

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
COLÉGIO POLITÉCNICO DA UFSM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRICULTURA DE PRECISÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM AGRICULTURA DE PRECISÃO**

**COMPONENTES DE RENDIMENTO DA CULTURA
DA SOJA EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE
NITROGÊNIO NO FLORESCIMENTO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Leonardo Possebon Perusso

Santa Maria, RS, Brasil

2013

**COMPONENTES DE RENDIMENTO DA CULTURA
DA SOJA EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE
NITROGÊNIO NO FLORESCIMENTO**

Leonardo Possebon Perusso

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissionalizante do Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agricultura de Precisão.**

Orientador: Dr. Telmo Jorge Carneiro Amado

Santa Maria, RS, Brasil

2013

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Perusso, Leonardo Possebon
Componentes de rendimento da cultura da soja em função da aplicação de nitrogênio no florescimento / Leonardo Possebon Perusso.-2014.
38 p.; 30cm

Orientador: Telmo Jorge Carneiro Amado
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão, RS, 2014

1. Glycine max 2. Adubação nitrogenada 3. Produtividade I. Amado, Telmo Jorge Carneiro II. Título.

© 2014

Todos os direitos autorais reservados a Leonardo Possebon Perusso. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.
E-mail: leonardo.perusso@syngenta.com

**Universidade Federal de Santa Maria
Colégio Politécnico da UFSM
Programa de Pós-graduação em Agricultura de Precisão
Mestrado Profissional em Agricultura de Precisão**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a
Dissertação de Mestrado

**COMPONENTES DE RENDIMENTO DA CULTURA DA SOJA EM
FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO NO FLORESCIMENTO**

elaborada por
Leonardo Possebon Perusso

Como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agricultura de Precisão

COMISSÃO EXAMINADORA:

Telmo Jorge Carneiro Amado, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Ben Hur Costa de Campos, Dr. (IFRS/Ibirubá - RS)

Jackson Ernani Fiorin, Dr. (CCGL TEC - Cruz Alta - RS)

Santa Maria, julho de 2013.

DEDICATÓRIA

Dedico aos meus familiares e minha namorada, que sempre me apoiaram nesta caminhada e compreenderam os momentos de ausência.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores do curso de Pós Graduação em Agricultura de Precisão (PPGAP) pelo apoio, empenho, dedicação e conhecimentos repassados para nós, pois sem eles nada teria acontecido.

É muito melhor arriscar coisas grandiosas, alcançar triunfo e glória,
mesmo expondo-se à derrota, do que formar fila com os pobres de espírito,
que não gozam muito e nem sofrem muito, porque vivem na penumbra cinzenta
que não conhece nem vitória nem derrota.

Theodore Roosevelt

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-graduação em Agricultura de Precisão
Universidade Federal de Santa Maria

COMPONENTES DE RENDIMENTO DA CULTURA DA SOJA EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO NO FLORESCIMENTO

Autor: Leonardo Possebon Perusso
Orientador: Telmo Jorge Carneiro Amado
Santa Maria – RS, julho de 2013

O Brasil vem se consolidando como um dos principais produtores mundiais de alimentos, sendo a soja, *Glycine max* (L.) Merrill, a principal cultura de grãos cultivada no país, e uma das grandes responsáveis pelo desempenho econômico do agronegócio brasileiro. Seu cultivo se tornou viável, em boa parte, devido à capacidade da espécie de fixar o nitrogênio atmosférico para a sua nutrição, em associação com bactérias fixadoras de nitrogênio. O incremento contínuo da produtividade da soja, observado ao longo das duas últimas décadas, é o reflexo do aprimoramento do sistema de produção de soja no Brasil, devido a avanços de ordem genética, do controle de pragas e doenças e, sobretudo, ao uso eficiente de fertilizantes. O nitrogênio é o nutriente requerido em maior quantidade pela cultura da soja, pois os grãos são muito ricos em proteínas, apresentando um teor médio de 6,5% N. Atualmente muitos trabalhos têm sido desenvolvidos com relação ao suprimento de nitrogênio, observando que a fixação biológica isoladamente pode não estar aportando a quantidade necessária para que a planta expresse o seu potencial produtivo. Este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito de doses de nitrogênio aplicadas no florescimento da soja, e seus efeitos na altura das plantas, nos componentes do rendimento (número de legumes por planta, número de grãos por legume e peso de mil grãos) e na produtividade da cultura. O experimento foi conduzido na Fazenda Escada, localizada no município de Irineópolis – SC, na safra 2012/2013, com a cultivar SYN 1163, sob sistema de plantio direto. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com 5 tratamentos e 5 repetições, totalizando 25 parcelas de avaliação. Quando a cultura da soja encontrava-se em pleno florescimento foi aplicado nitrogênio, tendo como fonte a uréia conforme os tratamentos a seguir: 1) controle - sem adubação nitrogenada; 2) 22,5 kg ha⁻¹ de N; 3) 45,0 kg ha⁻¹ de N; 4) 67,5 kg ha⁻¹ de N; 5) 90,0 kg ha⁻¹ de N. Foi realizada análise de variância pelo teste F e, quando significativo, os dados foram submetidos à comparação de médias pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de significância e regressão polinomial. Houve diferença significativa entre os tratamentos somente para a variável altura de plantas, sendo que a maior média (122,68cm) foi obtida com a dose de 45 kg ha⁻¹ de N. Para os componentes de produtividade da cultura (número de legumes por planta, número de grãos por legume e peso de mil sementes) não houve diferença significativa entre os tratamentos. Contudo foi observado aumento em todos os tratamentos com adubação nitrogenada para o número de legumes por planta em relação ao controle. Já no componente peso de 1000 sementes verificou-se aumento crescente no peso com as doses de 22,5, 45,0 e 67,5 kg ha⁻¹ de N. Quanto à produtividade da soja, não houve diferença entre os tratamentos.

Palavras-chave: *Glycine max*. Adubação nitrogenada. Produtividade.

ABSTRACT

YIELD COMPONENTS OF SOYBEAN CROP FOR EACH APPLICATION OF NITROGEN IN FLOWERING

Author: Leonardo Possebon Perusso
Advisor: Telmo Jorge Carneiro Amado
Santa Maria - RS, July 2013

Brazil has been consolidating as one leading global producer of food, and soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill, the main grain crop grown in the country, and one of the great responsible for the economic performance of Brazilian agribusiness. Soybean cultivation became viable, in good part because of the ability of this species of fixing atmospheric nitrogen for their nutrition, together with nitrogen fixing bacterias. The continuous increase in soybean productivity, observed throughout the last two decades, is a reflection of the improvement of the system of soybean production in Brazil, due to the advances of genetic order, of control of crop pests and diseases, and especially efficient use fertilizers. Nitrogen is the nutrient required in greatest amount by soybean crop because the grains are very high in protein presenting an average content of 6.5% N. Currently many papers have been developed about to nitrogen supply, pointing out that the biological fixation alone might not be contributing with the amount required for the plant to express its productive potential. This study aims to evaluate the effect of nitrogen applied at soybean flowering, and their effects on plant height, the yield components (number of pods per plant, number of seeds per pod and thousand seed weight) and yield. The experiment was conducted at Escada Farm, located in the municipality of Irineópolis - SC, in 2012/2013 harvest, with cultivar SYN 1163, on no-tillage system. The experimental design used was a randomized block with five treatments and five replicates, totaling 25 plots of evaluation. When the soybean crop was in full flowering was applied Nitrogen, as urea according to the following treatments: 1) control - without N fertilization; 2) 22.5 kg ha⁻¹ N, 3) 45.0 kg ha⁻¹ N, 4) 67.5 kg h⁻¹ N, 5) 90.0 kg ha⁻¹ N. Was performed by analysis of variance F test, and when significant, the data were subjected to comparison of means by Duncan test at the 5% level of significance and regression. Significant difference was observed among the treatments only for the variable plant height, with the highest average (122.68 cm) was obtained with the dose of 45 kg ha⁻¹ N. For the components of yield (number of pods per plant, number of grains per pod and thousand seed weight) there was no significant difference among the treatments. However increase was observed in all treatments with N fertilization for the number of pods per plant compared to control. In the component weight of 1000 seeds there was an increase in weight with increasing doses of 22.5, 45.0 and 67.5 kg ha⁻¹ N. As to soybean productivity, there was no difference between treatments.

