

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de
Sementes



DISSERTAÇÃO

**Desempenho agrônômico da soja em função da
adubação nitrogenada em diferentes estádios
reprodutivos**

Carlos André Bahry

Pelotas, 2011

Carlos André Bahry



Desempenho agronômico da soja em função da adubação nitrogenada em diferentes estádios reprodutivos

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Pelotas, sob orientação do Professor Dr. Paulo Dejalma Zimmer, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Dr. Paulo Dejalma Zimmer

Pelotas, agosto de 2011

DADOS DE CATALOGAÇÃO NA FONTE:

(Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744)

B151d Bahry, Carlos André

Desempenho agronômico da soja em função da adubação nitrogenada em diferentes estádios reprodutivos / Carlos André Bahry; Orientador: Paulo Dejalma Zimmer - Pelotas, 2011. 45f.: tab. - Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2011.

1.Soja 2.Fontes de nitrogênio 3.Doses 4.Produtividade I. Zimmer, Paulo Dejalma (orientador) II. Título.

CDD 633.34

Banca Examinadora

Luis Osmar Braga Schuch
FAEM/UFPeI

Carlos Eduardo da Silva Pedroso
FAEM/UFPeI

Rogério Campos
FAEM/UFPeI

Paulo Dejalma Zimmer
Orientador/ FAEM/UFPeI

Dedico

Aos meus pais e minhas irmãs, pelo
amor, carinho e incentivo ao longo
dessa trajetória.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e São Francisco de Assis acima de tudo.

Aos meus pais, Carlos Bahry e Marlene Maria Bahry, minhas irmãs Thaíza Regina Bahry e Carla Patrícia Bahry que sempre estiveram ao meu lado me apoiando e me confortando em todos os momentos.

À minha avó Edna Speroni (*in memoriam*)

Ao professor Paulo Dejalma Zimmer, pela amizade, orientação e confiança no meu trabalho.

A todos os professores, funcionários e colegas do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da UFPel.

À família Vilani, que sempre esteve ao meu lado, em especial à Suélen Fritzen Vilani, pelo apoio, compreensão e amizade.

Aos meus amigos e colegas de laboratório Eduardo Venske e Maicon Nardino, que foram determinantes na execução desse trabalho e também aos amigos e colegas Silvana Fin e Carlos Trombetta que muito colaboraram na execução desse trabalho.

Aos professores Velci Queiróz de Souza e Braulio Otomar Caron pela amizade e grande colaboração, orientação e apoio na condução desse trabalho.

À Anelise Perboni pelo apoio, atenção e amizade.

Ao CNPq, CAPES, FAPERGS, FINEP E FAU, pela concessão da bolsa de estudos e demais auxílios financeiros.

SUMÁRIO

Lista de tabelas	VIII
Resumo.....	IX
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	9
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
6. ANEXOS	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estádios reprodutivos da soja que receberam aplicação de nitrogênio. UFPel, 2011..... 10

Tabela 2. Comportamento das variáveis: altura de inserção do primeiro legume (IPL); comprimento da haste principal (CHP); número de ramificações (NR); comprimento das ramificações (CR) em função de diferentes fontes de nitrogênio, doses e épocas de aplicação. UFPel, 2011 14

Tabela 3. Comportamento das variáveis: número de nós na haste principal (NNHP); número de nós produtivos na haste principal (NNPHP); número de nós nas ramificações (NNR); número de nós produtivos nas ramificações (NNPR) em função de diferentes fontes de nitrogênio, doses e épocas de aplicação. UFPel, 2011 17

Tabela 4. Comportamento das variáveis: número de legumes na haste principal (NLHP); número de legumes nas ramificações (NLR); número de legumes por planta (NLP) em função de diferentes fontes de nitrogênio, doses e épocas de aplicação. UFPel, 2011 20

Tabela 5. Comportamento da variável produtividade em quilos por hectare (Produtividade $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em função de diferentes fontes de nitrogênio, doses e épocas de aplicação. UFPel, 2011 24

Desempenho agrônômico da soja em função da adubação nitrogenada em diferentes estádios reprodutivos

Autor: Carlos André Bahry

Orientador: Paulo Dejalma Zimmer

RESUMO: O uso de nitrogênio suplementar na cultura da soja ainda gera muitas controvérsias no meio científico quanto à sua real necessidade para o desempenho agrônômico da soja. O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho agrônômico da soja em função da aplicação de nitrogênio suplementar, em nove estádios reprodutivos da cultura, utilizando-se para isso três fontes e quatro doses distintas do nutriente. O ensaio foi conduzido na UFSM/CESNORS em Frederico Westphalen. O esquema utilizado foi um trifatorial, sendo doses x fontes de nitrogênio x épocas de aplicação. As doses utilizadas foram 0; 30 kg.ha⁻¹; 60 kg.ha⁻¹; 90 kg.ha⁻¹ e 120 kg.ha⁻¹ de nitrogênio, e as fontes: nitrato de amônio, nitrato de cálcio e amídica, aplicadas em nove estádios reprodutivos da soja, a saber: R1; R3; R5.1; R5.2; R5.3; R5.4; R5.5; R6 e R7. As variáveis analisadas foram: altura de inserção do primeiro legume, comprimento da haste principal, nº de ramificações, comprimento das ramificações, nº de nós na haste principal, nº de nós produtivos na haste principal, nº de nós nas ramificações, nº de nós produtivos nas ramificações, nº de legumes na haste principal, nº de legumes nas ramificações, nº de legumes por planta e produtividade. O delineamento experimental foi blocos ao acaso com três repetições. Após análise de variância os dados foram submetidos à comparação de médias. Utilizou-se Duncan a 5% de probabilidade. A aplicação de nitrogênio não incrementou a produtividade da soja, possivelmente pelos patamares produtivos medianos, sendo que, possivelmente nesses casos, o fornecimento pela própria fixação biológica pode atender a demanda da planta. Sugerem-se novos trabalhos em lavouras que adotam agricultura de precisão, com tetos produtivos elevados, para avaliar a contribuição do nitrogênio suplementar na produtividade da soja.

Palavras - chave: fontes de nitrogênio, doses, produtividade.

Soybean agronomic performance according to nitrogen fertilization at different growth stages

Author: Carlos André Bahry

Adviser: Paulo Dejalma Zimmer

SUMMARY: The use of additional nitrogen in soybean crop still brings many controversies in the scientific community about its real need for soybean agronomic performance. The aim of this work was to evaluate the soybean agronomic performance according to nitrogen fertilization in soybean, applied in nine growth stages with three different sources and four different doses of this nutrient. The test was carried out in UFSM/CESNORS, Frederico Westphalen. It was used three factor, doses x sources of nitrogen x time of application. The doses used were: 0; 30 kg.ha⁻¹; 60 kg.ha⁻¹; 90 kg.ha⁻¹ and 120 kg.ha⁻¹ of nitrogen, and sources: ammonium nitrate, calcium nitrite and amidic, applied in nine growth stages: R1; R3; R5.1; R5.2; R5.3; R5.4; R5.5; R6 and R7. The variables evaluated were: height of first pod, length of main branch, number of branches, length of branches, number of nods in the main branch, number of fertile nods in the main branch, number of nods in the branches, number of fertile nods in the branches, number of pods per plant, number of pods in the main branch, number of pods in the branches, number of pods per plant, and yield. The randomized blocks design was performed with three replicates. After variance analysis, the data was submitted to mean test. Duncan's 5% probability was used. The nitrogen application did not increase soybean yield in this work. Possibly by the median productivity, maybe the nitrogen fixation itself may supply the demand in this level. According these results we suggest new investigation, principal in precision farming areas.

