

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

HENRIQUE LOVATEL VILLETTI

APLICAÇÃO FOLIAR DE COMPOSTOS NITROGENADOS NA CULTURA
DA SOJA

PALOTINA

2015

HENRIQUE LOVATEL VILLETTI

APLICAÇÃO FOLIAR DE COMPOSTOS NITROGENADOS NA CULTURA DA
SOJA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito à obtenção do grau de bacharel do curso de graduação em Agronomia, Setor de Palotina da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Leandro Paiola Albrecht

PALOTINA

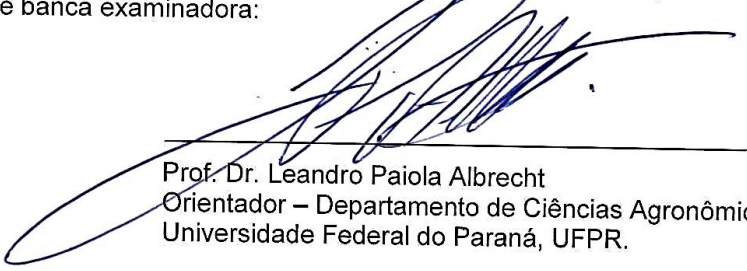
2015

TERMO DE APROVAÇÃO


HENRIQUE LOVATEL VILLETTI

APLICAÇÃO FOLIAR DE COMPOSTOS NITROGENADOS NA CULTURA DA SOJA

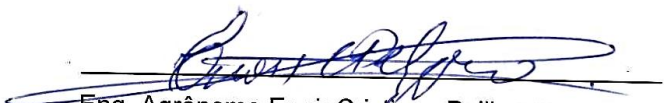
Trabalho apresentado como requisito à obtenção do grau de bacharelado no curso de graduação em Agronomia, da Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, pela seguinte banca examinadora:



Prof. Dr. Leandro Paiola Albrecht
Orientador – Departamento de Ciências Agronômicas da
Universidade Federal do Paraná, UFPR.



Prof. Dr. Laércio Augusto Piveta
Professor - Departamento de Ciências Agronômicas da
Universidade Federal do Paraná, UFPR.



Eng. Agrônomo Enoir Cristiano Pellizzaro
Supervisor Agrônomo da C.Vale – Cooperativa Agroindustrial.

Palotina, 8 de julho de 2015.

DEDICÁTORIA

Dedico esta conquista alcançada, primeiramente a Deus, a mim, por minha dedicação, aos meus pais que sempre me motivaram a estudar e a buscar meus sonhos, me ensinando o caminho certo, que me ensinaram a nunca desistir perante as dificuldades. Também agradeço imensamente a minha namorada que vivenciou junto comigo este período de graduação, me apoiando, ensinando, fortalecendo, trilhando esses cinco importantes anos ao meu lado.

Um imenso obrigado.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me concedido a vida e por permitir que eu vencesse mais este desafio, com sua bênção e proteção.

Aos meus pais Zeniro Pedro Villetti e Nauli Salete Lovatel Villetti, que me ensinaram a ser honesto, a enfrentar todos os desafios impostos pela vida de cabeça erguida e nunca se deixar abater, além de me ensinar a trabalhar e mostrar que tudo alcançamos com o suor é mais recompensador do que as coisas que ganhamos com facilidade. Ao meu irmão Herlon pela alegria que passa pela família. A Cecília minha sobrinha linda, por animar meus dias, com seus sorrisos, travessuras e brincadeira, me mostrando ainda mais o quanto é importante ter uma família

Agradeço a Giovana, minha namorada e amiga, por ter passado esse período de graduação ao meu lado, sempre me apoiando, me compreendendo, motivando e ajudando a enfrentar todas as dificuldades que encontramos pelo caminho, além de dedicar e ser fiel a mim, me dando muito carinho e amor.

