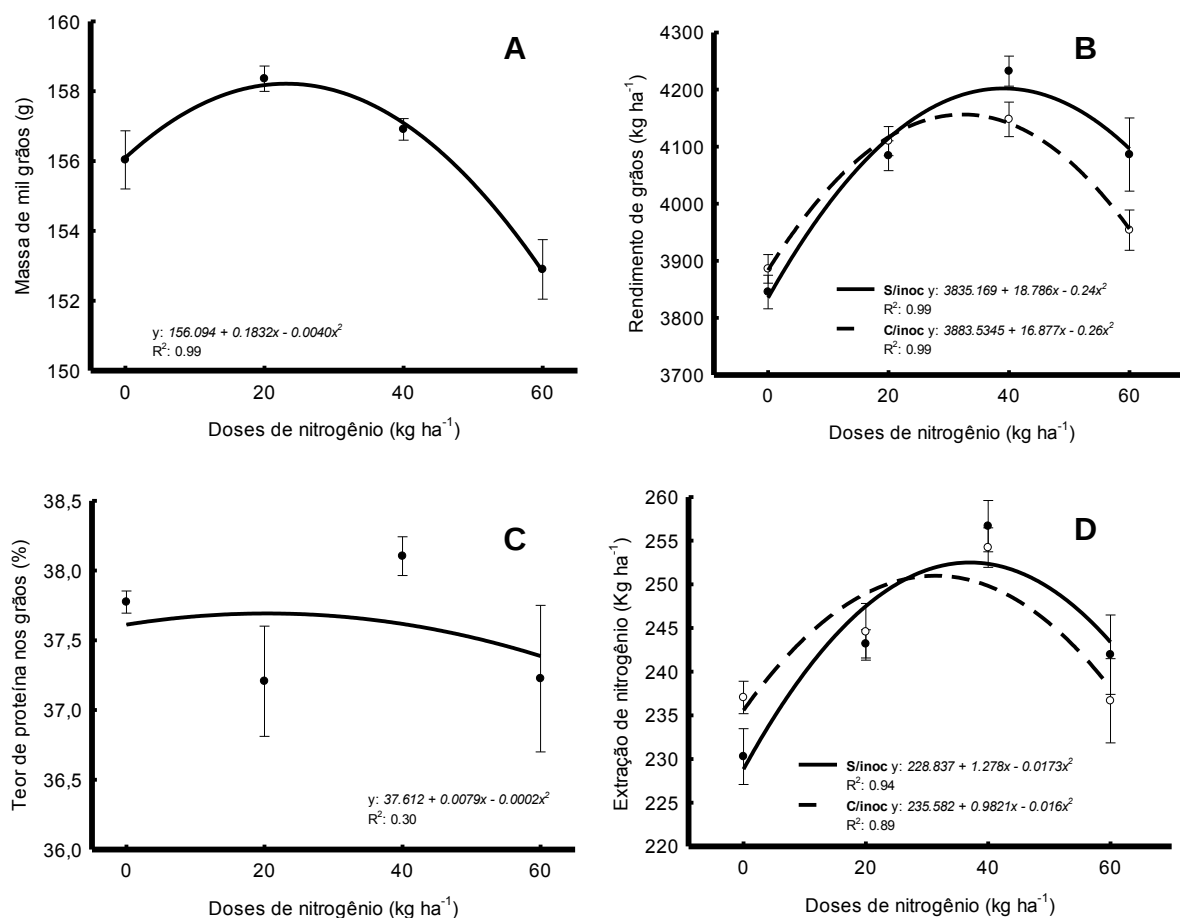


Figura 9: Massa de mil grãos (A), Rendimento de grãos (B), teor de proteína nos grãos (C) e extração de nitrogênio (D) da cultivar NS4823 RR. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.

Quanto ao rendimento de grãos, devido aos tratamentos com e sem inoculação, para cada dose de N aplicada na semente (Tabela 5), observou-se que, até 20 kg há⁻¹ não houve diferença entre os tratamentos. Já nas doses maiores, nos tratamentos sem inoculação, a produtividade foi maior. Talvez, nesse caso, doses maiores de N podem ter causado algum estresse às bactérias que culminaram com prejuízos ao metabolismo da planta, reduzindo sua produtividade em comparação às maiores doses, sem a inoculação.

Em relação à extração de N, apenas no controle o efeito da inoculação se verificou, indicando maior extração do nutriente quando da inoculação das sementes em detrimento à semente sem inoculação prévia. Contudo, isso não se refletiu em aumento de produtividade de grãos (Tabela 5).

Tabela 5. Rendimento de grãos e extração de nitrogênio da cultivar NS4823 RR UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.