Keywords: sources of nitrogen, doses, yield.

1. INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil, a área explorada comercialmente com a soja na safra 2010/2011 foi de aproximadamente 24 milhões de hectares, com uma produção de mais de 68 milhões de toneladas, o que representa uma produtividade média de 2.8 t.ha^{-1} (CONAB, 2010).

Essa produtividade obtida pelos agricultores brasileiros está aquém do potencial genético da cultura, que é de aproximadamente 18 t.ha^{-1} (VENTIMIGLIA et al., 1999). Vale ressaltar que a genética de uma cultivar de soja não atua isoladamente na obtenção de altas produtividades (GIANELLO & GIASSON, 2004). Um conjunto de fatores está relacionado para que se possa obter aumento de rendimento da cultura, dentre eles as condições edafoclimáticas e o manejo, como escolha da cultivar correta para cada ambiente, uso de sementes de qualidade, época e condições em que é realizada a semeadura, incidência de plantas daninhas, doenças, pragas e seu correto controle, época de colheita e, em especial a nutrição das plantas.

O suprimento adequado de nutrientes é de extrema importância para o crescimento e desenvolvimento das plantas. O acúmulo de fitomassa é fundamental para que a planta tenha condições de chegar à fase reprodutiva

com um índice de área foliar satisfatório e duradouro para realizar fotossíntese visando manutenção de legumes e enchimento de grãos. Um componente essencial para esse aumento da fitomassa é o nitrogênio (KOUTROUBAS et al., 1998; NOVO et al., 1999; GIANELLO & GIASSON, 2004), havendo uma relação estreita e positiva entre fitomassa e o nutriente em questão (THIES et al., 1995; LARCHER, 2000).

Nas culturas produtoras de grãos, em especial nas gramíneas, o nitrogênio necessário para as plantas é fornecido via solo, através da decomposição da matéria orgânica e através de fertilizantes industrializados, podendo haver uma pequena contribuição de descargas elétricas geradas por raios durante as chuvas. Na soja, porém, há uma peculiaridade, pois a maior quantidade de nitrogênio necessária à planta é fornecida principalmente pela fixação biológica, através da simbiose da soja com bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* (BAYER, 1993; CAMPOS et al., 2001; AMADO et al., 2002) e o restante via solo e descargas elétricas.

A forma como o nitrogênio é absorvido pelas plantas pode ser de diferentes maneiras, dependendo da espécie. Porém, as fontes assimiláveis estão na forma de NH_4^+ ou de NO_3^- (GERAHTY et al., 1992; TAIZ & ZIEGER, 2004).

O balanço de nitrogênio na planta afeta diversas funções, como formação de raízes, fotossíntese, produção e translocação de fotoassimilados e a taxa de crescimento entre parte aérea e raiz (RYLE et al., 1979; TAIZ & ZIEGER, 2004), influenciando diretamente na produtividade.

Em função da sua importância fisiológica para a planta, é possível observar em determinadas situações a influência do nitrogênio no ciclo de uma

cultivar de soja. Thies et al. (1995), observaram que, a adição de nitrogênio prolongou o ciclo da soja em 10 dias, em relação ao controle, apenas inoculado, incrementando a produtividade da cultura em função do maior período de tempo para o enchimento de grãos, corroborado por Imansade & Schmidt (1998). Isso pode estar relacionado ao custo energético requerido pela fixação biológica, que pode elevar a respiração da planta em até 14% (RYLE et al., 1979).

No entanto, segundo Mascarenhas et al. (1984), a soja que recebeu apenas inoculação foi mais produtiva comparado à soja inoculada e com suplementação de nitrogênio.

De todo o nitrogênio assimilado pela soja, 84% desse é exportado através dos grãos (BATAGLIA & MASCARENHAS, 1977), sendo o período de maior demanda entre os estádios R1 (início do florescimento) e R6 (máximo volume dos grãos) (LAMOND & WESLEY, 2001; MAEHLER et al., 2003).

Quantificando essa demanda, segundo Hungria et al. (2000) e Crispino et al. (2001), para produzir uma tonelada de grãos é necessário 80 kg de nitrogênio. Considerando a produtividade média da soja no Brasil de 2,8 t.ha⁻¹ (CONAB, 2010), seria necessário 228 kg.ha⁻¹ de nitrogênio, sendo que, desse total, 192 quilos seria exportado pelos grãos (BATAGLIA & MASCARENHAS, 1977b; CORDEIRO, 1977). Desse nitrogênio exigido pela cultura, 65 a 85% são supridos pela fixação biológica e o restante pelo solo e descargas elétricas, já que na soja o uso de fertilizantes nitrogenados é incomum (BODDEY et al., 1990; HUNGRIA et al., 2006 a; AMADO et al., 2010).

Diversos fatores prejudicam o adequado funcionamento do processo simbiótico, como diferentes tipos de solo, compactação de solo, acidez, baixa

fertilidade, encharcamento, temperatura do solo, estirpes presentes no solo que competem com estirpes inoculadas, presença de nitrato em excesso (VARGAS et al., 1993), além de fenômenos naturais como El Niño e La Niña, lavoura com desfolha precoce ou comprometida sua área foliar na fase reprodutiva com doenças e, a própria viabilidade do rizóbio (TANAKA & MASCARENHAS, 2000; KLARMANN, 2004). Situações como essas prejudicam a eficiência de absorção de nitrogênio do ar pelo rizóbio, reduzindo o envio de nitrogênio para a parte aérea da planta. Conseqüentemente essa inibe a emissão de fotoassimilados para a raiz provocando a morte ou o estado de latência dos rizóbios. Esse comportamento pode ser visualizado na fase de enchimento de grãos.

Tanaka (2003) estudando a influência da acidez, com presença de Al e Mn, do solo na eficiência do rizóbio concluiu que a fixação biológica fica comprometida, além de que, a acidez limita a decomposição de matéria orgânica do solo, logo, as plantas também apresentam dificuldades de absorver nitrogênio da matéria orgânica, comprometendo sua produtividade.

Em trabalho desenvolvido por Tanner e Anderson (1964), observou-se que os rizóbios tornam-se inativos a partir de R5, ficando os nódulos com coloração verde durante o enchimento de grãos, quando o nitrogênio ainda é requerido pela planta, dados não corroborados por Hardy et al. (1968). Apesar da controvérsia, se a soja apresentasse condições de manter um adequado e duradouro índice de área foliar na fase de enchimento de grãos, o incremento de produtividade poderia ser maior, em função da maior fotossíntese e melhor distribuição dos fotoassimilados entre grãos e rizóbios, mantendo pelo menos parte desses últimos ativos, porém isso não ocorre. Segundo Harper (1999),

removidas as limitações, em condições normais, a soja conseguiria suprir sua necessidade de nitrogênio apenas através da fixação biológica.