Ao professor Milton Ferreira de Moraes, a qual eu tive a honra de ter como meu orientador durante 2 anos, por depositar sua confiança na minha pessoa e auxiliar no meu desenvolvimento acadêmico, assim como idealizar o produto utilizado neste trabalho.

Agradeço ao professor Leandro Paiola Albrecht o qual tive a honra de ter como meu orientador durante nos meus últimos três anos de graduação, além de não medir esforços para me auxiliar, no meu desenvolvimento acadêmico e científico, acreditando em mim e depositando toda sua confiança, além de se tornar um grande amigo.

Aos meus professores, que não mediram esforços para passar todo seus conhecimentos, e estarem a prontidão para esclarecer minhas dúvidas.

A todos os integrantes da grande família Supra – Pesquisa, que me ajudaram nas avaliações a campo e em laboratório, e na tabulação dos dados, além de me ensinarem a trabalhar em equipe e a respeitar e conhecer o limite de cada pessoa, além de depositarem a sua confiança na minha pessoa.

Agradeço imensamente a Universidade Federal do Paraná, e ao CNPq e a CAPES, pela concessão da bolsa e auxílios financeiros que possibilitaram a condução adequada deste trabalho.

RESUMO

A soja é a cultura que mais cresceu em área nas últimas três décadas, e seu aumento de produtividade está associado principalmente a avanços tecnológicos, ao manejo e a eficiência dos produtores. Objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho agrônomo da soja submetido a aplicação foliar de fertilizantes nitrogenados em diferentes estádios fenológicos. O estudo foi desenvolvido no município de Palotina-PR, nos anos agrícolas de 2013/2014 (Experimento I) e 2014/2015 (Experimento II). O solo predominante da área é um Latossolo Vermelho eutrófico. O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados, no esquema fatorial 2 x 3 x 4 (Fontes x Estádios fenológicos x doses de N), em 4 repetições, totalizando 96 parcelas, no qual eram as fontes de nitrogênio utilizadas: Ureia (45% N) e Formulado (20% N + 20% de K₂O + 1% de sulfato de níquel + 1% de sulfato de Zinco); em 3 estádios fenológicos R3, R4 e R5.3 e 4 doses (0; 2,25; 4,5 e 6,75 kg ha⁻¹ de N). O volume de calda na aplicação foi de 200 L ha⁻¹. Ao longo do desenvolvimento até a maturidade dos grãos, determinaram-se as variáveis: estande, altura final de plantas, número de vagens de 3 grãos, número de vagens de 2 grãos, número de vagens totais, produtividade e massa de mil grãos. Os dados foram submetidos a análise de regressão ($p \leq 0,05$), enquanto o teste F foi conclusivo para comparação das médias das fontes, por meio do software SISVAR. No experimento I não observou-se diferença estatística para variável número de vagens de 2 grãos, número de vagens totais, altura final de plantas. Porém, para vagens de 3 grãos houve diferença entre as fontes dentro dos níveis de manejo e dose, e isso se repetiu para produtividade, sendo possível ajustar um modelo de regressão quadrático para a fonte ureia, dentro do estágio R3. Já para o experimento II, não observou-se diferença significativa para o número de vagens de 2 grãos e nem para número de vagens totais. Sendo possível encontrar diferença estatística para variável número de vagens de 3 grãos, entre as fontes dentro de cada estágio e dose, já para altura final de plantas encontrou-se diferença estatística na interação de estádios dentro de cada fonte e dose, onde ocorreu resultado estatístico para o mesmo desdobramento mas para massa de mil grãos e produtividade, sendo que nesta foi possível ajustar um modelo de regressão quadrática para a fonte ureia dentro do estágio R3. Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a aplicação de compostos nitrogenados via foliar na cultura da soja em diferentes estádios fenológicos, provoca alterações tanto em características morfológicas como nos componentes de rendimento da cultura. Assim comprova-se uma tendência de aumento de produtividade para aplicação de ureia no estágio de R3, podendo, ser utilizada de forma suplementar a inoculação da soja.