Keywords: *Glycine max*. Nitrogen fertilization. Productivity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Localização da área experimental através de imagem de satélite. Irineópolis, SC.....21
- Figura 2 - Croqui do experimento (a) e detalhe de uma parcela (b). Irineópolis, SC.23
- Figura 3 - Altura de plantas de soja, cultivar SYN 1163, em função de concentrações crescentes de nitrogênio. *significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise química do solo da área experimental quando da implantação do experimento. Irineópolis – SC. 2012	22
Tabela 2 - Altura de plantas de soja, cultivar SYN 1163, em função de doses de nitrogênio mineral aplicada no florescimento. Irineópolis – SC, safra 2012-2013.	26
Tabela 3 - Número de legumes por planta de soja, cultivar SYN 1163, em função de doses de nitrogênio. Irineópolis – SC, safra 2012-2013.	28
Tabela 4 - Número de grãos por legume de soja, cultivar SYN 1163, em função de doses de nitrogênio mineral. Irineópolis – SC, safra 2012-2013.	29
Tabela 5 - Valores médios do peso de mil grãos de soja, cultivar SYN 1163, em função de concentrações crescentes de nitrogênio em Irineópolis – SC, safra 2012-2013.	30
Tabela 6 - Produtividade de soja, cultivar SYN 1163, em função de doses de nitrogênio mineral. Irineópolis – SC, safra 2012-2013.....	31

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
1.1 Nutrição mineral	13
1.2 Nutrição mineral da cultura da soja.....	14
1.3 Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)	16
1.4 Adubação nitrogenada em soja	18
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
3.1 Altura de planta	25
3.2 Número de legumes por planta	28
3.3 Número de grãos por legumes	29
3.4 Peso de mil grãos.....	29
3.5 Produtividade estimada.....	31
4 CONCLUSÃO	34
BIBLIOGRAFIA	35

INTRODUÇÃO

O Brasil vem se consolidando como um dos principais produtores e exportadores mundiais de alimentos, garantindo o abastecimento interno e aumentando a participação no comércio internacional. Com a produção de grãos da safra 2011/2012 ultrapassando a marca de 160 milhões de toneladas, o setor agropecuário permanece contribuindo decisivamente para este cenário (MAPA, 2012).

Ao longo dos últimos 35 anos, o país desenvolveu e consolidou uma das agriculturas mais eficientes do mundo (MAPA, 2012). Conforme dados da CONAB (2012), a produção brasileira de grãos, que em 1991 foi de 60 milhões de toneladas, em 2011 atingiu 162,8 milhões de toneladas, sendo que o volume de soja produzido alcançou 66,39 milhões de toneladas, mesmo com uma redução de 11,8% em relação à safra 2010/2011, devido à seca ocorrida em dezembro de 2011.

Com a produção da safra 2012/13 próxima de 81,5 milhões de toneladas, o Brasil passa a ser um dos maiores produtores de soja mundial (CONAB, 2013), praticamente alcançando a produção total dos EUA com estimativas entre 82 e 92 milhões de toneladas para a safra 2013/14.

A obtenção de elevados rendimentos da soja é uma necessidade em função dos altos custos de produção e da crescente competitividade a que todos os produtores estão sujeitos. No entanto, a obtenção e, mais importante, a manutenção de elevados rendimentos são resultados de uma complexa interação de fatores de clima, planta, solo e manejo (AMADO et al., 2010).

Dentre esses fatores, o suprimento de nitrogênio do solo para a cultura é fundamental para a obtenção de altas produtividades. Em se tratando de soja, leguminosa que tem capacidade de suprir grande parte da sua necessidade nutricional de nitrogênio por meio da fixação biológica de nitrogênio (FBN) devido a associação simbiótica com bactérias dos gêneros *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azorhizobium*, *Photorhizobium*, *Sinorhizobium*, intermediada pelo complexo enzimático da nitrogenase (TAIZ & ZIEGER, 2009). Recentemente com o avanço

dos patamares de rendimento da cultura, a fertilização nitrogenada na fase reprodutiva da soja tem sido sugerida como uma alternativa de complementação a quantidade aportada pela FBN, uma vez que neste estágio ocorre diminuição acentuada na atividade do rizóbio (AMADO et al., 2010). Isso acontece porque no processo de simbiose, o rizóbio recebe carboidratos em troca do nitrogênio fixado, porém, a fase reprodutiva funciona como um dreno e a planta envia preferencialmente às flores e legumes os carboidratos em detrimento aos nódulos.

O crescimento da produção e o aumento da capacidade competitiva da soja brasileira sempre estiveram associados aos avanços científicos e à disponibilização de tecnologias ao setor produtivo (EMBRAPA, 2002). Assim, torna-se imprescindível que novas ferramentas tecnológicas sejam investigadas e utilizadas pelos profissionais envolvidos diariamente na agricultura.

O objetivo desse trabalho foi de avaliar os componentes de rendimento da soja, em função da aplicação de doses de nitrogênio no florescimento da oleaginosa.

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 Nutrição mineral

Os nutrientes minerais são obtidos do solo, principalmente na forma de íons inorgânicos que, após terem sido absorvidos pelas raízes, com ou sem a participação de outros organismos como fungos e bactérias, são translocados para diversas partes da planta para cumprirem suas funções biológicas (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Os nutrientes essenciais exigidos pelas plantas superiores são exclusivamente de natureza inorgânica que, apesar de presentes em pequenas proporções, são indispensáveis ao crescimento e reprodução das mesmas (FLOSS, 2011). Segundo Taiz & Zeiger (2009), apenas certos elementos foram determinados como essenciais para o crescimento vegetal, definidos como aqueles componentes intrínsecos na estrutura ou no metabolismo de uma planta ou cuja ausência causa anormalidades no crescimento, desenvolvimento e reprodução do vegetal. Os elementos essenciais são: carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio, fósforo, enxofre, silício, cloro, ferro, boro, manganês, sódio, zinco, cobre, níquel e molibdênio.

A quantidade dos diferentes nutrientes necessária para a nutrição adequada das plantas é muito variável. Assim, a divisão consagrada dos nutrientes em macronutrientes e micronutrientes é baseada exatamente na quantidade mínima necessária de cada nutriente para o desenvolvimento pleno das culturas e não nos teores médios encontrados na análise dos tecidos vegetais (FLOSS, 2011).

A agricultura moderna exige o uso de insumos em quantidades adequadas, de modo a atender critérios econômicos e, ao mesmo tempo, conservar o solo, possibilitando manter ou elevar a produtividade das culturas (SFREDO & OLIVEIRA, 2010). Nesse sentido, a utilização de fertilizantes é necessária por permitir boas produtividades e retorno econômico das atividades agropecuárias.

1.2 Nutrição mineral da cultura da soja

A soja, *Glycine max* (L.) Merrill, é a cultura anual de maior expressão econômica no Brasil, sendo que seu cultivo se tornou viável, em grande parte, devido à sua capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico para a sua nutrição, em associação com a bactéria *Bradyrhizobium japonicum* (VARGAS et al., 1994).