O potencial de rendimento da soja decorre de um conjunto de fatores. Costa (2002), estudando esse potencial, concluiu que o elemento que mais comprometeu a produtividade da cultura foi o nitrogênio. Fato esse corroborado por Alves et al. (2000) e Klarmann (2004). Esses pesquisadores verificaram que nos materiais de soja com potencial genético para obter elevados rendimentos, o balanço de nitrogênio nas plantas foi negativo, ou seja, a fixação biológica de nitrogênio não atendeu adequadamente a demanda desse elemento pela planta para que a mesma potencializasse ainda mais sua produtividade. Crispino et al. (2001) levantaram a mesma questão e assim, conduziram trabalhos em três locais diferentes e duas épocas de aplicação, porém, não encontraram vantagens na aplicação suplementar de nitrogênio, resultado esse corroborado por Koutroubas et al. (1998).

Nos Estados Unidos, a redução da eficiência da fixação biológica em atender a demanda de nitrogênio não tem sido atribuída aos novos materiais, mas sim, possivelmente ao aumento da utilização de fertilizantes nitrogenados (VAN KESSEL & HARTLEY, 2000).

Porém, diversos trabalhos realizados na China e Estados Unidos, mostraram que o problema encontra-se, possivelmente, na baixa eficiência dos rizóbios, pois mesmo com a reinoculação da soja em áreas já cultivadas, não se obteve aumento de produtividade, independente da cultivar, necessitando de complementação com fertilizante nitrogenado, para que a soja expressasse melhor seu potencial produtivo (THIES et al., 1991, 1995; WESLEY et al., 1998; GAN et al., 2002, 2003).

A cada ano agrícola, novas cultivares são lançadas, apresentando potenciais produtivos superiores em função das tecnologias desenvolvidas e inseridas nas mesmas através das sementes (CARRARO & PESKE, 2005).

Essa realidade, considerando os estudos realizados por Alves et al. (2000) e Klarmann (2004), remete à uma situação preocupante. As gramíneas cultivadas após a soja, no caso do Rio Grande do Sul, para atingirem produtividades que compensem o seu cultivo, extraem parte do nitrogênio via solo e a outra parte é fornecida via adubação nitrogenada. Considerando que os materiais de soja modernos não estão recebendo o nitrogênio necessário para expressar seu potencial produtivo via fixação biológica, resta às plantas ou limitar a sua produtividade ou buscar esse nutriente em maior quantidade no solo. Isso ocorrendo, haverá uma gradativa redução da matéria orgânica, ocasionando o empobrecimento dos solos, pois essa é responsável pela agregação do solo, fornecimento de nutrientes às plantas, mantenedora da umidade do solo, tampão e fonte de alimento para microrganismos (AMADO et al., 2010).

Alves et al. (2006) concluíram que, através da inoculação é possível obter alta produtividade e balanço positivo de nitrogênio no sistema, com eficiência de até 88% na fixação de nitrogênio. Porém, o mesmo considerou alta produtividade $3,5 \text{ t.ha}^{-1}$. Segundo Vargas et al. (1982), a soja não necessita de adubação nitrogenada suplementar até um teto produtivo de 4 t.ha^{-1} , pois essa demanda é suprida eficientemente pela fixação biológica.

Atualmente, de acordo com a média nacional, a soja ainda tem condições de ter sua necessidade de nitrogênio atendida pela fixação biológica principalmente, e o restante via solo. Porém, nessa média, há muitos

agricultores que apresentam produtividades constantes acima de 4 t.ha⁻¹ e muitos estão migrando para essa realidade, por questão de sobrevivência na atividade agrícola.

Dessa forma, para evitar o possível empobrecimento do solo, sem reduzir a produtividade da soja, muitos pesquisadores permanecem estudando, no mundo inteiro, a possibilidade de se aplicar nitrogênio na soja, aliando essa prática de manejo à fixação biológica.

Porém, a adubação nitrogenada pode comprometer a fixação biológica em determinadas situações (NOGUEIRA et al., 2010). Novo et al (1999), apesar de verificar essa limitação, obteve, aplicando 50 kg.ha⁻¹ de nitrogênio na soja, um aumento de rendimento de até 47% comparado à testemunha.

Klarmann (2004) testou diferentes sistemas de cultivo com a soja, realizando aplicações de 60 kg de nitrato de amônio no florescimento pleno (R2). O mesmo encontrou resultados positivos à aplicação de nitrogênio em cobertura no sistema ervilhaca/soja, com aumento de 16% no rendimento dessa última.

Segundo Allos & Bartholomeu (1959) e Weber (1966a), a aplicação de nitrogênio pode comprometer a eficiência da fixação biológica apenas se aplicado em quantidade acima das necessidades para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

Em trabalho executado por Mendes et al. (2008) durante três anos agrícolas no cerrado brasileiro, sob dois sistemas de cultivo, direto e convencional, foram testadas três fontes de nitrogênio (sulfato de amônio, nitrato de amônio e uréia), 50 kg de N, aplicado em duas épocas distintas. Uma no início do florescimento (R1) e a outra no estágio de enchimento de grãos

(R5) da soja. Da fonte amídica, a base de uréia, aplicou-se 200 kg de N, sendo 100 kg na semeadura e mais 100 kg no início da floração. Os resultados não foram positivos em função da aplicação de nitrogênio, independente da fonte, época de aplicação e dose, corroborado por Jendiroba et al. (1994). Também concluíram que a aplicação de doses elevadas de N na semeadura prejudica a formação de rizóbio, resultado esse corroborado por Mendes et al. (2003).

Muitos trabalhos evidenciam não ser economicamente viável aplicar nitrogênio na soja. Uma das razões é a baixa eficiência de sua utilização pelas plantas, em torno de 50%, principalmente motivada por volatilização e lixiviação. Assim, considerando que todo o nitrogênio para se produzir 3 t.ha⁻¹ fosse suprido apenas com fertilizante, estima-se uma necessidade de 480 kg de nitrogênio. Utilizando a uréia como fonte, que possui 45% de N, precisaria aplicar 1.067 kg da mesma para atingir essa produtividade, o que seria economicamente inviável (HUNGRIA et al., 2001; HUNGRIA et al., 2007).

Os trabalhos envolvendo o uso suplementar de nitrogênio na soja apresentam-se muito controversos. Isso se deve à complexidade que envolve a relação entre o rizóbio e a planta. Diversos fatores edafoclimáticos e de manejo podem prejudicar essa interação e assim, proporcionar resultados divergentes em relação à adoção dessa prática na cultura da soja. Baseado nisso, esse trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho agrônômico da soja em função da aplicação de nitrogênio suplementar, em nove estádios reprodutivos da cultura, utilizando-se para isso três fontes e quatro doses distintas do nutriente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na área experimental da Universidade Federal de Santa Maria, no Centro de Educação Superior Norte do Rio Grande do Sul (UFSM/CESNORS), situado em Frederico Westphalen (latitude de $-27^{\circ} 39' 56''$, longitude $-53^{\circ} 42' 94''$ e altitude de 490 metros). O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico e o clima, conforme classificação de Köppen é do tipo Cfa, subtropical.

A semeadura foi no dia 01 de dezembro de 2010, com uma cultivar de ciclo médio e de hábito indeterminado. As sementes foram semeadas sem inoculação prévia em função de a área apresentar um histórico de cinco anos de cultivo com a soja. A adubação de base foi realizada em linha, no ato da semeadura, com 250 kg.ha^{-1} da formulação 05-20-20. Os demais tratamentos culturais e fitossanitários foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura.