Palavras-Chave: Suplementar. Fertilizantes Nitrogenados. Rendimento. *Glycine max* (L.) Merrill

ABSTRACT

Soy is the culture that has grown more in the last three decades, and his increased productivity is associated mainly to technological advances, the management and the efficiency of the producers. Purpose of this study was to evaluate the agronomic performance of soybean submitted the application of nitrogenous compounds in different phenological stages. The study was carried out on Zeniro Peter Villetti Property, in the municipality of Palotina, PR, in the years 2013/2014 agricultural (experiment I) and 2014/2015 (experiment II). The predominant soil of this area is a eutroférico red Latosol. The complete randomized blocks experimental design, the factorial scheme 2 x 3 x 4 (Sources x phenological Stages x doses of N), in 4 repetitions, totaling 96 parcels, on which were the nitrogen sources used: Urea (CU: 45% N) and Formulated (For: 20% N 20% K₂O 1% nickel sulphate and 1% zinc sulphate); in phenological stages 3 R3, R4 and R 5.3 and 4 doses (0; 2.25; 4.5 and 6.75 kg ha⁻¹ of N). The volume of syrup in the application was 200 L ha⁻¹. Along the development until the maturity of the grains, determined whether the variables: booth, final height of plants, number of pods of 3 grains, grain 2 pods, number of pods, productivity and total mass of thousand grains. The data were subjected to regression analysis ($p \leq 0.05$), while the F-test was conclusive for comparison of the averages of the sources by means of SISVAR software. In experiment I no statistical difference was observed for variable number of grains 2 pods, number of pods, final height of plants. However, to 3 grains pods there was no difference between the sources within the management levels and dose, and this was repeated for productivity, being possible to adjust a quadratic regression model for urea, inside the stadium R3. To the experiment II, no significant difference was noted for the number of pods of beans and 2 or for number of total pods. Being possible to find significant difference for variable number of 3 pods, beans between the sources within each stage and final height to dose herbal found statistical difference in the interaction of stadiums within each source and dose, where statistical result occurred for the same wheel but to mass of thousand grains and productivity, being that this was possible to adjust a quadratic regression model to the urea source inside the stadium R3. Based on the results obtained, it is concluded that the application of nitrogenous compounds via soy culture leaf in different phenological stages, causes changes both in morphological characteristics as income components of culture. So shows a trend of increased productivity for application of urea in the stadium of R3, but may be used to supplement the inoculation of soybeans.

Keywords: Supplementary. Nitrogen fertilizers. Yield. *Glycine max* (L.) Merrill.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – POSSÍVEIS VIA PARA TRANSPORTE A LONGA DISTÂNCIA, MALAVOLTA (2006). .	13
FIGURA 2 - PRECIPITAÇÃO (MM) E TEMPERATURA MÁXIMA E MÍNIMA (°C) NO PERÍODO DA REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO (SETEMBRO/2013 A FEVEREIRO/2014), NA PROPRIEDADE VILLETTI, EM PALOTINA- PR. FONTE: C.VALE – COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL.....	18
FIGURA 3 - PRECIPITAÇÃO (MM) E TEMPERATURA MÁXIMA E MÍNIMA (°C) NO PERÍODO DA REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO (OUTUBRO/2014 A JANEIRO/2015), NA PROPRIEDADE VILLETTI, EM PALOTINA- PR. FONTE: C.VALE – COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL.	19
FIGURA 4 – PRODUTIVIDADE (KG HA ⁻¹) DA CULTIVAR BRASMAX TURBO®, EM FUNÇÃO DAS DOSES DE NITROGÊNIO, NA FONTE DE UREIA DENTRO DOS ESTÁDIOS R3, R4 E R5.3. SAFRA 2013/2014, EXPERIMENTO I, PALOTINA - PR. OBS: $P \leq 0,05$	28
FIGURA 5 – PRODUTIVIDADE (KG HA ⁻¹) DA CULTIVAR BRASMAX POTÊNCIA®, EM FUNÇÃO DAS DOSES DE NITROGÊNIO, NA FONTE DE UREIA DENTRO DOS ESTÁDIOS R3, R4 E R5.3. SAFRA 2012/2013, EXPERIMENTO II, PALOTINA - PR. OBS: $P \leq 0,05$	35
FIGURA 6 – VARIAÇÃO DA NODULAÇÃO DURANTE O CLICO FENOLÓGICO DA SOJA, CV. CONQUISTA. FIGURA DA ESQUERDA (NÚMERO TOTAL DE NÓDULOS EM RAÍZES DE 10 PLANTAS); FIGURA DA DIREITA (MASSA SECA TOTAL (G) DE NÓDULOS EM RAÍZES DE 10 PLANTAS. FONTE: CÂMARA (2014).	36