Sendo a soja a cultura mais cultivada no país, é uma das grandes responsáveis pelo desempenho econômico brasileiro. Porém, sua produtividade oscila de ano a ano e de região a região, devido a diversos fatores como: deficiência hídrica, doenças, pragas, fertilidade do solo, dentre outros (PESKE et al., 2009).

O Brasil é o quarto maior consumidor de fertilizantes do mundo, atrás apenas dos EUA, China e Índia. A cultura da soja é o carro chefe do consumo de fertilizantes no Brasil, sendo responsável por cerca de 35% do total de fertilizantes consumidos (ANDA, 2010)

Segundo Benites (2012), a forte demanda por fertilizantes pela cultura da soja está relacionada à baixa fertilidade natural dos solos brasileiros. Nas principais áreas de produção de soja no Brasil, predominam os Latossolos, que são solos que normalmente apresentam boa condição física, porém são naturalmente deficientes em nutrientes em função dos fatores de formação desses solos. Exceções são observadas em algumas áreas da região sul do Brasil, como nos Nitossolos do Paraná e os Vertissolos do Rio Grande do Sul. Comparativamente com outras áreas de produção de grãos da América do Sul (ex. Pampas argentinos) pode-se sustentar que não há estoques de nutrientes nos solos sob cultivo de soja no Brasil que permitam o cultivo sucessivo dessa cultura sem que haja a reposição de nutrientes exportados pelas colheitas (BENITES et al., 2010 *apud* BENITES, 2012).

Alguns solos mais férteis do Paraná podem suportar cerca de 3 a 5 safras de soja sem o uso de adubação, sem que sejam observadas reduções significativas na produtividade (OLIVEIRA JR et al., 2010). Contudo, na maioria dos solos cultivados com soja no Brasil, nem sequer uma única safra é viável sem que haja a adição de nutrientes ao solo.

O aumento contínuo da produtividade da soja, observado ao longo das duas últimas décadas, é o reflexo do aprimoramento do sistema de produção de soja no Brasil, devido a avanços de ordem genética, do controle de pragas e doenças e, sobretudo, ao uso de fertilizantes (BENITES, 2012). O mesmo autor sustentou que práticas conservacionistas de manejo do solo e da adubação, como o sistema de plantio direto e a integração lavoura pecuária, têm permitido a redução significativa das perdas de nutrientes, seja por lixiviação, erosão ou, no caso do fósforo, por fixação. Doses de fertilizantes antes recomendadas para a cultura da soja começam a ser questionadas por vários pesquisadores, os quais propõem uma revisão das recomendações para a adubação da soja em solos com a fertilidade construída.

Associado ao oxigênio e ao carbono, o nitrogênio é um elemento essencial aos seres vivos, sendo que do ponto de vista econômico e ambiental, é o nutriente que mais influencia a produção agrícola e sua disponibilidade no solo tem relação direta com a produtividade agrícola (ALCANTARA & REIS, 2008).

Segundo Hungria et al. (2001), o nitrogênio é o nutriente requerido em maior quantidade pela cultura da soja pois os grãos são muito ricos em proteínas, apresentando um teor médio de 6,5% N. Conforme dados da EMBRAPA (2011), 1000 kg de grãos de soja contém 51 kg de N. Adicione-se a isso os 32 kg contidos nas demais partes da planta para concluir que, para cada 1000 kg de soja, são necessários 83 kg de nitrogênio. Conseqüentemente, para atingir rendimentos de 3000 kg, são necessários 249 kg de nitrogênio assimilados pela planta.

O elemento nitrogênio (N) é encontrado abundantemente na atmosfera na sua forma mais estável (N_2), que é quimicamente inerte e não disponível para a maioria dos seres vivos, incapazes de incorporá-lo aos esqueletos de carbono, a não ser que ocorra a redução do N_2 atmosférico a N-amoniaco (MAYS-FIGUEROA, 2004 *apud* ALCANTARA & REIS, 2008). Existem, basicamente, duas alternativas para a realização da conversão do nitrogênio molecular (N_2) em amônia (NH_3): a fixação química (industrial) e a fixação biológica do nitrogênio (FBN).

Considerando-se que o reservatório de nitrogênio presente na matéria orgânica do solo é limitado, que a fixação abiótica é pequena e variável e que os fertilizantes minerais têm custo elevado e riscos ambientais conhecidos, a principal fonte de nitrogênio para algumas culturas, a exemplo da soja, é a fixação biológica.

Atualmente muitos trabalhos têm sido desenvolvidos com relação ao nitrogênio, sendo observado que a fixação biológica por si só pode não estar atendendo plenamente a demanda desse nutriente na planta para que ela expresse todo o seu potencial produtivo, dado o avanço atual do melhoramento genético e da incorporação de novas práticas de manejo.

Costa (2002), fazendo uma análise do potencial de rendimento da soja, afirmou que um dos fatores que mais influenciaram a obtenção de altas produtividades foi a disponibilidade de nitrogênio. A soja, especialmente quando alcança altos rendimentos, pode inclusive apresentar um balanço negativo de N, ou seja, o aporte de N via FBN ficaria aquém da quantidade exportada pelos grãos (ALVES et al., 2000 *apud* AMADO et al., 2010), o que pode ocorrer com variedades de alto potencial produtivo.

Presume-se que, quanto mais eficiente for a assimilação do nitrogênio, melhores serão todas as reações bioquímicas da planta, pela suficiente produção de proteínas e enzimas. É possível que sejam afetadas positivamente as enzimas e proteínas responsáveis pela formação e manutenção das membranas plasmáticas, permitindo assim melhores arranjos de suas estruturas, durante o período de armazenamento e também na germinação (POSSENTI & VILELLA, 2010).

1.3 Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)

A disponibilização de nitrogênio para as culturas pode ocorrer de formas diferenciadas de acordo com a espécie vegetal. Este nutriente pode ser absorvido do solo na forma de NH_4^+ ou de NO_3^- ou através do N_2 atmosférico pela fixação biológica (FAGAN et al., 2007).

Algumas plantas apresentam sistemas simbióticos formados pela associação entre bactérias (como as do gênero *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* e *Azorhizobium*) e plantas da família das leguminosas, que são capazes de fixar nitrogênio atmosférico, ocorrendo então o desenvolvimento de nódulos radiculares com as

bactérias em seu interior, multiplicando-se e transformando o N_2 atmosférico em NH_3 (MALAVOLTA et al. 1997).

Em se tratando de soja, sabe-se que esta espécie tem elevada capacidade de suprir sua necessidade nutricional de nitrogênio por meio da FBN devido sua associação simbiótica com bactérias dos gêneros *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azorhizobium*, *Photobacterium*, *Sinorhizobium*, intermediada pelo complexo enzimático da nitrogenase (TAIZ & ZIEGER, 2009).

Dentro destes gêneros existem várias estirpes vendidas comercialmente. Conforme Chueire et al (2003), as estirpes mais utilizadas na cultura da soja no Brasil são: SEMIA 587 e SEMIA 5019 (=29 w) pertencentes à espécie *Bradyrhizobium elkanii* e SEMIA 5079 (=CPAC 15) e SEMIA 5080 (=CPAC 7) pertencentes à espécie *Bradyrhizobium japonicum*.

De acordo com Smith & Hume (1987, *apud* FAGAN et al, 2007) a associação do *Bradyrhizobium japonicum* com a soja pode resultar numa fixação de nitrogênio de até $102,9 \text{ kg de N ha}^{-1}$.