A metodologia constou da aplicação de nitrogênio na fase reprodutiva da soja, em nove estádios, através do uso de três fontes, a saber: amídica (45% de N), nitrato de amônio (27% de N) e nitrato de cálcio (15% de N), e

cinco doses para cada época de aplicação, 0 kg.ha⁻¹; 30 kg.ha⁻¹; 60 kg.ha⁻¹; 90 kg.ha⁻¹ e 120 kg.ha⁻¹ de nitrogênio, totalizando 333 unidades experimentais.

Os estádios reprodutivos em que foi aplicado nitrogênio se encontram na tabela 1.

Tabela 1. Estádios reprodutivos da soja que receberam aplicação de nitrogênio. UFPel, 2011

Estádio	Denominação	Descrição
R1	Início do florescimento	Uma flor aberta em qualquer nó da haste principal.
R3	Início da formação do legume	Legume com 5 mm de comprimento num dos 4 últimos nós da haste principal com folha completamente desenvolvida.
R5.1*	Enchimento de grãos	grãos perceptíveis ao tato (o equivalente a 10% da granação).
R5.2*	Enchimento de grãos	granação de 11% a 25%.
R5.3*	Enchimento de grãos	granação de 26% a 50%.
R5.4*	Enchimento de grãos	granação de 51% a 75%.
R5.5*	Enchimento de grãos	Granação de 76% a 100%.
R6	Grão completamente cheio	Legume contendo grãos verdes preenchendo as cavidades do legume de um dos quatro últimos nós da haste principal, com folha completamente desenvolvida.
R7	Início da maturação	Um legume normal no caule com coloração de madura.

Fonte: adaptado de Fehr e Caviness (1977). * Adaptado de Yorinori (1996) que subdivide em cinco sub-estádios o estádio R5.

A demarcação do ensaio foi realizada quando a soja encontrava-se em V6. Foram demarcados três blocos, sendo que em cada bloco havia uma repetição de cada tratamento, sorteada de forma aleatória. Cada parcela possuía uma área total de 4,05m², sendo 3 metros na linha e três linhas com espaçamento de 0,45 metros entre linhas.

As aplicações de nitrogênio foram realizadas de forma homogênea na parcela, manualmente, respeitando a dose e a fonte de nitrogênio usada para cada tratamento. A colheita do ensaio foi realizada dia 20 de abril de 2011. Foram coletadas 10 plantas por repetição de cada tratamento. As variáveis analisadas foram:

Altura de inserção do primeiro legume (IPL): Determinada pela distância entre o nível do solo e a inserção do primeiro legume na haste principal. Resultado expresso em centímetros.

Comprimento da haste principal (CHP): Medida da distância entre o nível do solo até o ápice da haste principal. Resultado expresso em centímetros.

Número de ramificações (NR): Realizada através da contagem de todas as ramificações das plantas de cada repetição e, dividido pelo número de plantas amostradas.

Comprimento das ramificações (CR): Medida da distância entre a inserção da haste secundária na haste principal até o ápice da haste secundária, de todas as ramificações das plantas avaliadas dentro de cada repetição. Depois de mensuradas, as medidas foram somadas e depois divididas pelo número de ramificações gerando uma média do comprimento da variável. Resultado expresso em centímetros.

Número de nós na haste principal (NNHP): Somatório de todos os nós existentes nos três terços da haste principal.

Número de nós produtivos na haste principal (NNPHP): Contabilizado o número de nós que apresentavam no mínimo um legume com grão inserido na haste principal.

Número de nós nas ramificações (NNR): Somatório de todos os nós existentes em todas as ramificações.

Número de nós produtivos nas ramificações (NNPR): Contabilizado o número de nós que apresentavam no mínimo um legume com grão inserido nas ramificações.

Número de legumes na haste principal (NLHP): Realizada através da contagem dos legumes inseridos na haste principal.

Número de legumes nas ramificações (NLR): Realizada através da contagem total dos legumes inseridos em todas as ramificações.

Número de legumes por planta (NLP): Somatório do número de legumes das ramificações e da haste principal da planta.

Produtividade (Produtividade $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$): Peso total das sementes de cada repetição, corrigido para 13% de umidade, transformando o resultado para hectare, resultado expresso em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com três repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F identificando as possíveis interações entre fontes de nitrogênio, doses e épocas de aplicação. Não havendo interação entre os fatores, os dados foram submetidos à comparação de médias, utilizando Duncan ao nível de 5% de probabilidade, através do programa estatístico SAS.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística dos dados mostrou não haver interação entre os fatores fontes, doses e épocas de aplicação de nitrogênio (anexo 1). Baseado nisso, cada fator foi analisado independentemente, utilizando-se nesse caso comparação de médias dentro de cada fator.

A tabela 2 apresenta os dados de altura de inserção do primeiro legume. Não houve diferença significativa para essa variável quando se comparou o fator fontes de nitrogênio, bem como dentro do fator doses.

Tabela 2. Comportamento das variáveis: altura de inserção do primeiro legume (IPL); comprimento da haste principal (CHP); número de ramificações (NR); comprimento das ramificações (CR) em função de diferentes fontes de nitrogênio, doses e épocas de aplicação. UFPel, 2011.

Fonte de Nitrogênio	IPL	CHP	NR	CR
Nitrato de cálcio	10,18	66,41 c*	3,19	40,16
Nitrato de Amônio	10,15	74,71 a	3,56	39,37
Amídica	9,87	71,29 b	3,16	38,58
Doses Aplicadas	IPL	CHP	NR	CR
Testemunha	11,50	72,71	4,00	37,94
30 kg de N	9,51	69,75	3,19	39,13
60 kg de N	10,43	71,93	3,06	39,39
90 kg de N	10,10	70,29	3,38	39,48
120 kg de N	9,88	71,53	3,36	38,82
Épocas de aplicação	IPL	CHP	NR	CR
Testemunha	11,50 a	72,71	4,00	37,94
R1	9,21 b	69,72	3,46	40,10
R3	11,28 a	68,85	2,97	38,38
R5.1	10,75 ab	73,20	3,03	39,82
R5.2	8,96 b	71,70	3,73	38,00
R5.3	10,48 ab	71,80	3,39	39,71
R5.4	10,08 ab	71,49	3,09	39,17
R5.5	8,88 b	70,68	3,55	38,55
R6	10,07 ab	69,76	3,09	40,50
R7	10,09 ab	70,69	2,97	38,61
CV (%)	24,6	14,16	42,1	19,7

*Médias seguidas por letras distintas dentro de cada fator na coluna diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. **Fonte:** dados da pesquisa.

Em relação às épocas de aplicação de nitrogênio, observou-se diferença significativa entre as mesmas, sendo a testemunha e o estágio de aplicação R3 os que apresentaram maior altura de inserção do primeiro legume, diferindo dos estádios R1, R5.2 e R5.5, que apresentaram os menores valores para essa

característica. Segundo Cartter & Hartwing (1962) e Yokomizo (1999), a altura de inserção do primeiro legume entre 12 e 15 centímetros permite uma colheita mecanizada eficiente.