LISTA DE TABELA

TABELA 1 - TABELA DE TRATAMENTO, CONTENDO COMPOSIÇÃO E DOSAGEM.	20
TABELA 2 - NÚMERO DE VAGENS DE DOIS GRÃOS DA SOJA BRASMAX TURBO®, SUBMETIDA À APLICAÇÃO DE, DUAS FORMULAÇÃO, TRÊS MANEJOS E QUATRO DOSES DE NITROGÊNIO (KG HA ⁻¹), EM PALOTINA – PR.	23
TABELA 3 - NÚMERO DE VAGENS DE TRÊS GRÃOS DA SOJA BRASMAX TURBO®, SUBMETIDA À APLICAÇÃO DE, DUAS FORMULAÇÃO, TRÊS MANEJOS E QUATRO DOSES DE NITROGÊNIO (KG HA ⁻¹), EM PALOTINA – PR.	24
TABELA 4 - NÚMERO DE VAGENS TOTAIS DA SOJA BRASMAX TURBO®, SUBMETIDA À APLICAÇÃO DE, DUAS FORMULAÇÃO, TRÊS MANEJOS E QUATRO DOSES DE NITROGÊNIO (KG HA ⁻¹), EM PALOTINA – PR.	24
TABELA 5 - ALTURA FINAL DE PLANTAS (CM ⁻¹) DA SOJA BRASMAX TURBO®, SUBMETIDA À APLICAÇÃO DE, DUAS FORMULAÇÃO, TRÊS MANEJOS E QUATRO DOSES DE NITROGÊNIO (KG HA ⁻¹), EM PALOTINA – PR.	25
TABELA 6 - MASSA DE MIL GRÃOS (G) DA SOJA BRASMAX TURBO®, SUBMETIDA À APLICAÇÃO DE, DUAS FORMULAÇÃO, TRÊS MANEJOS E QUATRO DOSES DE NITROGÊNIO (KG HA ⁻¹), EM PALOTINA – PR.	26
TABELA 7 - PRODUTIVIDADE (KG HA ⁻¹) DA SOJA BRASMAX TURBO®, SUBMETIDA À APLICAÇÃO DE, DUAS FORMULAÇÃO, TRÊS MANEJOS E QUATRO DOSES DE NITROGÊNIO (KG HA ⁻¹), EM PALOTINA – PR.	27
TABELA 8 - NÚMERO DE VAGENS DE DOIS GRÃOS DA SOJA BRASMAX POTÊNCIA®, SUBMETIDA À APLICAÇÃO DE, DUAS FORMULAÇÃO, TRÊS MANEJOS E QUATRO DOSES DE NITROGÊNIO (KG HA ⁻¹), EM PALOTINA – PR.	29
TABELA 9 - NÚMERO DE VAGENS DE TRÊS GRÃOS DA SOJA BRASMAX POTÊNCIA®, SUBMETIDA À APLICAÇÃO DE, DUAS FORMULAÇÃO, TRÊS MANEJOS E QUATRO DOSES DE NITROGÊNIO (KG HA ⁻¹), EM PALOTINA – PR.	30
TABELA 10 - NÚMERO DE VAGENS TOTAIS DA SOJA BRASMAX POTÊNCIA®, SUBMETIDA À APLICAÇÃO DE, DUAS FORMULAÇÃO, TRÊS MANEJOS E QUATRO DOSES DE NITROGÊNIO (KG HA ⁻¹), EM PALOTINA – PR.	31
TABELA 11 - ALTURA FINAL DE PLANTAS (CM ⁻¹) DA SOJA BRASMAX POTÊNCIA®, SUBMETIDA À APLICAÇÃO DE, DUAS FORMULAÇÃO, TRÊS MANEJOS E QUATRO DOSES DE NITROGÊNIO (KG HA ⁻¹), EM PALOTINA – PR.	31
TABELA 12 - MASSA DE MIL GRÃOS (G) DA SOJA BRASMAX POTÊNCIA®, SUBMETIDA À APLICAÇÃO DE, DUAS FORMULAÇÃO, TRÊS MANEJOS E QUATRO DOSES DE NITROGÊNIO (KG HA ⁻¹), EM PALOTINA – PR.	33
TABELA 13 - PRODUTIVIDADE (KG HA ⁻¹) DA SOJA BRASMAX POTÊNCIA®, SUBMETIDA À APLICAÇÃO DE, DUAS FORMULAÇÃO, TRÊS MANEJOS E QUATRO DOSES DE NITROGÊNIO (KG HA ⁻¹), EM PALOTINA – PR.	34