A FBN envolve uma sucessão de processos que começam com a adaptação da bactéria à planta e culminam na fixação do N_2 atmosférico, a custas de energia da planta (TAÍZ & ZIEGER, 2009). Portanto, trata-se de um processo que depende da formação e disponibilização de fotoassimilados e, conseqüentemente, a taxa de fixação de N_2 é proporcional à taxa fotossintética do vegetal (ALCANTARA & REIS, 2008).

Conforme Taiz & Zeiger (2009), como a fixação do nitrogênio envolve a transferência de grandes quantidades de energia, as enzimas nitrogenase, que catalisam essas reações, possuem sítios que facilitam as trocas de alta energia dos elétrons. O oxigênio, sendo um forte aceptor de elétrons, pode danificar esses sítios e inativar irreversivelmente a nitrogenase. Por isso, o nitrogênio deve ser fixado sob condições anaeróbias.

Os organismos procariotos simbiotes fixadores de nitrogênio ocorrem no interior de nódulos, órgãos especiais da planta hospedeira que contém as bactérias fixadoras. Os nódulos possuem uma heme proteína que se liga ao oxigênio, denominada leg-hemoglobina, a qual está presente em concentrações altas no citoplasma das células infectadas de nódulos, conferindo cor rosada a eles.

Embora se acreditasse que a leg-hemoglobina agisse como um tampão para o oxigênio do nódulo, estudos mais recentes indicam que ela armazena uma quantidade suficiente de oxigênio para a manutenção da respiração nodular por poucos segundos. Sua função é auxiliar o transporte de oxigênio para a respiração das células bacterianas simbióticas (TAIZ & ZEIGER, 2009).

O complexo da enzima nitrogenase pode ser separado em dois componentes – a Fe-proteína e a MoFe-proteína -, nenhuma das quais com atividade catalítica própria. Na reação geral de redução do nitrogênio, a ferredoxina atua como um doador de elétrons para a Fe-proteína, a qual, por sua vez, hidrolisa ATP e reduz a MoFe-proteína. A MoFe-proteína pode então reduzir inúmeros substratos, embora sob condições naturais ela reaja somente com N_2 e H^+ .

Alguns estudos indicam que o pico da FBN ocorre no início da floração, quando há maior taxa fotossintética. Nas fases subsequentes, há uma diminuição da fotossíntese e aumento da competição por carboidratos para os órgãos reprodutivos, diminuindo a FBN (ALCANTARA & REIS, 2008). Esta situação pode limitar a disponibilidade de nitrogênio necessário para crescimento de grãos, devido ao inadequado suprimento de fotoassimilados para os nódulos fixadores de N (LAWN & BRUN, 1974).

A eficiência do processo de FBN, porém, depende de vários fatores inerentes à soja e à bactéria. Condições físico-químicas do solo, como acidez, temperatura, umidade e a presença de teores adequados de nutrientes também influenciam na eficiência da FBN (AMADO et al, 2010).

1.4 Adubação nitrogenada em soja

Em leguminosas, a adição de adubos nitrogenados tem efeito adverso na fixação biológica devido a diminuição da disponibilidade de oxigênio na respiração nodular (DENINSON & HARTER, 1995) e a limitação de carboidratos ao metabolismo do nódulo (STEPHENS & NEYRA, 1983).

De acordo com Deninson & Harter (1995), o suprimento de nitrogênio causa inibição da nitrogenase devido ao decréscimo da permeabilidade da membrana do nódulo ao oxigênio e pela redução afinidade da leghemoglobina (proteína constituinte do complexo nitrogenase) pelo oxigênio.

Estudos realizados por Stephens & Neyra (1983) sugeriram que a adição de nitrogênio a plantas de soja na forma de KNO_3 decresce a atividade da nitrogenase em mais de 50%. Isso ocorre porque o nitrato e o nitrito acumulados a nível nodular inibem a fixação de nitrogênio devido a diminuição da disponibilidade de energia ao bacteróide. Entretanto, se a planta apresentar um suprimento de sacarose para os nódulos, a atividade da nitrogenase é incrementada devido ao decréscimo no nível de nitrito acumulado nos mesmos.

Alcantara e Reis (2008), estudando o metabolismo do carbono nos nódulos que promovem a FBN concluíram que o aumento da capacidade fotossintética da planta e, conseqüentemente, dos fotoassimilados, contribui para o incremento na atividade da nitrogenase e concorrem para uma maior eficiência da FBN. Eficiência esta que, segundo os autores, poderá ser alcançada por meio da seleção de cultivares e de estirpes de rizóbio mais eficazes, principalmente quando se considera que cultivares mais eficientes na produção e transporte de fotoassimilados poderão incrementar a FBN.

A aplicação de N mineral na fase reprodutiva da soja também tem sido avaliada como uma alternativa de complementação a FBN, uma vez que neste estágio ocorre diminuição acentuada na atividade do rizóbio (AMADO et al, 2010). Isso acontece porque no processo de simbiose, o rizóbio recebe carboidratos em troca do nitrogênio fixado, porém, a fase reprodutiva funciona como um dreno e a planta envia às flores e legumes os carboidratos em detrimento aos nódulos.

Fagan et al. (2007) destacaram que a fixação de nitrogênio pelas plantas é um processo que apresenta várias interações entre bactéria e hospedeiro (planta), sendo dispendioso para a planta e regulado por sinais químicos e hormonais, além de fatores externos como disponibilidade hídrica, teor de oxigênio e adubação nitrogenada. Os autores concluíram sua revisão bibliográfica acerca da fisiologia da FBN sugerindo estudos sobre técnicas de manejo, como a adubação nitrogenada, com intuito de buscar equilíbrio entre a adição de N e a fixação biológica.

Considerando que a adição de nitrogênio mineral de forma complementar à fixação biológica pode ser uma estratégia para alcançar elevados rendimentos, este trabalho tem como objetivo investigar tal hipótese.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Escada, situada no município de Irineópolis – SC ($-26^{\circ}16'31''$ S; $-50^{\circ}50'55,1''$ W), em uma altitude de 796 metros (Figura 1). O clima da região é do tipo Subtropical Úmido – Cfa, conforme a classificação de Köppen.



Figura 1 - Localização da área experimental através de imagem de satélite. Irineópolis, SC. (Fonte: Google Earth)

O solo do local do experimento é classificado como Latossolo Vermelho distrófico segundo a classificação brasileira de solos (EMBRAPA, 2004). A área encontra-se sob sistema plantio direto já consolidado, sendo que o experimento foi conduzido em resteva de trigo. A análise química da área experimental, realizada antes da implantação do experimento, está apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Análise química do solo da área experimental quando da implantação do experimento. Irineópolis – SC. 2012

Profundidade	pH SMP	CTC efetiva	V %	N	Ca ⁺² ***	Mg ⁺² ***	K ⁺ *	H + Al
m		cmol _c .dm ⁻³		g.dm ⁻³	----- cmol _c .dm ⁻³ -----			
0 - 0,2	6,3	8,7	68,6	1,9	5,2	3,3	0,3	4,0
0,2 - 0,4	5,9	5,8	52,0	1,7	3,4	2,2	0,2	5,4
	P *	SO ₄ ²⁻ **	Mn *	Fe *	Cu *	Zn *	B ****	Matéria Orgânica
	----- mg.dm ⁻³ -----							%
0 - 0,2	7,1	6,2	88,7	88,5	2,1	1,7	0,2	3,9
0,2 - 0,4	5,2	20,4	74,8	90,8	2,3	2,4	0,5	3,3

* Extração por Mehlich-I (0,3 cmol_c.dm⁻³ é igual a 117 mg.dm⁻³)

** Extração por CH₃COONH₄

*** Extração por KCl 1N

**** Extração por HCl 0,05N

Nota: Análise química realizada por Laborsolo do Brasil S/S, Londrina – PR, sob responsabilidade técnica de Roberto A. Fioretto, CREA-SP: 78.547/D

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com cinco repetições e cinco tratamentos, totalizando 25 parcelas compostas por 6 linhas de plantio, espaçadas de 0,45m, com 4 metros de comprimento (Figura 2). Para fins de avaliação, foram descartas as plantas das linhas laterais de bordadura de cada parcela e as plantas presentes nos 0,5 metros iniciais e finais da parcela, restando as plantas de avaliação em uma área central equivalente a 5,4m².