A variável comprimento da haste principal (tabela 2) apresentou diferença significativa entre as três fontes de nitrogênio, sendo o tratamento a base de nitrato de amônio o que apresentou maior altura de planta, seguido do tratamento com fonte amídica e, com menor altura da haste principal, a fonte nitrato de cálcio, apresentando em torno de oito centímetros a menos em relação à primeira. Essa relação pode ser vista de dois ângulos. O primeiro remete ao possível acamamento que, em regiões onde a incidência de ventos fortes predomina, poderia ser um problema. Em regiões onde a incidência de ventos fortes não é comum, trabalhando com a população recomendada para cada cultivar e, conseguindo manter o maior número possível de nós produtivos, essa poderia ser uma característica benéfica, com chances de se obter uma maior produtividade. Segundo Cartter & Hartwing (1962) e Yokomizo (1999), uma altura de planta em torno de 60 a 80 centímetros reduz as chances de acamamento. No presente trabalho, essa variável apresentou-se dentro dessa faixa.

Dentro do fator doses e do fator épocas de aplicação não houve diferença significativa para essa variável.

Para as variáveis número e comprimento de ramificações não se observou diferença significativa, dentro de cada fator.

O número de nós na haste principal apresentou diferença significativa dentro do fator fontes de nitrogênio, tendo apresentado maior número de nós os tratamentos que receberam nitrato de amônio e a fonte amídica, que não

diferiram entre si (tabela 3). Comparando essa variável, dentro do mesmo fator, com o número de nós produtivos na haste principal, evidenciou-se que o tratamento que recebeu nitrato de amônio apresentou 93% de nós produtivos, podendo essa característica estar relacionada à fonte de nitrogênio, pois, os tratamentos que receberam aplicação a base de nitrato de cálcio e amídica, apresentaram 84% e 85% de nós produtivos, respectivamente, não diferindo entre si. Klarmann (2004) testando diferentes sistemas de cultivo com a soja verificou que, nitrato de amônio foi benéfico para que a soja expressasse seu potencial. No entanto Mendes et al., (2008) avaliou o uso de três fontes de nitrogênio, sulfato de amônio, nitrato de amônio e uréia, e não constatou benefícios para a soja em relação a alguma fonte estudada.

Em relação aos fatores doses e épocas de aplicação não se observou diferença significativa para a variável número de nós na haste principal, bem como para o número de nós produtivos.

Tabela 3. Comportamento das variáveis: número de nós na haste principal (NNHP); número de nós produtivos na haste principal (NNPHP); número de nós nas ramificações (NNR); número de nós produtivos nas ramificações (NNPR) em função de diferentes fontes de nitrogênio, doses e épocas de aplicação. UFPel, 2011.

Fonte de Nitrogênio	NNHP	NNPHP	NNR	NNPR
Nitrato de cálcio	10,89 b*	9,10 b	10,23 b	8,31b
Nitrato de Amônio	11,77 a	11,98 a	12,27 a	9,29 a
Amídica	11,73 a	9,94 b	11,07 b	8,93 a

Doses Aplicadas	NNHP	NNPHP	NNR	NNPR
Testemunha	12,08	12,33	14,33	9,79
30 kg de N	11,36	10,21	11,42	8,90
60 kg de N	11,67	9,56	10,81	8,79
90 kg de N	11,74	9,94	11,00	8,97
120 kg de N	11,29	9,99	11,06	8,69

Épocas de aplicação	NNHP	NNPHP	NNR	NNPR
Testemunha	12,08	12,33	14,33	9,79 a
R1	11,22	10,96	12,32	8,33c
R3	12,00	10,22	11,46	9,08 abc
R5.1	10,67	9,31	10,45	8,26 c
R5.2	11,62	10,03	10,80	9,14 abc
R5.3	11,55	10,23	11,44	8,74bc
R5.4	12,49	9,25	10,53	9,24 abc
R5.5	11,77	10,39	11,32	9,16 abc
R6	10,95	9,41	10,66	8,27 c
R7	11,36	9,53	10,67	9,33 ab

CV (%)	24,5	42,4	39,44	21,25
--------	------	------	-------	-------

*Médias seguidas por letras distintas dentro de cada fator na coluna diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. **Fonte:** dados da pesquisa.

O número de nós nas ramificações, se não acompanhado de nós produtivos também pode comprometer o potencial produtivo da lavoura, pois

representa muito gasto de energia das plantas para vegetar, havendo um desbalanço entre fase vegetativa e reprodutiva, sendo essa última prejudicada.

Observou-se diferença significativa dentro do fator fontes de nitrogênio, com maior quantidade de nós no tratamento que recebeu nitrato de amônio (tabela 3). Dentro dos fatores doses e épocas de aplicação não houve diferença significativa para essa variável.

O número de nós produtivos nas ramificações apresentou comportamento semelhante ao número de nós produtivos na haste principal, dentro do fator fontes de nitrogênio, tendo apresentado os tratamentos que receberam aplicação de nitrato de amônio maior número de nós produtivos, não diferindo em relação à fonte amídica (tabela 3). A fonte a base de nitrato de cálcio foi inferior a ambas. Ao se comparar o fator doses, não houve diferença significativa.

Em relação ao fator épocas de aplicação, houve diferença significativa entre os estádios R1, R5.1e R6 em relação à testemunha e ao estádio R7, sendo os primeiros os que apresentaram o menor número de nós produtivos nas ramificações (tabela 3).

O número de legumes é um componente de rendimento importante para a soja, pois o mesmo é responsável por sustentar, servir como canal de translocação de fotoassimilados e proteger os grãos durante a sua formação e enchimento, até o momento da colheita. Para essa característica observou-se diferença significativa dentro do fator fontes de nitrogênio, com um maior número de legumes onde se aplicou nitrato de amônio em relação aos tratamentos que receberam as fontes a base de nitrato de cálcio e amídica, que

não diferiram entre si (tabela 4). Não houve diferença significativa para essa variável dentro do fator doses e épocas de aplicação.

Em relação ao número de legumes nas ramificações, não houve diferença significativa entre os tratamentos que receberam as fontes nitrato de amônio e amídica, apresentando a fonte nítrica o menor número de legumes (tabela 4). Não se observou diferença significativa para essa variável nos fatores doses de nitrogênio e épocas de aplicação. Para o número de legumes por planta, observou-se diferença significativa, com um maior número de legumes no tratamento a base de nitrato de amônio. As fontes nitrato de cálcio e amídica não diferiram entre si. O tratamento que recebeu nitrato de amônio produziu seis legumes a mais por planta, comparado ao tratamento que recebeu nitrato de cálcio. Em relação ao tratamento que recebeu a fonte amídica, a diferença ficou em quatro legumes. Vale ressaltar que diversos trabalhos apontam o número de legumes como o componente mais dinâmico e que pode ser o diferencial no incremento de produtividade de uma lavoura, principalmente em situações de mudança de população de plantas e redução de espaçamento entre linhas (QUEIROZ, 1975; PEIXOTO et al., 2000).

Tabela 4. Comportamento das variáveis: número de legumes na haste principal (NLHP); número de legumes nas ramificações (NLR); número de legumes por planta (NLP) em função de diferentes fontes de nitrogênio, doses e épocas de aplicação. UFPel, 2011.