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	MATERIAL E MÉTODOS	17
2.1	Caracterização da área experimental:	17
2.2	Dados Meteorológicos	17
2.2.1	Experimento I	17
2.2.2	Experimento II	18
2.3	Instalação dos experimentos:.....	19
2.4	Tratamento e delineamento experimental:	19
2.5	Tratos Culturais:.....	21
2.6	Variáveis respostas:	21
2.7	Análise estatística:	22
3	RESULTADO E DISCUSSÃO	23
3.1	Experimento I	23
3.2	Experimento II	29
4	CONCLUSÕES	39
5	REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) que hoje é cultivada mundo afora, é muito diferente dos ancestrais que lhe deram origem, que foram espécies de plantas rasteiras que desenvolviam-se na costa leste da Ásia, principalmente ao longo do Rio Amarelo, na China. Sua evolução começou com o aparecimento de plantas oriundas de cruzamentos naturais, entre duas espécies de soja selvagem, que foram domesticadas e melhoradas por cientistas da antiga China, e desde os primórdios teve grande importância alimentar (EMBRAPA, 2005).

Segundo Vencato *et al.* (2010) o cenário traçado pela FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação), o Brasil, tem grande potencial para expandir a produção de soja, podendo ter um saldo produtivo de mais de 40% até 2020, enquanto que os Estados Unidos, maior produtor mundial, o crescimento no mesmo período deverá chegar no máximo a 15%. Com essa projeção, o Brasil atingirá a produção de mais de 105 milhões de toneladas, quando será isoladamente o maior produtor mundial dessa commodity.

A soja é a cultura agrícola brasileira que mais cresceu nas últimas três décadas e corresponde a 49% da área plantada em grãos do país. O aumento da produtividade está associado aos avanços tecnológicos, ao manejo e eficiência dos produtores. (MAPA, 2013)

Essa expansão se deve principalmente pela soja ter elevado teor de óleo, em torno de 20%, e proteínas, em torno de 40%, ambos de excelente qualidade encontradas no grão (LAZZAROTTO *et al.*, 2010), e assim é muito utilizada, por ser um grão de grande versatilidade, e que dá origem a produtos e subprodutos da agroindústria, indústria química e de alimentos, inclusive com uso crescente na alimentação humana.