Dose de N (Kg ha ⁻¹)	Rendimento (Kg ha ⁻¹)	
	Sem inoculante	Com inoculante
0	3.845,3A*	3.885,9A
20	4.084,2 A	4.109,6 A
40	4.232,2 A	4.147,8B
60	4.086,1 A	3.953,7 B
CV (%)	2.39	
Dose de N (Kg ha ⁻¹)	Extração de N (Kg ha ⁻¹)	
0	230.3B*	237.0A
20	243.2A	244.6A
40	256.7 A	254.2 A
60	241.9A	236.7A
CV (%)	3.31	

*Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Para acultivar P95Y21 RR, não houve diferença entre o controle e os tratamentos que receberam diferentes doses de N na linha de semeadura para a variável resposta massa de mil grãos; evidenciando não haver influência da dose de N aplicada na semeadura sobre esse componente de rendimento da soja (Figura 10A).

Quanto ao rendimento de grãos, no tratamento sem inoculante, houve ganho de produtividade em relação ao controle até a dose de 40 kg ha⁻¹ de N aplicado na base, não diferindo esta da dose de 20 kg ha⁻¹ de N. Contudo, a produtividade obtida tendeu à queda com o aumento da dose, não ocorrendo diferença entre o controle e a maior dose de N, 60 kg ha⁻¹ (Tabela 6). Isso indica que, o excesso de N prejudicou as plantas de soja a ponto de limitar sua produtividade de grãos no mesmo nível do controle, refletindo-se em custo e não investimento.

No tratamento com inoculante, tendência semelhante ao sem inoculante foi observada. Porém, nesse caso, a dose de 40 kg ha⁻¹ de N contribuiu positivamente com o incremento de produtividade em níveis maiores que a menor dose de N testada. E, a dose maior, 60 kg ha⁻¹ de N, apresentou resultado inferior ao controle (Tabela 6). Além disso, a produtividade geral dos tratamentos sem inoculante foi menor aos tratamentos que receberam o inoculante via sementes, evidenciando sua importância para a cultura da soja (Figura 10B).

Diversos autores indicam não ser necessária a aplicação de N suplementar na cultura da soja, seja na semeadura ou em cobertura, não observando diferença no rendimento de grãos (MENDES, 2003; ARATANI, 2008; KUBOTA, 2008; HUNGRIA, 2001). Porém, Caliskan (2008) relatou aumento de produtividade com baixas doses na semeadura e Petter (2011), em aplicações tardias em cobertura. Essa amplitude de respostas se deve à dinâmica do N no sistema, além da interação planta – rizóbio, que é muito dependente de cultivar para cultivar. De acordo com Vargas (1982), até 4 t ha^{-1} , a fixação biológica é suficiente para atender a demanda da planta por N, sem limitar a produtividade da soja.

Uma explicação para o aumento do rendimento de grãos com a utilização de baixas doses de N no sulco de semeadura da cultura da soja pode estar atrelada às baixas temperaturas históricas que ocorrem nos meses de setembro e outubro em comparação com novembro e dezembro (Apêndice 2), que seria o período mais adequado para o desenvolvimento da soja na região sudoeste do Paraná. Então com o adiantamento da semeadura, as temperaturas inferiores podem ser prejudiciais para a eficiência da FBN, assim como observado no presente estudo, em que o início do desenvolvimento da cultura foi em temperaturas abaixo das ideais para a FBN (Apêndice 1).

Assim como para o cultivar NS 4823 RR, o valor de teor de proteína nos grãos da P95Y21 RR apresentou grande variabilidade dentro das amostras, porém seus valores ficaram relativamente estáveis entre as doses de N, apresentando maior valor na dose de 20 Kg ha^{-1} e menor valor na dose de 40 Kg ha^{-1} , sendo estes de 37,9% e 37% respectivamente, não havendo diferença entre os tratamentos que receberam N na linha de semeadura e o controle (Figura 10C).