Fonte de Nitrogênio	NLHP	NLR	NLP
Nitrato de cálcio	34,13 b*	20,00 b	54,13 b
Nitrato de Amônio	37,68 a	22,83 a	60,51 a
Amídica	35,33 b	21,11 ab	56,44 b
Doses Aplicadas	NLHP	NLR	NLP
Testemunha	41,08	27,42	68,50
30 kg de N	34,12	21,80	55,92
60 kg de N	35,35	19,32	54,67
90 kg de N	35,94	21,44	57,38
120 kg de N	36,45	21,81	58,26
Épocas de aplicação	NLHP	NLR	NLP
Testemunha	41,08	27,42	68,50
R1	36,74	25,29	62,03
R3	34,55	21,33	55,88
R5.1	35,87	20,23	56,10
R5.2	36,28	21,28	57,56
R5.3	35,17	20,60	55,77
R5.4	32,82	20,12	52,94
R5.5	36,92	21,79	58,71
R6	36,05	20,20	56,25
R7	34,77	18,98	53,75
CV (%)	24,3	43,23	25,5

*Médias seguidas por letras distintas dentro de cada fator na coluna diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. **Fonte:** dados da pesquisa.

Observou-se no presente trabalho que, quando comparado fontes de nitrogênio, o nitrato de cálcio apresentou-se inferior ao nitrato de amônio e a fonte amídica em todas as variáveis analisadas. Provavelmente esse fator pode ser explicado pela grande quantidade de chuva, quase que diariamente,

verificada no local do experimento. Essa fonte pode apresentar uma maior lixiviação nessas condições, dependendo também do tipo de solo, podendo ter sido esse o motivo da sua menor eficiência em relação às variáveis analisadas e discutidas até o momento. Porém, vale ressaltar que o nitrato encontra-se em uma das formas preferenciais de absorção pela planta. Mesmo não tendo apresentado a mesma eficiência para as variáveis analisadas em relação às outras fontes de nitrogênio, esse pode apresentar-se melhor que a fonte amídica nos componentes de rendimento, proporcionando maior produtividade da soja, por encontrar-se prontamente disponível para a planta.

Muitos trabalhos evidenciam não ser economicamente viável aplicar nitrogênio na soja. Uma das razões é a baixa eficiência de sua utilização pelas plantas, em torno de 50%, principalmente motivada por volatilização e lixiviação (HUNGRIA et al., 2001; HUNGRIA et al., 2007). Já a fonte amídica, também pode ter apresentado perdas significativas, nesse caso por volatilização, através da combinação de solo úmido seguido de sol forte, sendo um fator determinante para potencializar a volatilização dessa fonte de nitrogênio. Já o nitrato de amônio encontra-se em uma situação intermediária às duas fontes citadas, pois parte dele é nítrico, em torno de 42% e parte é amoniacal, em torno de 58%. Assim, o mesmo apresenta um melhor equilíbrio em relação ao comportamento do nitrogênio em situações de clima semelhante ao verificado no local do ensaio.

Dentro do fator doses e dentro do fator épocas de aplicação não houve diferença significativa para a variável número de legumes na haste principal, nas ramificações e na planta.

Porém, no fator épocas de aplicação é possível verificar em valores absolutos que a testemunha apresentou maior número de legumes comparado aos tratamentos que receberam nitrogênio.

A relação da aplicação de nitrogênio e aborto de legumes pode ocorrer de R1 a R5, estádios em que ocorre a formação e desenvolvimento dos legumes. Até o estádio R5.2 poderia atribuir o efeito negativo da aplicação de nitrogênio para a variável em questão em função da plena viabilidade do rizóbio e assim, com nitrogênio suplementar, o mesmo teria sua eficiência prejudicada. No entanto, a partir desse estádio, o rizóbio perde eficiência, sendo a aplicação de nitrogênio uma alternativa. Em trabalho desenvolvido por Tanner e Anderson (1964), observou-se que os rizóbios tornam-se inativos a partir de R5, e que os nódulos ficam verdes durante o enchimento de grãos, estádio em que o nitrogênio ainda é requerido pela planta.

Em R6 e principalmente em R7, fases em que a soja praticamente não possui folhas fotossinteticamente ativas, logo, sistema radicular pouco ativo, dificilmente poderia haver um efeito prejudicial da aplicação de nitrogênio, podendo essa redução no número de legumes, em especial nos estádios finais, estar relacionado a outro fator, não identificado nesse trabalho (tabela 4).

A produtividade de uma lavoura é o resultado da relação harmoniosa de diferentes fatores bióticos e abióticos que possibilitem a expressão do potencial genético de uma cultivar.

Em relação à produtividade de grãos, dentro do fator fontes, houve diferença significativa entre as mesmas, com maior produtividade verificada quando se utilizou nitrato de amônio, corroborado por Klarmann (2004), não diferindo significativamente entre si os tratamentos que receberam aplicação

das fontes nitrato de cálcio e amídica (tabela 5). Vale ressaltar que esse comparativo foi realizado apenas entre as fontes de nitrogênio, não levando em consideração a produtividade da testemunha. Caso a considerasse, se poderia dizer que o uso de nitrogênio não apresentou efeito benéfico à soja, pois os tratamentos a base de nitrato de cálcio e a fonte amídica apresentaram produtividades inferiores à testemunha, sem aplicação. Apenas a aplicação de nitrato de amônio proporcionou uma produtividade superior à testemunha, porém pouco significativa em valores absolutos.

Ainda dentro do fator fontes de nitrogênio, o tratamento que recebeu nitrato de amônio apresentou uma produtividade 11% superior comparado ao tratamento que recebeu aplicação de nitrogênio amídico. Em relação ao tratamento a base de nitrato de cálcio, houve uma produtividade 10% superior (tabela 5). Essa maior produtividade da fonte de nitrogênio a base de nitrato de amônio pode ser explicada em função dessa ter sido superior às demais fontes em grande parte das variáveis analisadas nesse trabalho, provavelmente justificada pelo melhor equilíbrio da forma do nitrogênio em relação às outras duas fontes, como citado anteriormente. Porém, comparando valores absolutos em relação à testemunha, essa última mostrou-se mais produtiva, em torno de 117 kg a mais de soja por hectare em relação aonde se aplicou nitrogênio amídico e 93 kg mais produtiva em relação à aplicação de nitrogênio nítrico, podendo ter havido um efeito negativo do nitrogênio na soja, para essas duas fontes testadas.

Tabela 5. Comportamento da variável produtividade em quilos por hectare (Produtividade $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em função de diferentes fontes de nitrogênio, doses e épocas de aplicação. UFPel, 2011.

Fonte de Nitrogênio	Produtividade ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)
Nitrato de cálcio	2.404,73 b*
Nitrato de Amônio	2.679,86 a
Amídica	2.380,42 b

Doses Aplicadas	Produtividade ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)
Testemunha	2.497,50
30 kg de N	2.430,50
60 kg de N	2.459,80
90 kg de N	2.461,90
120 kg de N	2.489,20

Épocas de aplicação	Produtividade ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)
Testemunha	2.497,50 ab
R1	2.565,50 ab
R3	2.349,10 b
R5.1	2.469,80 ab
R5.2	2.547,50 ab
R5.3	2.453,80 ab
R5.4	2.371,20 b
R5.5	2.708,10 a
R6	2.345,00 b
R7	2.333,20 b

CV (%)	22,28
--------	-------

*Médias seguidas por letras distintas dentro de cada fator na coluna diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. **Fonte:** dados da pesquisa.

Em relação ao fator doses, não se evidenciou diferença significativa, não havendo influência da dose de nitrogênio aplicada na produtividade da soja (tabela 5). Segundo Harper (1999), removidas as limitações, em condições normais, a soja conseguiria suprir sua necessidade de nitrogênio apenas através da fixação biológica, independente da dose aplicada de nitrogênio.