Sobretudo nas últimas décadas, houve expressivo aumento da oferta de tecnologias de produção, que permitiram ampliar significativamente a área cultivada e a produtividade da oleaginosa (LAZZAROTTO *et al.*, 2010). Dentre os fatores que mais contribuíram para o grande desenvolvimento da cultura no país destacam-se os avanços em pesquisas e a criação de novas cultivares adaptadas a várias regiões do Brasil e suas condições edafoclimáticas, além da redução de perdas no processo de colheita (RODRIGUES, 2013).

O N é o nutriente mais exigido pelas plantas, inclusive da soja, por apresentar uma concentração de proteína nos grãos elevada, sendo este elemento, um dos principais componentes das proteínas e, portanto, a cultura o necessita em grandes quantidades, além do mais, o N é constituinte dos ácidos nucléicos, hormônios e clorofila (HUNGRIA *et al.*, 2007; ROCKENBACH *et al.*, 2010).

Seu balanço 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.

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. Nas leguminosas o N é muito absorvido na forma de N_2 e transformado em NH_4 através do processo simbiótico com bactérias (GERAHTY *et al.*, 1992; TAIZ *et al.*, 2004).

A viabilidade econômica da cultura da soja está estreitamente relacionada ao processo de fixação biológica do nitrogênio; isso porque, para cada 1000 kg de grãos de soja, são necessários cerca de 80 kg de N ha^{-1} (65 kg alocados nas sementes e 15 kg de N nas folhas, caule e raízes) (HUNGRIA *et al.*, 2012).

Segundo Floss (2011), a penetração de íons na folha ocorre de forma semelhante a absorção radicular, podendo ser subdividida em dois mecanismos um passivo e outro ativo, no primeiro a absorção foliar consiste num processo não metabólico e rápido, onde o soluto passa pela cutícula para entrar no apoplasto e no espaço intercelular (ELA) para ser chegar no plasmalema, a qual é uma barreira para entrada de solutos no simplasto. E por mecanismo ativo, a qual é a passagem de íons de um meio menos concentrado para um mais concentrado, ou seja após absorvido o elemento o mesmo passa pela plasmalema por meio dos plasmodesmos, atingindo o floema e assim transportado a longa distância, conforme FIGURA 1.