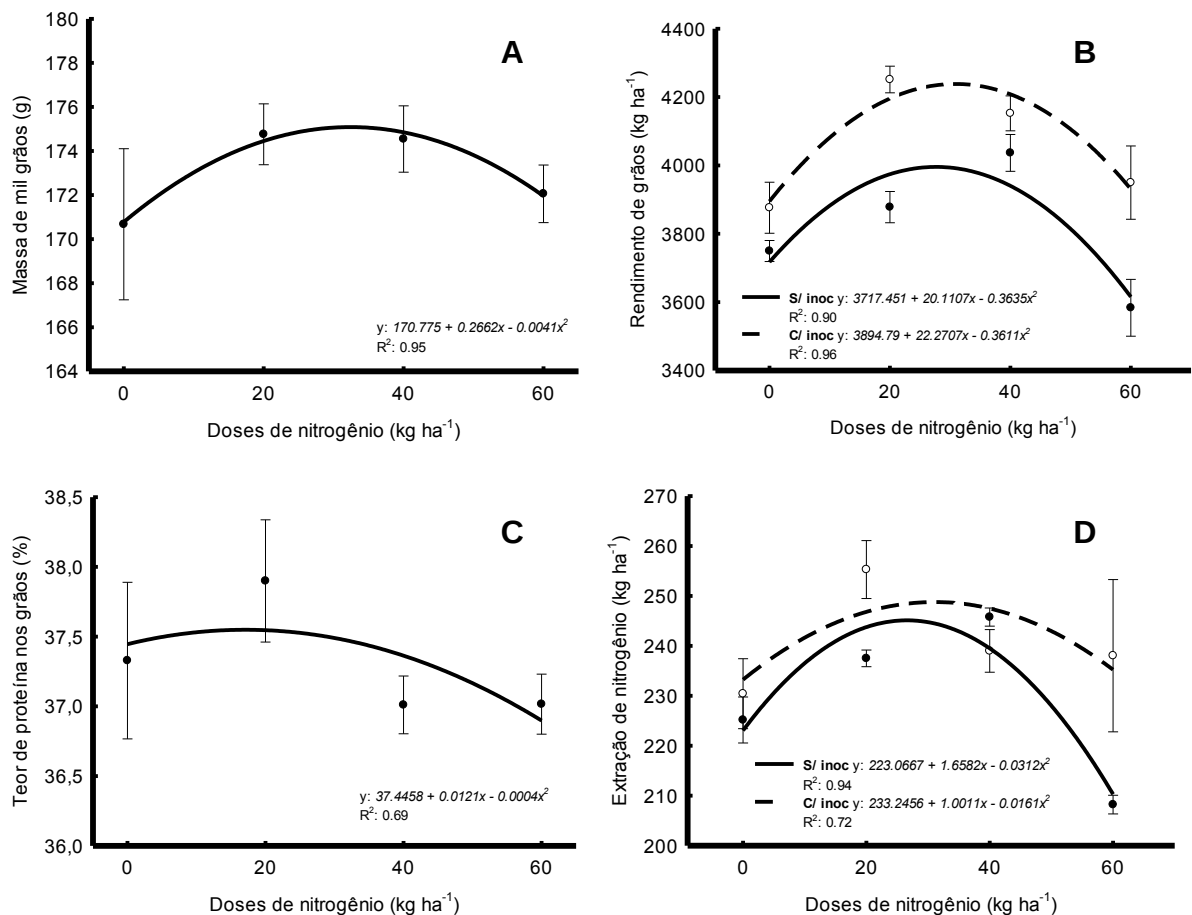


Figura 10: Massa de mil grãos (A), Rendimento de grãos (B), teor de proteína nos grãos (C) e extração de nitrogênio (D) da cultivar 95Y21. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.

Em relação à extração de N pela cultivar de soja P95Y21 RR, nos tratamentos sem inoculante, houve diferença em relação ao controle apenas na dose de 20 Kg ha⁻¹ de N, apresentando esta maior extração de N; diferindo, também, da dose de 40 kg, mas não da maior dose de N, 60 Kg ha⁻¹ (Tabela 6).

Quanto aos tratamentos com inoculante, a extração de N foi crescente até 40 kg Kg ha⁻¹ de N, com tendência de queda em doses maiores. Todos os tratamentos de N diferiram entre si e em relação ao controle, sendo que a maior dose de N testada apresentou menor desempenho para essa variável resposta, inclusive em relação ao controle, evidenciando o efeito prejudicial do excesso de N na base para a cultura da soja (Figura 10D).

Diferente do observado para a cultivar NS 4823 RR, para a P95Y21RR, a inoculação foi favorável ao aumento de produtividade da soja em detrimento à não

inoculação, independente da dose de N aplicada na semeadura (Tabela 6), indicando efeito positivo da inoculação, mesmo com aplicação de N e em área com histórico de cultivo da soja (HUNGRIA et al., 2001).

Quanto à extração de N, esta foi variável entre as doses e a inoculação das sementes, não havendo um padrão de resposta consistente. Nas doses 20 e 40 kg há⁻¹ de N, a inoculação teve efeito positivo. Já, na dose de 40 kg há, observou-se o oposto e, no controle, sem resposta (Tabela 6).

Tabela 6. Rendimento de grãos e extração de nitrogênio da cultivar P95Y21 RR. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.

Dose de N (Kg ha ⁻¹)	Rendimento (Kg ha ⁻¹)	
	Sem inoculante	Com inoculante
0	3749.5B	3876.3 A
20	3878.0 B	4251.4 A
40	4036.6 B	4152.3 A
60	3583.5 B	3949.8 A
MÉDIA	3811.9 B	4057.4 A
CV (%)	3.03	
Dose de N (Kg ha ⁻¹)	Extração de N (Kg ha ⁻¹)	
	Sem inoculante	Com inoculante
0	225.2 A	230.4 A
20	237.5 B	255.3 A
40	245.8 A	239.0 B
60	208.2 B	238.0 A
CV (%)	5.66	

*Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Observando-se a Figura 11, foi possível verificar elevada correlação da extração de N com o rendimento, para ambas as cultivares, com e sem inoculante, confirmando que o rendimento é o fator determinante da extração de N, estando menos atrelada ao teor de proteína nos grãos. Gutiérrez-Boem (2004) ao utilizar doses de até 100 Kg ha⁻¹ de N também não observou elevação no teor de proteína, mesmo sem aumento do rendimento de grãos, da mesma forma como constatado por Ray (2006), utilizando doses entre 290 e 360 Kg ha⁻¹ de N, ou seja, aumento de proteína pelo aumento de produtividade de grãos, mas não aumento no teor de proteína nos grãos pela aplicação de doses elevadas de N na soja.