A variedade de soja utilizada no experimento foi SYN-1163RR[®], precoce de alto potencial produtivo e cujas características são apresentadas no Quadro 1.

A semeadura foi realizada no dia 6 de dezembro de 2012, com emergência em 13 de dezembro de 2012. Foi utilizada uma densidade de semeadura de 11,7 sementes por metro linear, com o intuito de obter população final de, aproximadamente, 260.000 plantas.ha⁻¹. No momento da semeadura, foi realizada adubação de base (320 kg ha⁻¹) com a fórmula comercial 00-18-18 (NPK) + 12 Ca + 6 S, totalizando 57,6 kg ha⁻¹ de P (fósforo), 57,6 kg ha⁻¹ de K (potássio), 38,4 kg ha⁻¹ de Ca (cálcio) e 19,2 kg ha⁻¹ de S.

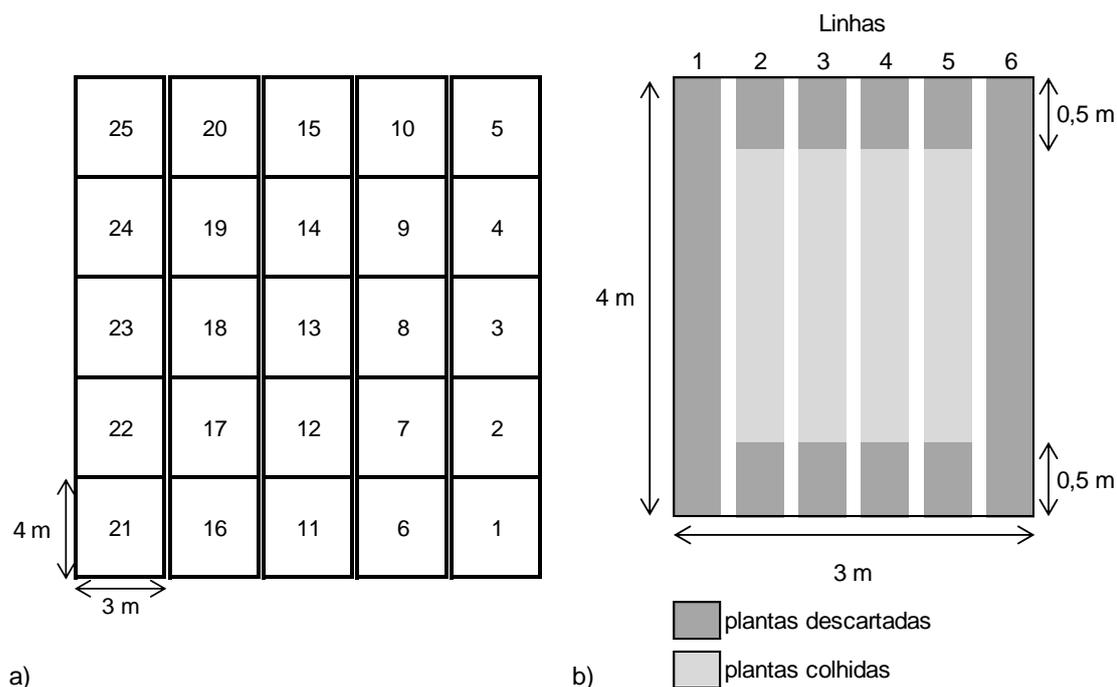


Figura 2 - Croqui do experimento (a) e detalhe de uma parcela (b). Irineópolis, SC.

Quadro 1 – Características técnicas e agrônômicas da cultivar SYN-1163RR®

Grau de maturação	6.3
Ciclo médio (dias)	134
Hábito de crescimento	Indeterminado
Cor do Hilo	Marrom claro
Cor da flor	Roxa
Pubescência	Marrom claro
Altura das plantas	116 cm
População (mil plantas ha ⁻¹)	220 – 300
Resistência/ tolerância	Cancro de Haste, Mancha olho de rã

As sementes foram inoculadas com 1 dose ha⁻¹ de inoculante da cepa SEMIA 587 pertencentes à espécie *Bradyrhizobium elkanii*, com aplicador de jato dirigido direto no sulco de semeadura. Os tratamentos culturais foram realizados de acordo com as necessidades de aplicação de inseticidas e fungicidas, para controle e prevenção das plantas.

O estágio fenológico da plena floração foi alcançado em 6 de fevereiro de 2013 e a adubação nitrogenada de cobertura foi realizada com dose conforme cada tratamento, no dia 10 de fevereiro de 2013. A fonte de N utilizada foi uréia (45%) a lanço, em boas condições de umidade, e os tratamentos foram os seguintes:

- Tratamento 1: controle - sem adubação de cobertura;
- Tratamento 2: 22,5 kg ha⁻¹ de N;
- Tratamento 3: 45,0 kg ha⁻¹ de N;
- Tratamento 4: 67,5 kg ha⁻¹ de N;
- Tratamento 5: 90,0 kg ha⁻¹ de N.

A colheita foi realizada manualmente no dia 18 de abril de 2013. Após, foram realizadas avaliações da altura de planta (m) – obtida pela mensuração, com uma fita métrica, da base da planta até a sua extremidade superior; a contagem do número de legumes por planta; número de grãos por legume; peso de mil grãos (g) e; produtividade de grãos (kg ha⁻¹) - obtida pela pesagem de todos os grãos das plantas colhidas em cada parcela (5,4m²), a qual foi extrapolada para a área de 1 ha (10.000m²), através do seguinte cálculo: produção parcela (kg) x 10000m²/5,4 m².

O número de legumes por planta e de grãos por legume foram obtidos por contagem direta. Já a peso de mil grãos foi obtida por meio da avaliação de 8 subamostras de 100 grãos cada, conforme determina as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

A análise de variância foi realizada pelo teste F e, quando significativo, os dados foram submetidos à comparação de médias pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de significância e regressão polinomial. Os dados relativos ao número de legumes por planta e número médio de grãos por legume foram transformados através da expressão $(x + 1)^{1/2}$ para as análises.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os componentes primários do rendimento da soja compreendem o número de plantas por área, o número de legumes por planta (ou área), o número de grãos por legume e o peso do grão (THOMAS & COSTA, 2010). Tendo em vista que o número de plantas por área utilizado no experimento está de acordo com o descrito para a cultivar, a seguir serão discutidos os demais componentes do rendimento em função da aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura na cultura da soja.

3.1 Altura de planta

A altura da planta de soja é considerada um parâmetro importante pela sua relação com a produção, controle de plantas daninhas, acamamento e eficiência na colheita. Seu crescimento em altura depende da alongação do caule, que ocorre em função do número e do comprimento dos internódios (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Fatores como temperatura, umidade, fertilidade do solo, época de semeadura e densidade de plantas afetam a altura de planta, o grau de acamamento e a produtividade da cultura (SEDIYAMA et al., 1989). No entanto, é preciso destacar que a altura das plantas de soja é uma característica geneticamente controlada (VERNETTI & VERNETTI JUNIOR, 2009), ou seja, as variações no ambiente podem afetar a expressão gênica mas se a planta estiver em condições ótimas, deverá apresentar altura próxima à descrita para a variedade.