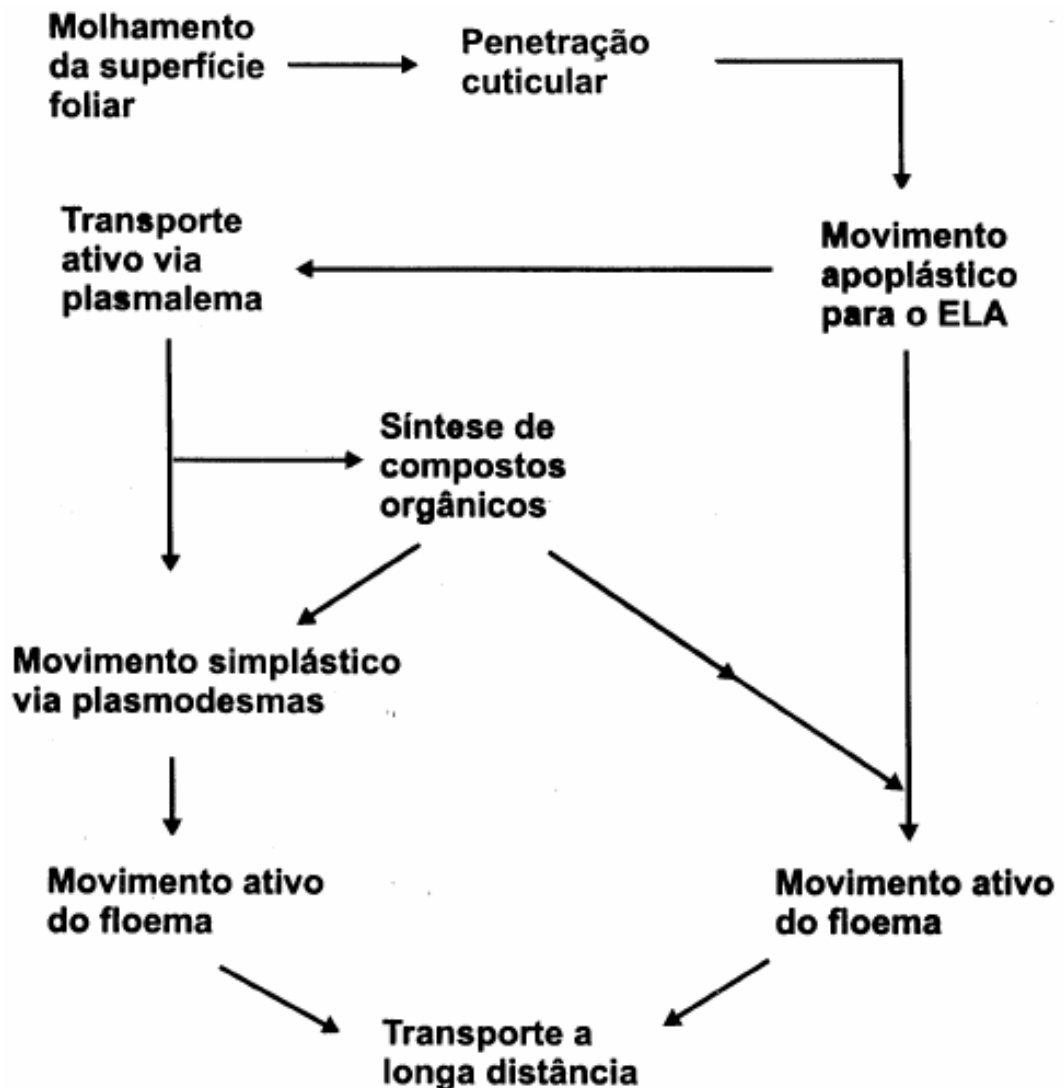


FIGURA 1 – Possíveis via para transporte a longa distância, Malavolta (2006).

Os nutrientes aplicado via foliar são absorvidos com muita rapidez, assim como também são transcolados para todas as partes do vegetal, porém ainda a conceitos bastantes discutidos em relação aos mecanismos de absorção desses nutrientes (OSAKI, 1991).

Conforme Rosolem (1984), a adubação foliar pode ser utilizada com objetivo de correção de deficiências, complemento a adubação do solo, suplemento à adubação do solo durante todo ciclo da cultura e suplementação a adubação do solo no estágio reprodutivo. Deste modo o presente trabalho busca a suplementação a adubação do solo em diferentes estádios reprodutivos, a fim de alcançar maiores patamares de produtividade na cultura da soja, utilizando fertilizantes nitrogenados.

O N é constituinte de aminoácidos, nucleotídeos e coenzimas. Cerca de 90% do N total da planta encontram-se na forma orgânica (aminoácidos livres, proteínas, amidos, purinas, piridinas, ácidos nucléicos, vitaminas etc). É um nutriente bastante móvel no floema, provocando sintomas de deficiência, inicialmente nas partes mais velhas da planta. Esses sintomas são clorose total, seguida de necrose, devido à menor produção de clorofila. Quando a planta é deficiente em N, a relação carboidratos solúveis/proteína é maior, pois há falta de N para a síntese de proteína (SFREDO, 2008).

Em sistemas de produção de soja de alta tecnologia, em que muitas vezes altas produtividades são obtidas, as necessidades requeridas de N são grandes, demandando quantidades próximas a 300 kg ha⁻¹ de N que serão alocados para as sementes em desenvolvimento durante o enchimento das vagens (LAMOND; WESLEY, 2001).