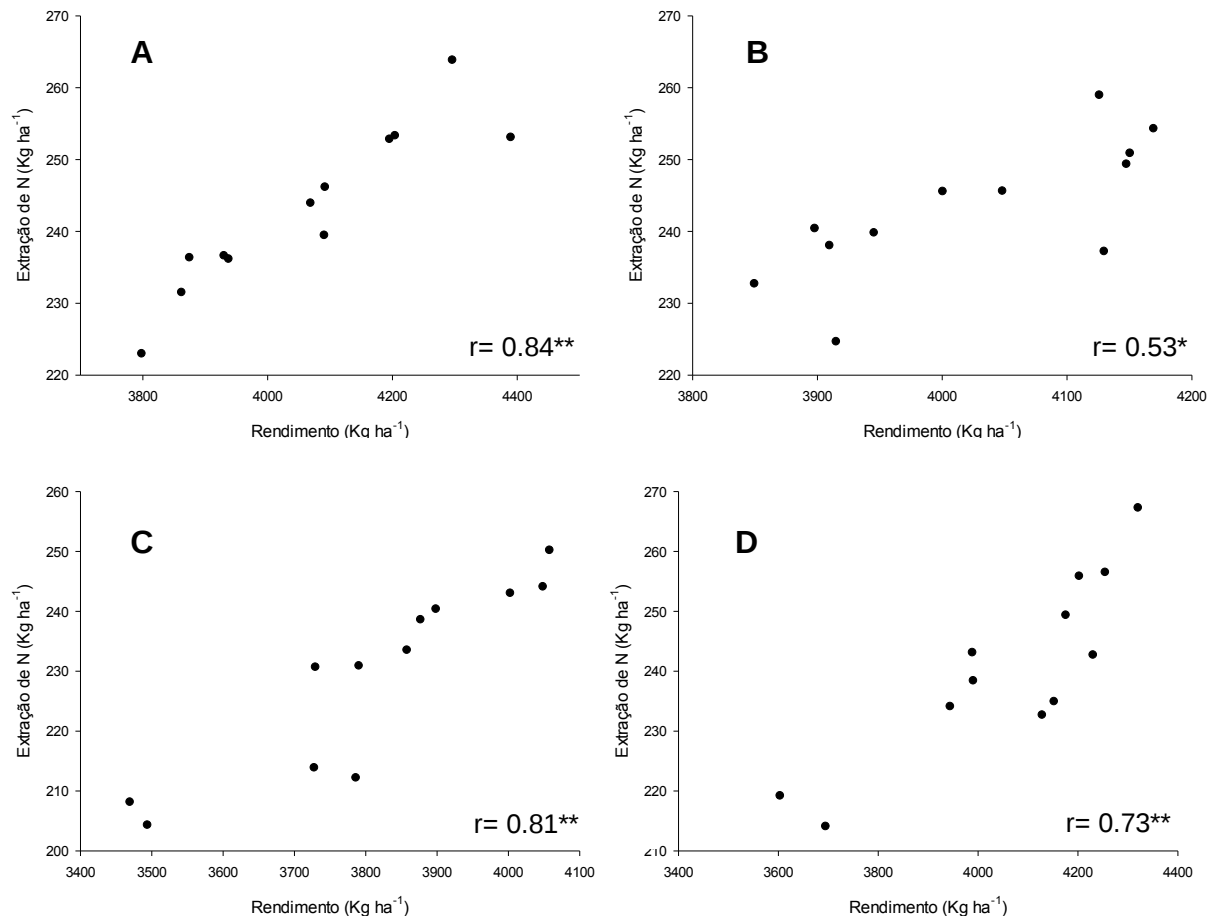


Figura 11: Correlações de Pearson entre o rendimento de grãos e a extração de nitrogênio. Para a cultivar NS4823 RR sem inoculante (A), com inoculante (B); e para a cultivar P95Y21 RR, sem inoculante (C) e com inoculante (D). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.

6. CONCLUSÕES

Doses elevadas de N na linha de semeadura reduziram o estande de plantas, bem como a massa dos nódulos, em virtude da menor massa média por nódulo, e em menor nível pelo número total de nódulos por planta.