Considerando que a cultivar testada apresenta hábito e crescimento indeterminado, é possível afirmar que no momento da aplicação da adubação nitrogenada em cobertura, ainda ocorria crescimento. A análise estatística apontou diferenças significativas para a variável altura de planta em parcelas submetidas a

diferentes doses de nitrogênio em cobertura. As plantas adubadas com 45,0 kg ha⁻¹ de N foram maiores do que as adubadas com 90,0 kg ha⁻¹ de N, sendo que ambas não diferenciaram dos demais tratamentos (Tabela 2). Além disso, pode-se observar que baixas doses de nitrogênio (22,5 e 45,0 kg ha⁻¹ de N) contribuíram para o incremento de altura das plantas, enquanto doses mais elevadas (67,5 e 90,0 kg ha⁻¹ de N) causaram o efeito contrário e as plantas apresentaram altura semelhante ou inferior àquelas que não receberam adubação nitrogenada em cobertura (Figura 3).

Tabela 2 - Altura de plantas de soja, cultivar SYN 1163, em função de doses de nitrogênio mineral aplicada no florescimento. Irineópolis – SC, safra 2012-2013.

Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)	Altura de planta (m)
0,0	1,18 ab
22,5	1,20 ab
45,0	1,23 a
67,5	1,18 ab
90,0	1,15 b
CV (%)	3,34

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de significância.

A contribuição para aumento na altura de planta apresentada com as doses de 22,5 e 45,0 kg ha⁻¹ de N, demonstra que estas quantidades disponibilizadas neste estágio fenológico, supriram a demanda deste nutriente para a cultivar SYN 1163 expressar todo o seu potencial de crescimento indeterminado após o florescimento, sendo possível um incremento de 4,1 cm de altura de planta com a dose de 45,0 kg ha⁻¹ de N em relação a testemunha, embora sem diferença significativa. Este resultado vem de encontro com o apresentado por (AMADO et al, 2010) o qual descreve que a FBN diminui no estágio reprodutivo pois o rizóbio recebe carboidratos em troca do nitrogênio fixado, porém, a fase reprodutiva funciona

como um drenó e a planta envia às flores e legumes boa parte dos carboidratos antes enviados aos nódulos.

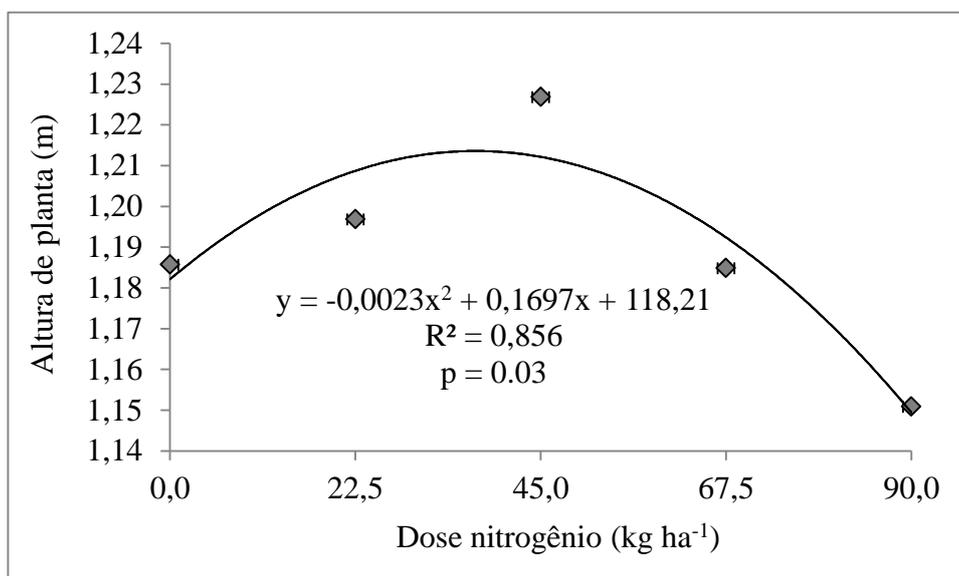


Figura 3 - Altura de plantas de soja, cultivar SYN 1163, em função de concentrações crescentes de nitrogênio. *significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.

Na situação de diminuição na altura de planta nas doses mais elevadas (67,5 e 90,0 kg ha⁻¹ de N), resultado semelhante aos anteriormente encontrado por Deninson & Harter (1995), os quais citam que o suprimento de nitrogênio mineral causa inibição da nitrogenase. Neste caso existe um ponto de equilíbrio no qual o aporte de N mineral é favorável e posteriormente onde torna-se desfavorável. Nas doses 67,5 e 90,0 kg ha⁻¹ de N, ocorreu um possível processo de inibição enzimática, diminuindo a disponibilidade de nitrogênio para as plantas num período posterior ao da suplementação, afetado diretamente pela diminuição da FBN, diminuindo o crescimento posterior ao florescimento, ou seja, a altura final da planta.

3.2 Número de legumes por planta

A formação, fixação e desenvolvimento de legumes apresentam papel primordial no incremento do rendimento de grãos, pois determinam o número total de legumes por área, sendo esse o componente mais maleável na composição do rendimento (THOMAS & COSTA, 2010). Logo, quando se buscam aumentos de rendimento, deve-se atentar para esse componente.

A análise estatística revelou que não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 3). De maneira geral, pode-se observar que as médias de legumes por planta foram superiores quando as plantas receberam alguma dose de nitrogênio em cobertura, se comparadas às plantas sem aplicação de N.

Tabela 3 - Número de legumes por planta de soja, cultivar SYN 1163, em função de doses de nitrogênio. Irineópolis – SC, safra 2012-2013.

Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)	Número de legumes por planta
0,0	39,0 ns
22,5	45,1
45,0	45,7
67,5	48,1
90,0	41,3
CV (%)	9,4

ns: não significativo.

Petter et al (2012) investigando o efeito da adubação nitrogenada no início do florescimento sobre a produtividade e os componentes de produção na cultura da soja em solos do Cerrado, verificaram que o número de legumes por planta foi significativamente influenciado pela adubação nitrogenada tardia em todos os cultivares testados. Os autores observaram que as doses de 20 e 40 kg ha⁻¹ de N proporcionaram aumento no número de legumes por planta, enquanto que as doses de 80 e 160 kg ha⁻¹ de N reduziram esse número.

3.3 Número de grãos por legumes

Para o componente de rendimento número de grãos por legume, a análise estatística demonstrou que não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 4), estando de acordo com Thomas & Costa (2010), os quais sugerem que o número de grãos por legume, dentre os componentes, é o que apresenta menor variação, sendo que isso foi evidenciado em vários trabalhos, demonstrando uma uniformidade do melhoramento na busca de plantas com produção de, em média, dois grãos por legume.

Tabela 4 - Número de grãos por legume de soja, cultivar SYN 1163, em função de doses de nitrogênio mineral. Irineópolis – SC, safra 2012-2013.

Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)	Número de grãos por legume
0,0	2,3ns
22,5	2,3
45,0	2,3
67,5	2,3
90,0	2,4
CV (%)	1,9

ns: não significativo.

3.4 Peso de mil grãos

O componente de rendimento peso de grãos representa o tamanho do grão e, portanto, apresenta valor característico de cada cultivar, porém isso não impede que ele varie de acordo com as condições ambientais e de manejo às quais a cultura seja submetida (THOMAS & COSTA, 2010).