Quando se analisou o fator épocas de aplicação não se observou diferença significativa entre os tratamentos que receberam nitrogênio e a testemunha. Em relação aos tratamentos que receberam aplicação de nitrogênio o estágio R5.5 diferiu significativamente dos estádios R3, R5.4, R6 e R7.

Esses resultados evidenciam, no caso desse experimento, que a aplicação de nitrogênio não contribuiu para o incremento de produtividade da soja, independente da época de aplicação, fonte ou dose. O teto produtivo da soja mostrou-se foi inferior à média nacional, que é de 2.800 kg.ha^{-1} (CONAB, 2010). Provavelmente, em condições semelhantes às observadas nesse trabalho, a fixação biológica pode atender satisfatoriamente as necessidades da planta em relação a esse nutriente, dispensando adubação suplementar (JENDIROBA et al., 1994; MENDES et al., 2008), resultado esse corroborado por Vargas et al., (1982) os quais constataram que a soja não necessita de adubação nitrogenada suplementar até um teto produtivo de 4 t.ha^{-1} , pois essa demanda é suprida eficientemente pela fixação biológica.

Em valores absolutos, a maior produtividade foi observada no estágio R5.5. Isso pode estar relacionado em função de que nesse estágio os rizóbios já estão inativos, sendo limitante o fornecimento de nitrogênio para planta por parte desses (TANNER & ANDERSON, 1964; IMANSADE & SCHMIDT, 1998).

O fato do teto produtivo desse trabalho ter ficado abaixo da média nacional pode estar relacionado à presença de ventos fortes que acompanharam as freqüentes chuvas verificadas no local do ensaio, provocando certo grau de acamamento das plantas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de nitrogênio nos estádios reprodutivos da soja não incrementou a produtividade da cultura.

A ausência de resultado positivo quanto à aplicação de nitrogênio provavelmente decorreu dos patamares produtivos obtidos, muito próximos à média nacional. Nesses casos, possivelmente, o fornecimento de nitrogênio da própria fixação biológica pode atender a demanda da planta.

Pode-se sugerir, a partir dessas informações, uma nova hipótese, de que de a utilização de nitrogênio em cobertura na fase reprodutiva da soja pode influenciar positivamente a produtividade da cultura em áreas que adotam agricultura de precisão e que apresentam elevados tetos produtivos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLOS, H.F. & BARTHOLOMEU, W.W. Replacement of symbiotic fixation by available nitrogen. **Soil Science**. 87:61-66, 1959.

ALVES, B.J.R.; ZOTARELLI, L.; FERNANDES, F.M.; HECKLER, J.C.; MACEDO, R.A.T. de; BODDEY, R.M.; JANTALIA, C.P.; URQUIAGA, S. Fixação biológica de nitrogênio e fertilizantes nitrogenados no balanço de nitrogênio em soja, milho e algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.3, p.449-456, mar. 2006.

ALVES, B.J.R.; GRIMM, S.S. Transformação do nitrogênio em rotações de culturas sob sistema plantio direto. In: WORKSHOP NITROGÊNIO NA SUSTENTABILIDADE DE SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA. 2000, Dourados. **Anais...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2000. pg 9-31.

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, 2010.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 24: 905-915, 2000.

BATAGLIA, O.C. & MASCARENHAS, H.A.A. **Absorção de nutrientes pela soja**. IAC, 1977. 36 p. (Boletim Técnico n. 41).

BAYER, C. Manejo da fertilidade do solo na cultura do milho. In: BRESOLIN, M.; ed. **Contribuições da cultura do milho para o Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Fundação da Ciência e Tecnologia – CIENTEC. 1993, p. 71-93.

BODDEY, R.M.; URQUIAGA, S.; PERES, J.R.; SUHET, A.R.; NEVES, M.C.P. Quantification of the contribution of N₂ fixation to field-grown legumes: a strategy for the practical application of the ¹⁵N isotope dilution technique. **Soil Biology and Biochemistry**, v.22, p.649-655, 1990.

BRADY, N. C. Aspectos econômicos do enxofre e do nitrogênio dos solos. In: BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7^a ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989, p. 324 – 370.

BUZATTI, W. J. S. Controle de plantas daninhas no sistema plantio direto na palha. In: PAULETTI, V.; SEGANFREDO, R. **Plantio direto: atualização tecnológica**. São Paulo: Fundação Cargill/Fundação ABC, 1999. p. 97-111.

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**, 25:583-592, 2001

CARRARO, I.M.; PESKE, S.T. Uso de sementes de soja no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.27, n.2, p.75-80, 2005.

CARTER, J. L.; HARTWING, E. E. The management of soybeans. In: NORMAN, A. G. (Ed.). **The soybean**. New York: Academic, 1962.

CONAB. Safras: comparativo de área, produção e produtividade. Acessado em julho de 2011. On-line. Disponível na Internet: <<http://www.conab.gov.br>>.

CORDEIRO, D.S. **Efeito de adubação NPK na absorção, translocação e extração de nutrientes pela soja** (*Glycine max* L Merrill). Tese (Doutorado). Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1977. 143 p.

COSTA, J.A. **Rendimento da soja: chegamos ao máximo?** Piracicaba: POTAFOS, Informações Agronômicas, n. 99, 2002. pg. 1-6.

CRISPINO, C.C.; FRNACHINI, J.C.; MORAES, J.Z.; SIBALDELLE, R.N.R.; LOUREIRO, M. de F.; SANTOS, E.N. dos; CAMPO, R.J.; HUNGRIA, M. **Adubação nitrogenada na cultura da soja**. Londrina, 2001. (comunicado técnico 75).

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames: State University of Science and Technology, 1977. 11 p. (Special report, 80).

GAN, Y.; STULEN, I.; VAN KEULEN, H.; KUIPER, P.J.C. Effect of N fertilizer top-dressing at various reproductive stages on growth, N₂ fixation and yield of three soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) genotypes. **Field Crops Research**, v.80, p.147-155, 2003.

GAN, Y.; STULEN, I.; POSTHUMUS, F.; VAN KEULEN, H.; KUIPER, P.J.C. Effects of N management on growth, N₂ fixation and yield of soybean. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.62, p.163-174, 2002.

GERAHTY, N.; et al. Anatomical analysis of nodule development in soybean reveals an additional autoregulatory control point. **Plant Science**, v.58, p.1-7. 1992.

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.

HARDY, G. W.; HOLSTEN, R. D.; JACKSON, E.F. & BURNS, R.C. The acetylene-ethylene assay for N₂ fixation: Laboratory and field evaluations. **Plant Physiology**. 43: 1185-1207, 1968.

HARPER, J. Nitrogen fixation-Limitations and Potential. In: Harold.K. Kauffman Editor. **Proceeding**, World Soybeans Research Conference VI, Chicago, Illinois, 1999, p.235-243.

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; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. 80 p. (Documentos, 283).

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C.; GRAHAM, P.H. Contribution of biological nitrogen fixation to the N nutrition of grain crops in the tropics: the success of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). In: South America. In: SINGH, R.P.; SHANKAR, N.; JAIWAL, P.K. (Ed.). **Nitrogen nutrition in plant productivity**. Houston: Studium Press, 2006a. p.43-93.

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.; MENDES, I.C. Fixação biológica do nitrogênio com a cultura da soja. In: Workshop nitrogênio na sustentabilidade de sistemas intensivos de produção agropecuária, 2000, Dourados. **Anais...** Embrapa Agropecuária Oeste, 2000. p. 51-75.