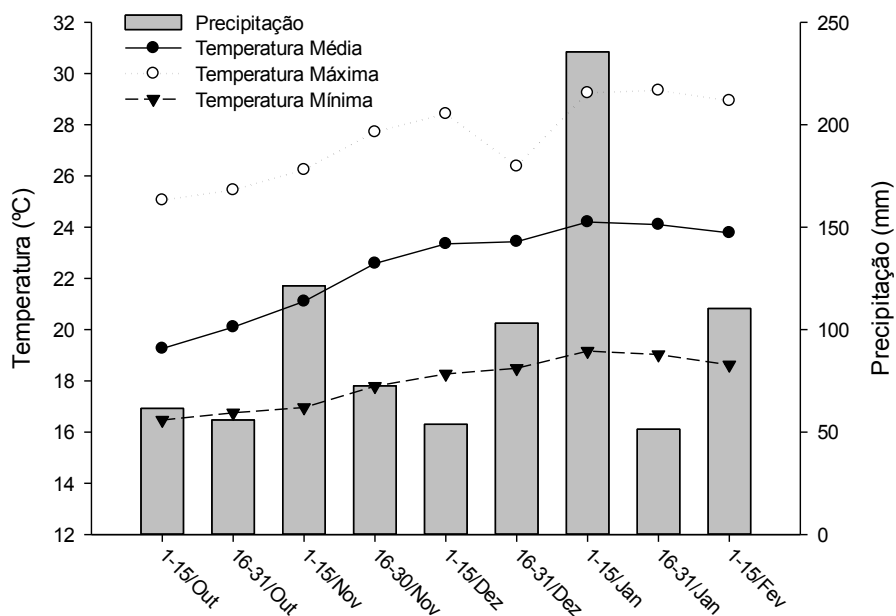
Houve relação positiva entre doses de N crescentes na linha de semeadura, produtividade de grãos e extração de N pela soja até a dose de 40 kg ha⁻¹ do nutriente, com redução a partir de então, especialmente para a cultivar P95Y21 RR.

Baixa quantidade de N na linha de semeadura, juntamente com o uso de inoculante à base de *Bradyrhizobium japonicum*, contribuíram para a produtividade da cultivar NS 4823 RR.

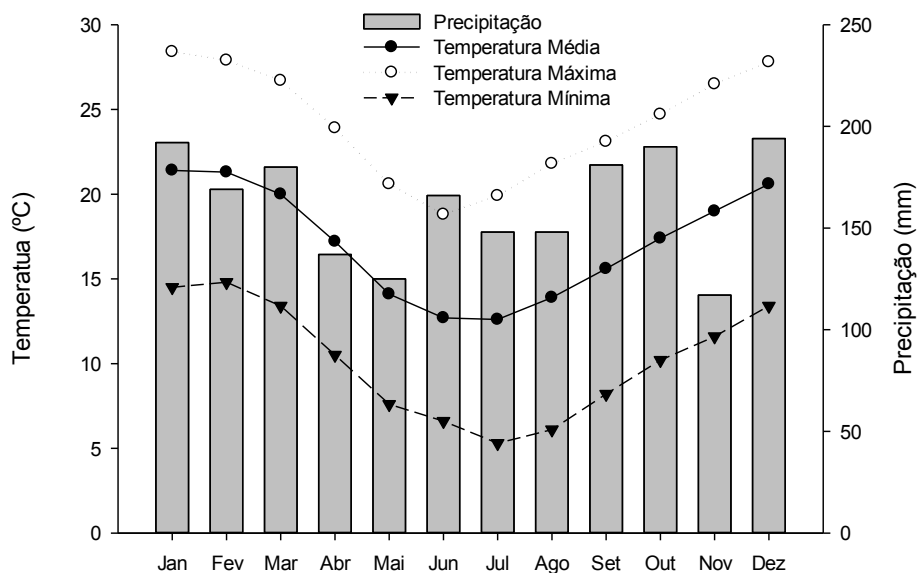
Cultivares de soja respondem de forma distinta à adubação nitrogenada na linha de semeadura e à inoculação com *Bradyrhizobium japonicum*.

Houve correlação positiva entre produtividade de grãos e extração de N, contudo, sem efeito no teor de proteína nos grãos.

7. APÊNDICES



Apêndice 1: Precipitação total e médias de temperatura média, máxima e mínima diária durante o desenvolvimento do experimento.. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.



Apêndice 2: Médias históricas de precipitação e temperaturas média, máxima e mínima mensal para o município de Pato Branco entre os anos de 1982 e 2012. (Adaptado de Climate-Data.org). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015.

8. REFERÊNCIAS

ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M.; URQUIAGA, S. The success of BNF in soybean in Brazil. *Plant and Soil*, v.252, p.1-9, 2003.

AMADO, T.J.C.; SCHLEINDWEIN, J.A.; FIORIN, J.E. Manejo do solo visando a obtenção de elevados rendimentos de soja sob sistema de plantio direto. In: *SOJA: Manejo para alta produtividade de grãos*. THOMAS, A. L. & COSTA, J. A. Porto Alegre, p.35-80, 2010.

ANEC – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS EXPORTADORES DE CEREAIS. Complexo soja (grão – farelo – óleo): Receita cambial das exportações nos últimos 22 anos. Disponível em: <http://www.anec.com.br/pdf/ReceitaCambialComplexoSojaUltimos22anos.pdf>. Acesso em: 24 de abr. 2015.

ARATANI, R.G.; LAZARINI, E.; MARQUES, R.R.; BACKES, C. Adubação nitrogenada em soja na implantação do sistema plantio direto. *Bioscience Journal*, v. 24, n. 3, 2008.

BAHRY, C.A. Desempenho agrônomico da soja em função da adubação nitrogenada em diferentes estádios reprodutivos. Pelotas: UFPEL, 2011 (Dissertação de Mestrado).