Para o peso de mil grãos, as diferenças entre os tratamentos não foram estatisticamente significativas (Tabela 5). Os resultados encontrados neste trabalho diferem dos de Petter et al (2012), no qual a aplicação de N influenciou significativamente o peso de mil sementes quando comparado à testemunha sem aplicação de fertilizante nitrogenado. Estes autores verificaram aumento no peso das sementes com a aplicação de doses de 20,0 e 40,0 kg ha⁻¹ de N, enquanto o presente trabalho observa que o peso de mil sementes foi crescente para os tratamentos de 22,5, 45,0 e 67,5 kg ha⁻¹ de N, embora sem diferença estatística.

Tabela 5 - Valores médios do peso de mil grãos de soja, cultivar SYN 1163, em função de concentrações crescentes de nitrogênio em Irineópolis – SC, safra 2012-2013.

Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)	Peso de mil grãos (g)
0,0	126,6 ns
22,5	127,1
45,0	128,0
67,5	129,2
90,0	126,5
CV (%)	1,5

ns: não significativo.

Resultados divergentes a este trabalho também foram observados por Silveira & Damasceno (1993), que verificaram aumento na massa de 100 sementes com a aplicação de 30,0 kg ha⁻¹ de N. O aumento no peso das sementes pode estar associado ao maior acúmulo de proteína nos grãos, em função da maior síntese de aminoácidos ocasionada pela presença de N.

Com a aplicação de 90 kg ha⁻¹ de N apresentou a menor média entre todos os tratamentos para esta variável. Em suas formas minerais, NO₃⁻ e NH₄⁺, o N presente no solo afeta não só a fixação biológica, mas também a nodulação das plantas, por inibir a formação ou causar senescência dos nódulos já formados

(Bottomley & Myrold, 2007 *apud* MENDES et al, 2008), o que pode resultar na diminuição da quantidade de nitrogênio fixado biologicamente e afetar negativamente o rendimento de grãos.

3.5 Produtividade estimada

Na estimativa de produtividade, a análise estatística revelou que as diferenças entre os tratamentos não foram significativas (Tabela 6). Tal resultado pode ter sido mascarado em função do desfolhamento precoce que aconteceu em função da ocorrência de ferrugem (*Phakopsora* sp.), que prejudicou também outras lavouras da região na mesma época. A moléstia também pode ter afetado o potencial produtivo, já que as produtividades calculadas para o experimento, em todos os tratamentos, ficaram aquém da produtividade esperada para a região.

Tabela 6 - Produtividade de soja, cultivar SYN 1163, em função de doses de nitrogênio mineral. Irineópolis – SC, safra 2012-2013.

Doses de nitrogênio (kg ha ⁻¹)	Produtividade estimada (kg ha ⁻¹)
0,0	1649,3 ns
22,5	1797,9
45,0	1597,4
67,5	1683,0
90,0	1619,3
CV (%)	10,4

ns: não significativo.

Observamos que os tratamentos reagiram de diferentes formas, e comparativamente com o controle, observa-se alguns dados interessantes: a disponibilização de 22,5 kg ha⁻¹, 67,5 kg ha⁻¹, 90,0 kg ha⁻¹ de N incrementaram a

produtividade em 9,0%, 2,0% e 1,8%, respectivamente, sem diferença estatística. Desta forma, é possível observar que o tratamento com 22,5 kg ha⁻¹ de N apresentou o melhor desempenho, produzindo 148,59 kg ha⁻¹ (2,48 sacos ha⁻¹) adicionais em relação ao controle.

Estudos realizados por Hungria et al (2006) apontaram redução na produtividade da soja com a aplicação de 50,0 kg ha⁻¹ de N. Para Petter et al (2012), as aplicações de 80,0 kg ha⁻¹ e 160,0 kg ha⁻¹ de N, reduziram significativamente o rendimento da cultura. Esse fato pode ser atribuído a uma possível redução da nodulação e eficiência da FBN.

Faccin et al (2012), avaliando o efeito de doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura da soja, obtiveram resultados que possibilitaram concluir que diferentes doses e épocas de aplicação de nitrogênio, não apresentam resultados estatisticamente significativos para a produtividade de grãos na cultura da soja. Contudo, os autores ressaltam que o incremento de produtividade foi de 4 sacos ha⁻¹ no tratamento que recebeu 100 kg ha⁻¹ de N, comparado com o tratamento que não recebeu adubação nitrogenada.

Tais dados vão ao encontro dos resultados apresentados por Goulart et al (2010), que, avaliando a nutrição de soja transgênica com nitrogênio mineral em plantio direto na região do Cerrado, concluíram que o aumento de doses de N em cobertura não foi estatisticamente significativo, porém as doses de 35,0 e 125,0 kg ha⁻¹ de nitrogênio possibilitaram um incremento de, aproximadamente, 120 e 300 kg ha⁻¹ de soja, respectivamente.

No presente experimento, de forma semelhante a Faccin et al (2012) e Goulart et al (2010), a máxima estimativa de produtividade foi observada no tratamento que forneceu 22,5 kg ha⁻¹ de N, atingindo 1797,8 kg ha⁻¹, 148,6 kg (2,48 sc ha⁻¹) a mais do que o rendimento obtido no tratamento sem aplicação de nitrogênio no florescimento, contudo, os resultados demonstram uma tendência linear negativa para a produtividade de grãos em função do aumento das doses de nitrogênio aplicadas em cobertura.

Novo et al (1999) estudaram o efeito da adubação com nitrogênio e potássio em cultivos de inverno no estado de São Paulo e concluíram que a adubação nitrogenada prejudicou a nodulação e a fixação simbiótica do N na soja. Apesar

disso, reportaram que apenas a inoculação não forneceu nitrogênio nas quantidades exigidas para maximizar a produtividade da soja e a adubação nitrogenada aumentou a produtividade e o teor de N dos grãos de soja nas três localidades estudadas.

Yimbo et al (1997) verificaram incrementos de 11 a 16% na biomassa e até 44% na produtividade usando nitrogênio como adubação de “arranque”, seguido por uma complementação em cobertura, durante o período de crescimento vegetativo. Para Mendel et al (2008), ao analisar a média dos rendimentos de grãos da soja, observaram que a aplicação de nitrato de amônio e sulfato de amônio, nas fases de pré-florescimento e enchimento de grãos, promoveu aumentos no rendimento da cultura, que variaram de 1 a 4,3 sacas.ha⁻¹ de soja.

Pelos resultados do presente estudo, que caracteriza uma situação de produtividade média, observou-se que a fertilização nitrogenada no florescimento de soja afetou apenas a altura de plantas, sem alterar a produtividade ou os principais componentes de rendimento. Com isto, refuta-se a hipótese de que a fertilização nitrogenada mineral no florescimento incremente a produtividade de soja. Apesar disso, é evidente que os estudos sobre a adubação nitrogenada em cobertura para a cultura da soja são recentes, e que os dados existentes na literatura são bastante controversos.

Em geral, pode-se observar que realmente existe um ponto de dose máxima de N que é possível aplicar na cultura da soja, e que não causará efeito negativo na FBN. Sendo assim, sugere-se que esse assunto seja objeto de novas e aprofundadas experiências.

4 CONCLUSÃO

A adubação nitrogenada, aplicada no período de florescimento da soja cultivar SYN-1163RR na safra 2012/2013, cultivada em Irineópolis – SC proporcionou diferenças significativas para a altura de plantas, sendo que a melhor média obtida foi com a dose de 45,0 kg ha⁻¹ de N.

Para os componentes de rendimento da cultura (número de legumes por planta, número de grãos por legume e peso de mil sementes) não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Para a produtividade da soja, não houve diferença significativa entre os tratamentos.