IMSANDE, J.; SCHMIDT, J.M. Effect of N source during soybean pod filling on nitrogen and sulfur assimilation and remobilization. **Plant and Soil**, v.202, p.41-47, 1998.

JENDIROBA, E. & CÂMARA, G.M. de S. Rendimento agrícola da cultura da soja sob diferentes fontes de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.8, p.1201-1209, 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**. 2004. 142 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

KOUTROUBAS, S.D.; et al. The importance of early dry matter and nitrogen accumulation in soybean yield. **European Journal of Agronomy**, v.9, p.1-10, 1998.

LAMOND, R.E. & WESLEY, T.L. In season fertilization for high yield soybean production. **Better Crops With Plant Food**, n.2, p.6-7, 2001.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. cap. 3. 2000. 478 p.

MAEHLER, A.R.; COSTA, J.A.; PIRES, J.L.F. et al. Qualidade de grãos de duas cultivares de soja em função da disponibilidade de água no solo e arranjo de plantas. **Revista Ciência Rural**, v.33, p.213-218, 2003.

MASCARENHAS, H.A.A.; BULISANI, E.A.; BATAGLIA, O.C.; FALIVENE, S.M.P. Produção, absorção e extração de nutrientes por linhagem de soja que nodula e que não nodula. Efeito do nitrogênio mineral e da inoculação. **Bragantia**, Campinas, 43 (2):397-404, 1984.

MENDES, I. de C.; REIS JUNIOR, R.B. de; HUNGRIA, M.; SOUSA, D.M.G. de; CAMPO, R.J.C. Adubação nitrogenada suplementar tardia em soja cultivada

em latossolos do Cerrado.) **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.8, p.1053-1060, ago. 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, p. 81-87, 2003.

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

NOVO, M.C.S.S.; TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; BORTOLETTO, N.; GALLO, P.B.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; VARGAS, A.T.T. Nitrogênio e potássio na fixação simbiótica de N₂ por soja cultivada no inverno. Piracicaba. **Scientia Agricola**, v.56, n.1, p. 143-155, 1999.

QUEIROZ, E.F. **Efeito de época de plantio e população sobre o rendimento e outras características agrônômicas de quatro cultivares de soja**. Porto Alegre, 1975. 109 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

PEIXOTO, C.P.; SOUSA CÂMARA, G.M. de.; MARTINS, M.C.; MARCHIORI, L.F.S.; GUERZONI, R.A.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I. Componentes da produção e rendimento de grãos. **Scientia Agricola**. v. 57, n.1, Piracicaba, 2000.

RYLE ,G.J. A. et al. 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.

TAÍZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. Trad. SANTARÉM, E.R. et al., 3° ed.,

Porto Alegre: Artemed, 2004, p.719.

TANAKA, R.T. **Caracterização de alguns genótipos de soja, feijão e adubos verdes ao complexo acidez do solo sob casa de vegetação**. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 2003. (Projeto de Pesquisa).

TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A. Nutrição mineral e adubação da soja. In: Encontro Paulista de Soja, 2, 2000, Campinas. **Anais...** Campinas: Cati, 2000. P. 73-105.

TANNER , J.W. & ANDERSON,C. External effect of combined nitrogen on nodulation. **Plant Physiology**.39:1039-1043, 1964.

THIES, J.E.; WOOMER, P.L.; SINGLETON, P.W. Enrichment of *Bradyrhizobium* spp. populations in soil due to cropping of the homologous host plant. **Soil Biology and Biochemistry**, v.27, p.633-636, 1995.

THIES, J.E.; SINGLETON, P.W.; BOHLOOL, B.B. Modeling symbiotic performance of introduced rhizobia in the field by use of indices of indigenous population size and nitrogen status of the soil. **Applied and Environmental Microbiology**, v.57, p.29-37, 1991.

VAN KESSEL, C.; HARTLEY, C. Agricultural management of grain legumes: has it led to an increase in nitrogen fixation? **Field Crops Research**, v.65, p.165-181, 2000.

VARGAS, M. A. T.; MENDES, I. C.; SUHET, A. R. PERES, J. R. R. Fixação biológica de nitrogênio. In: ARANTES, N. E.; SOUSA, P. I. M. (Ed.). **Cultura da soja nos cerrados**. 2ª ed. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo. Piracicaba: Potafos, 1993. p. 159-182.

VARGAS, M.A.T.; PERES, J.R.R.; SUHET, A.R. Adubação nitrogenada, inoculação e épocas de calagem para a soja em um solo sob Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.17, p.1127-1132, 1982.

VENTIMIGLIA, L.A. et al. 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.

WEBER, C.R. Nodulation and non-nodulation soybeans isolines. I Agronomic and chemical attributes. **Agronomic Journal**. 58:43-46, 1966a.

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, p.331-336, 1998.

YOKOMIZO, G. K. Interação genótipos x ambientes em topocruzamentos de soja tipo alimento com tipo grão. 1999. 170 f. **Tese** (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luis deQueiroz , Piracicaba, 1999.

YORINORI, J. T. **Cancro da haste da soja: epidemiologia e controle**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1996. 75p. (EMBRAPA-CNPSO. Circular Técnica,14).

6. ANEXOS

Anexo 1. Análise de variância entre os fatores: fontes, doses e épocas de aplicação de nitrogênio para as variáveis: Altura de inserção do primeiro legume (IPL); comprimento da haste principal (CHP); número de legumes na haste principal (NLHP); número de legumes nas ramificações (NLR), número de nós produtivos na haste principal (NNPHP); número de nós produtivos nas ramificações (NNPR); número de nós nas ramificações (NNR); número de ramificações (NR); comprimento das ramificações (CR); número de legumes por planta (NLP); e, produtividade. UFPel, 2011.

Variáveis		IPL	CHP	NLHP	NLR	NNPHP	NNPR	NNHP	NNR	NR	CR	NLP	Prod.
Fatores	GL	QM	QM	QM	QM	QM	QM	QM	QM	QM	QM	QM	QM
Fonte	2	4.6ns	1625*	351*	482*	162*	36.9*	46.9*	207.4	9.9ns	9.2ns	1654*	2611473*
Época	8	27.7*	44ns	91ns	126ns	16ns	9.3*	10.7ns	17.9ns	5.0ns	34ns	329ns	916654*
Época/Fonte	1	14.8ns	140ns	64ns	95ns	17ns	3.5ns	5.4ns	18.5ns	5.2ns	79ns	188ns	403280ns
	6												
Dose	3	26.0ns	126ns	146ns	143ns	7ns	1.1ns	2.8ns	5.6ns	3.7ns	12ns	373ns	69950ns
Dose/Fonte	6	12ns	140ns	50ns	54ns	10ns	5.4ns	3.6ns	10.1ns	3.1ns	26ns	122ns	359003ns
Época/Dose	2	19ns	106ns	67ns	97ns	20ns	2.9ns	5.0ns	18.2ns	4.8ns	75ns	205ns	425392ns
	4												
Época/Dose/Fonte	4	10ns	64ns	75ns	86ns	13ns	3.9ns	5.6ns	15.9ns	4.9ns	44ns	204ns	312468ns
	8												
Bloco	2	28ns	1412*	223ns	391*	167*	44.5*	51.9*	160.5*	9.3ns	45ns	937*	101427ns