BEVILAQUA, G.A.P; BROCH, D.L.; POSSENTI, J.C. Efeito da dose e posição do fertilizante na absorção de nutrientes e no estabelecimento de plântulas de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 18, n. 1, p. 45-49, 1996.

BHERING, S.B.; SANTOS, H.G.; BOGNOLA, I.A.; CÚRCIO, G.R.; MANZATTO, C.V.; CARVALHO JUNIOR, W.; CHAGAS, C.S.; ÁGLIO, M.L.D.; SOUZA, J.S. Mapa de solos do Estado do Paraná: legenda atualizada. Rio de Janeiro: EMBRAPA/IAPAR, 2008. 74p.

BIZARRO, M.J. Inoculação de soja em solo submetido a diferentes tipos de manejo. Porto Alegre: UFRGS, 2004 (Dissertação de Mestrado).

CALISKAN, S.; OZKAYA, I.; CALISKAN, M.E.; ARSLAN, M. The effects of nitrogen and iron fertilization on growth, yield and fertilizer use efficiency of soybean in a Mediterranean-type soil. *Field Crops Research*, v. 108, n. 2, p. 126-132, 2008.

CAMPOS, B.C.; HUNGRIA, M.; TEDESCO, V. Eficiência da fixação biológica de N₂ por estirpes de *Bradyrhizobium* na soja em plantio direto. *Revista brasileira de ciência do solo*, v. 25, n. 3, p. 583-592, 2001.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, Safra 2014/15, n. 12 – Sexto Levantamento. Disponível em:

http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_11_10_42_03_boletim_graos_setembro_2015.pdf. Acesso em 15 de set. 2015.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, Safra 2014/15, n. 7 – Sétimo Levantamento. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_04_10_09_22_05_boletim_graos_abril_2015.pdf. Acesso em 25 de abr. 2015.

COSTA, J. A. Cultura da soja. Porto Alegre: [s. n.], 1996. 233 p.

COSTA, M.M.; DI MAURO, A.O.; UNÊDA-TREVISOLI, S.H.; ARRIEL, N.H.C.; BÁRBARO, I.M.; MUNIZ, F.R.S. Ganho genético por diferentes critérios de seleção em populações segregantes de soja. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.39, n.11, p.1095-1102, Nov. 2004.

COSTA NETO, P.R.; ROSSI, L.F.S. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em fritura. Química Nova, v.23, p. 4, 2000.

CRISPINO, C.C.; FRANCHINI, J.C.; MORAES, J.Z.; SIBALDELLE, R.N.R.; LOUREIRO, M.F.; SANTOS, E.N.; CAMPO, R.J.; HUNGRIA, M. Adubação Nitrogenada na cultura da soja. Londrina: Embrapa Soja, 2001. (Comunicado Técnico, 75).

CRUZ, C.D. Programa GENES: Aplicativo computacional em genética e estatística versão Windows. Viçosa: UFV, 2006. 442 p.

DA SILVA, A.F.; CARVALHO, M.A.C.; SCHONINGER, E.L., MONTEIRO, S.; CAIONE, G.; SANTOS, P.A. Doses de inoculante e nitrogênio na semeadura da soja em área de primeiro cultivo. Bioscience Journal, p. 404-412, 2011.

FANCELLI, A.L. Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes na cultura do milho. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute Brazil, p. 1-16, 2010.

FERGUSON, R.B.; RENAS, E.J.; STEVENS, W.B. Soybean. In: FERGUSON, R.B. & DEGROOT, K.M. Nutrient management for agronomic crops in Nebraska. University of Nebraska, Lincoln, NE. p.121–125, 2000.

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. Stages of soybean development. Ames: Iowa State University of Science and Technology. 11p. (Special Report, 80).

FREITAS, M.C.M. A cultura da soja no Brasil: o Crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.7, n.12, p.2, 2011.

GIANELLO, C.; GIASSON, E. Fatores que afetam o rendimento das culturas e sistemas de cultivo. In: Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas,

BISSANI, C.A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J.; CAMARGO, F.A.O. Depto de solos UFRGS, cap. 2, pg 21-32, 322 p. Porto Alegre, 2004.

GIANLUPPI, V.; GIANLUPPI, D.; MARSARO J., A.L.; ZILI, J.E.; NECHET, K.L.; BARBOSA, G.F.; MATTIONI, J.A.M. Cultivo de soja no cerrado de Roraima. Sistema de Produção, Boa Vista: Embrapa Roraima, 2009. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Soja/CultivodeSojanocerradodeRoraima/introducao.htm>>. Acesso em: 23 abr. 2015.

GUTIÉRREZ-BOEM, F.H.; SCHEINER, J.D.; RIMSKI-KORSAKOV, H.; LAVADO, R.S. Late season nitrogen fertilization of soybeans: effects on leaf senescence, yield and environment. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v. 68, n. 2, p. 109-115, 2004.

HERNANDEZ, A.; GARCIA-PLAZAOLA, J.I.; BECERRIL, J.M. Glyphosate effect on phenolic metabolism of nodulated soybean (*Glycine max* L. Merr.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.47, p.2920-2925, 1999.