BIBLIOGRAFIA

ALCANTARA, R. M. C. M.; REIS, V. M. **Metabolismo do Carbono nos Nódulos**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2008. (Documentos n. 253)

ALMEIDA, C.; CARVALHO, M. A. C.; ARF, O. et al. Uréia em cobertura e via foliar em feijoeiro. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.57, n.2, p. 293-298, 2000.

AMADO, T. J. C.; SCHLEINDWEIN, J. A.; FIORIN, J. E. Manejo do solo visando à obtenção de elevados rendimentos de soja sob sistema plantio direto. In: THOMAS, A. L.; COSTA, J. A. (Org.). **Soja: manejo para alta produtividade de grãos**. Porto Alegre: Evangraf, 2010.

ANDA, Anuário estatístico sobre fertilizantes, São Paulo, 2010. (CD ROM).

BENITES, V. M. Fontes de nutrientes para a produção de soja no Brasil. In: VI Congresso Brasileiro de Soja, Cuiabá, MT – 2012: soja: integração nacional e desenvolvimento sustentável. **Anais...** Adilson de Oliveira Júnior et al (Editores técnicos). Brasília: Embrapa, 2012. Disponível em <http://www.cbsoja.com.br/anais/>. Acesso em 19 abr 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009.

CHUEIRE, L. M. O. et al. Classificação taxonômica das estirpes de rizóbio recomendadas para as culturas da soja e do feijoeiro baseada no sequenciamento do gene 16S rRNA. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 5, p. 883-840, set./out. 2003.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Estudos de Prospecção de Mercado Safra 2012/2013**. Brasília, 2012.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, oitavo levantamento, maio 2013**. Brasília: Conab, 2013. Disponível em: < http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_05_09_11_56_07_boletim_2_maio_2013.pdf >. Acesso em: 27 maio 2013.

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

DENINSON, R. F.; HARTER, B. L. Nitrate effects on nodule oxygen permeability and leghemoglobin. Nodule oximetry and computer modeling. **Plant Physiology**, Rockville, v. 107, p. 1355-1364, 1995.

EMBRAPA. **Solos do Estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento n. 46)

EMBRAPA. **Tecnologias de Produção de Soja: região central do Brasil**, 2003. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste: ESALQ, 2002. (Sistemas de Produção/ Embrapa Soja, n. 1)

EMBRAPA. **Tecnologias de Produção de Soja: região central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. (Sistemas de Produção, n.15) Disponível em <<http://www.cnpso.embrapa.br/download/SP15-VE.pdf>>. Acesso em 19 abr 2013.

FACCIN, V. M.; BATISTA, M. V.; ARF, M. V.; CALCANHO, R. S. Efeito de doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura da soja. In: VI Congresso Brasileiro de Soja, Cuiabá, MT – 2012: soja: integração nacional e desenvolvimento sustentável. **Anais...** Adilson de Oliveira Júnior et al (Editores técnicos). Brasília: Embrapa, 2012. Disponível em <<http://www.cbsoja.com.br/anais/>>. Acesso em 19 abr 2013.

FAGAN, E. B.; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P. A. et al. Fisiologia da fixação biológica do nitrogênio em soja – revisão. **Revista da FZVA**. Uruguaiana, 2007, v. 14, n. 1, p. 89-106.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo que está por trás do que se vê**. 5. ed. Passo Fundo: UPF, 2011.

GOULARTE, G. D.; TIENGO, R.; ARAUJO JUNIOR, W. L. et al. Nutrição de soja transgênica com nitrogênio mineral em plantio direto no cerrado. In: VIII Seminário de Iniciação Científica e V Jornada de Pesquisa e Pós-Graduação. 10 a 12 de novembro de 2010. **Anais...** Universidade Estadual de Goiás, 2010.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. Circular Técnica n. 35.

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; CAMPO, R. J.; CRISPINO, C. C.; MORAES, J. Z.; SIBALDELLI, R. N. R.; MENDES, I. C.; ARIHARA, J., 2006. Nitrogen nutrition of soybean in Brazil: contributions of biological N₂ fixation and N fertilizer to grain yield. **Can. J. Plant Sci.** n.86, p.927–939.

LAWN, R. J.; BRUN, W. A. Symbiotic Nitrogen Fixation in Soybeans. Effect of Supplemental Nitrogen and Intervarietal Grafting. **Crop Science**, v. 14, n. 1, p. 22-25, 1974.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba, 2. ed., p. 31, 1997.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Política Agrícola. **Plano Agrícola e Pecuário 2012/2013**. Brasília, 2012.

MENDES, I. C.; REIS JUNIOR, F. B.; HUNGRIA, M. et al. Adubação nitrogenada suplementar tardia em soja cultivada em latossolos do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 8, p. 1053-1060, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v43n8/v43n8a15.pdf>>. Acesso em 22 abr 2013.

NOVO, M. C. S. S.; TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A et al. Nitrogênio e potássio na fixação simbiótica de N₂ por soja cultivada no inverno. **Scientia agrícola**. Piracicaba, vol.56, n.1, 1999. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90161999000100021>. Acesso em 22 abr 2013.

OLIVEIRA JUNIOR, A.; CASTRO, C.; KLEPKER, D.; OLIVEIRA, F. A. Soja. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Org.). **Boas práticas para o uso eficiente de Fertilizantes**. Piracicaba, SP: IPNI - Brasil, 2010, v. 3, p. 1-38.

PESKE, F. B.; BAUDET, L.; PESKE, S. T. Produtividade de plantas de soja provenientes de sementes tratadas com fósforo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 95-101, 2009.

PETTER, F. A.; PACHECO, L. P.; ALCÂNTARA NETO, F.; SANTOS, G. G. Respostas de cultivares de soja à adubação nitrogenada tardia em solos de cerrado. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 67-72, 2012. Disponível em: <<http://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/sistema/article/view/2137>>. Acesso em: 8 maio 2013.

POSSENTI, J. C., VILLELA, F. A. Efeito do molibdênio aplicado via foliar e via semente sobre o potencial fisiológico e produtividade de sementes e soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 4, p.143-150, 2010.

SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M. G.; SEDIYAMA, C. S.; GOMES, J. L. L. **Cultura da soja: 1ª parte**. Viçosa: UFV, 1989.

SFREDO, G. J.; OLIVEIRA, M. C. N. **Soja: molibdênio e cobalto**. Londrina: Embrapa Soja, 2010. Documentos nº 322.

SILVEIRA, P. M.; DAMASCENO, M. A. Doses e parcelamento de K e de N na cultura do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 11, p. 1269-1276, 1993.

STEPHENS, B. D.; NEYRA, C. A. Nitrate and nitrite reduction in relation to nitrogenase activity in soybean nodules and *Rhizobium japonicum* bacteroids. **Plant Physiology**, Rockville, v. 71, p. 731-735, 1983.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Trad. Eliane Romanato Santarém et al. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

THOMAS, A. L., COSTA, J. A. Desenvolvimento da planta de soja e potencial de rendimento de grãos. In: THOMAS, A. L., COSTA, J. A. (Org.). **Soja: manejo para alta produtividade de grãos**. Porto Alegre: Evangraf, 2010.

VARGAS, M. A. T.; SUHET, A. R.; MENDES, I. C.; PERES, J. R. **Fixação biológica de nitrogênio em solos de cerrados**. Brasília: EMBRAPA – CPAC: EMBRAPA – SPI, 1994.

VERNETTI, F. J.; VERNETTI JUNIOR, F. J.; **Genética da Soja: Caracteres Qualitativos e Diversidade Genética**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

YIMBO, G.; PEOPLES, M. B.; RERKASEM, B. The effect of n fertilizer strategy on N₂ fixation growth and yield of vegetable soybean. **Field Crops Research**, v. 51, n. 33, p. 221-229, 1997.