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. 80 p.

HUNGRIA, M. A importância da fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja: uma história de sucesso na América do Sul. In: Livro de Conferências plenárias, foros, workshops. 3º Congresso de Soja do Mercosur. Rosário, Argentina – 27 a 30 de julho de 2006. P.336-338, 2006.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja. Londrina: Embrapa Soja; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 48 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 35; Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 13).

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; VARGAS, M.A.T.; ANDRADE, D.S. Fixação biológica de nitrogênio em leguminosas de grãos. Caxambu: Resumo FertiBio, 1998.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T.; SUHET, A.R.; PERES, J.R.R. Fixação Biológica do nitrogênio em soja. In: ARAUJO, R.S.; HUNGRIA, M. (Ed.). *Microrganismos de importância agrícola*. Brasília: Embrapa-CNPAF, p.9-89, 1994.

KLARMANN, P.A. Influência de plantas de cobertura de inverno na disponibilidade de N, fixação biológica e rendimento da soja sob sistema plantio direto. Santa Maria: UFSM, 2004 (Dissertação de Mestrado).

KUBOTA, A.; HOSHIBA, K.; BORDON, J. Effect of fertilizer-N application and seed coating with rhizobial inoculants on soybean yield in eastern Paraguay. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, n. 4, p. 1627-1633, 2008.

LOPES, A.C.A.; VELLO, N.A.; PANDINI, F.; ROCHA, M. de M.; TSUTSUMI, C.Y. Variabilidade e correlações entre caracteres em cruzamentos de soja. *ScientiaAgricola*, v.59, n.2, p.241-348, abr./jun. 2002.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2013. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/soja>>. Acesso em: 22 de abr. 2015.

MATTA, L.B. da. Melhoramento genético da soja (*Glycine Max* (L.) Merrill) para baixo teor de ácido linolênico. Viçosa: UFV, 2008 (Dissertação de Mestrado).

MENDES, I.C.; REIS JUNIOR, F.B.; HUNGRIA, M.; SOUSA, D.M.G.; CAMPO, R.J. Adubação nitrogenada suplementar tardia em soja cultivada em latossolos do Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 43, n. 8, p. 1053-1060, 2008.

MENDES, I.C.; HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T. Soybean response to starter nitrogen and Bradyrhizobium inoculation on a Cerrado Oxisol under no-tillage and conventional tillage systems. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, n. 1, p. 81-87, 2003.

MENDES, I.C.; HUNGRIA, M. Resposta da soja à adubação nitrogenada na semeadura. 2001. Disponível em: <http://bbeletronica.cpac.embrapa.br/2001/artigos/art_004.pdf>. Acesso em: 08 de Nov. 2015.

MERCANTE, F.M.; HUNGRIA, M.; MENDES, I.C.; REIS JÚNIOR, F.B. dos. Estratégias para aumentar a eficiência de inoculantes microbianos na cultura da soja. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2011, 4 p. (Comunicado Técnico, 169).

NOGUEIRA, P.D.M.; SENA JÚNIOR, D.G.; RAGAGNIN, V.A. Clorofila foliar e nodulação em soja adubada com nitrogênio em cobertura. *Global Science and Technology*, Singapore, v. 3, n. 2, p. 117–124, 2010.

OLDROYD, G.E.D.; DOWNIE, J.M. Coordinating nodule morphogenesis with rhizobial infection in legumes. *Annual Review of Plant Biology*, Palo Alto, v. 59, n. 1, p. 519-546, 2008.

OSBORNE, S.L.; RIEDELL, W.E. Starter nitrogen fertilizer impact soybean yield and quality in the northern Great Plains. *Agronomy Journal*, v.98, p.1569–1574, 2006.

PANOBIANCOI, M. Germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de soja convencional e sua derivada transgênica RR em condições de estresse salino. *Ciência Rural*, v. 42, n. 8, 2012.

PARENTE, T.L. Adubação nitrogenada em genótipos de soja associada à inoculação em semeadura direta no cerrado. Ilha Solteira: UNESP, 2014 (Dissertação de Mestrado).

PEREIRA, V.J.; RODRIGUES, J.F.; GOMES FILHO, R.R.; REIS, J.M.R. Comportamento da soja (*Glycinemax* (L.) Merrill) submetida à adubação nitrogenada de plantio. EnciclopédiaBiosfera, Goiânia, v. 6, n. 10, p. 1-5, 2010.

PETTER, F.A.; PACHECO, L.P.; NETO, F.A.; SANTOS, G.G. Respostas de cultivares de soja à adubação nitrogenada tardia em solos de cerrado. Revista Caatinga, v. 25, n. 1, p. 67-72, 2011.

PHILLIPS, D.A.; KAPULNIK, Y. Plant isoflavonoids, pathogens and symbionts. Trends in Microbiology, Oxford, v. 3, n. 2, p. 58-64, 1995.

RAY, J.D.; HEATHERLY, L.G.; FRITSCHI, F.B. Influence of large amounts of nitrogen applied at planting on non-irrigated and irrigated soybean. Crop Science. V.46, p.52–60, 2006.

RITCHIE, S.; HANWAY, J.J; THOMPSON, H.E. How a soybean plant develops. Ames: Iowa State. University of Science and Technology. Cooperative Extension Service. 16p. (Special Report, 53).

ROCKENBACH, A.P.; CAMPOS, B.C. Influência de diferentes doses de nitrogênio sobre nodulação e produtividade de grãos de soja. Cruz Alta: UNICRUZ, 2010. 4 p.

RYLE, G.J.A.; POWELL, C.E.; GORDON, A.J. The respiratory costs of nitrogen fixation in soybean, cowpea, and white clover. II. Comparisons of the cost of nitrogen fixation and the utilization of combined nitrogen. Journal of Experimental Botany, v.30, p.145-153, 1979.

SÁ, J.C.M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E.; CARVALHO, J.G. (Ed). Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Lavras: UFLA/DCS, P. 267-319, 1999.

SALVAGIOTTI, F.; SPECHT, J.E.; CASSMAN, K.G.; WALTERS, D.T.; WEISS, A.; DOBERMANN, A. Growth and nitrogen fixation in high-yielding soybean: Impact of nitrogen fertilization. Agronomy Journal, v.101, p.958–970, 2009.

SALVAGIOTTI, F.; CASSMAN, K.G.; SPECHT, J.E.; WALTERS, D.T.; WEISS, A.; DOBERMANN, A. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. Field Crops Res, v.108, p.1–13, 2008.

SERRAJ, R.; SINCLAIR, T.R.; PURCELL, L.C. Symbiotic N₂ fixation response to drought. Journal of Experimental Botany, v.50, p.143-155, 1999.

SFREDO, G.J. Soja: nutrição mineral, adubação e calagem. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1986. 51p. (Documentos, 17)

SILVA, A.F.; CARVALHO, M.A.C.; SCHONINGER, E.L.; MONTEIRO, S.; CAIONE, G.; SANTOS, P.A. Doses de inoculante e nitrogênio na semeadura da soja em área de primeiro cultivo. Bioscience Journal, Uberlândia, v. 27, n. 3, p. 404-412, 2011.

SINCLAIR, T.R.; DE WIT, C.T. Photosynthate and nitrogen requirements for seed production by various crops. Science, v.189, p.565–567, 1975

TAIZ, L.; ZIEGER, E. Fisiologia vegetal. Trad. SANTARÉM, E.R. et al., 4º ed., Porto Alegre: Artemed, 2009, p.848.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 147p. (Boletim Técnico, 5)

THOMAS, A.L.; COSTA, J.A. Fixação biológica do nitrogênio na soja. In: SOJA: Manejo para alta produtividade de grãos. Porto Alegre, p.113-126, 2010.

USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Oilseeds: World Markets and Trade. Washington: USDA, 2015. Disponível em: <http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseed.pdf>. Acesso em 24 de abr. 2015.

VARGAS, M.A.T.; PERES, J.R.R.; SUHET, A.R. Adubação nitrogenada e inoculação de soja em solos de cerrados. EMBRAPA-CPAC, 1982.

VENTIMIGLIA, L.A.; COSTA, J.A.; THOMAS, A.L.; PIRES, J.L.F. Potencial de rendimento da soja em razão da disponibilidade de fósforo no solo e dos espaçamentos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.34, n.2, p. 195-199, 1999.

VOSS, M. Inoculação de *Bradyrhizobium* em soja, em sistema plantio direto, em áreas inoculadas anteriormente, no Planalto Médio do RS. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 8 p. (Embrapa Trigo. Circular Técnica Online, n.6). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_ci06.htm. Acesso em: 24 de abr. 2015.

WEBER, C.R. Nodulating and non-nodulating soybean isolines: I. Agronomic and chemical attributes. Agronomy Journal v.58, p.43–46, 1966.

WESLEY, T.L.; LAMOND, R.E.; MARTIN, V.L.; DUNCAN, S.R. Effects of late-season nitrogen fertilizer on irrigated soybean yield and composition. Journal of Production Agriculture, v.11, n.3, p.331–336, 1998.

WILCOX, J.R. World distribution and trade of soybean. In: Boerma, H.R., Specht, J.E. (Eds.), Soybeans: Improvement, Production and Uses. ASA, CSSA, ASSA, p. 1–13, 2004.

WILSON, E.W.; ROWNTREE, S.C.; SUHRE, J.J.; WEIDENBENNER, N.H.; CONLEY, S.P.; DAVIS, V.M.; DIERS, B.W.; ESKER, P.D. NAEVE, S.L.; SPECHT, J.E.; CASTEEL, S.N. Genetic gain x Management interactions in soybean: II. Nitrogen Utilization. *Crop Science*, v.54, n.1, p.340-348, 2013.

ZABLOTOWICZ, R.M.; REDDY, K.N. Impact of glyphosate on the *Bradyrhizobium japonicum* symbiosis with glyphosate-resistant transgenic soybean: A review. *Journal of Environmental Quality*, v.33, p.825-831, 2004.