Alguns trabalhos, como em Gan *et al.* (2003) e Klarmann (2004), tratam que cultivares de soja modernos podem ter, em determinadas situações, um balanço negativo de nitrogênio, pois nesses casos, bastante comuns em condições de lavoura, os rizóbios não seriam capazes de fornecer todo o nitrogênio demandado pela planta, culminando em produtividades abaixo do potencial máximo (BAHRY *et al.*, 2013b).

No Brasil, as taxas de fixação biológica do nitrogênio (FBN), para a cultura da soja, variam entre 109 e 250 kg ha⁻¹ de N, o que representa de 70 a 85% do N total acumulado pelas plantas (BODDEY *et al.*, 1990; HUNGRIA *et al.*, 2006).

A limitação da máxima eficiência do processo de fixação de nitrogênio pelos rizóbios pode-se dar por diversos fatores bióticos e abióticos, dentre os quais cita-se: o déficit ou o excesso hídrico, a baixa fertilidade e o pH do solo, a viabilidade do rizóbio, a temperatura e a competição com estirpes selvagens (PURCELL *et al.*, 2004; SINCLAIR *et al.*, 2007).

Grande parte das pesquisas a respeito da adubação nitrogenada na soja recomendam que a mesma deve ser evitada quando é feita a inoculação de forma adequada. No entanto, Mendes *et al.* (2008) apontam que fatores como, o avanço do SPD no Cerrado, o lançamento de cultivares com maior potencial produtivo e resultados de pesquisas dos Estados Unidos com resposta da soja à aplicação tardia de nitrogênio, retornaram a necessidade de questionamentos quanto à necessidade de se utilizar este tipo de fertilizante nas lavouras de soja do Brasil, e que a que ponto se tornaria viável e/ou interessante.

A análise quantitativa de Salvagiotti *et al.* (2008), sugere que a capacidade simbiótica do N em suprir a nodulação da soja, para atender a demanda de N em áreas de elevado rendimento permanecem particularmente incertas, dados a escassez de medições em campo confiáveis, perto dos possíveis níveis de rendimento.

Entretanto, os mesmos autores afirmam que a resposta de rendimento da soja à aplicação de fertilizantes nitrogenados, depende do potencial de rendimento produtivo em determinado ambiente e de vários outros fatores abióticos ou bióticos, que reduzem o crescimento das culturas e a demanda de N associada ao ambiente de produção.

Malavolta (2006) ressalta que a fixação biológica de N praticamente cessa no início do florescimento, e caso a planta não tenha armazenado N suficiente para o enchimento das vagens, é possível que a aplicação foliar do elemento ajude na formação da colheita.

A duração dos estádios fenológicos da soja variou em função dos tratamentos com nitrogênio, o estágio R4 apresentou maior duração, nos tratamentos com suprimento de nitrogênio, resultando em um período mais longo de enchimento de grãos. Em média o tratamento com adubação nitrogenada atrasou 10 dias em relação a testemunha sem inoculação e sem N, ou seja, a falta de N é um fator que acelera a maturação da soja. Entretanto, se o enchimento de grãos for mais demorado, porém compensatório em relação a peso de grão, o manejo bem planejado pode compensar esse aumento no tempo e o resultado será maior produtividade, através da fertilização nitrogenada para a cultura (SALVAGIOTTI *et al.*, 2008).

O potássio exerce várias funções na planta, deste modo ele se torna o segundo elemento mais exigido, possuindo como função controle da regulação da abertura e fechamento dos estômatos, maior translocação de carboidratos produzidos nas folhas para os outros órgãos da planta, além de ativação de vários sítios enzimáticos que são essenciais para o desenvolvimento da planta. Além de participar na translocação de carboidratos produzidos nas folhas e de elementos como o N. Deste modo justifica-se a utilização deste elemento no composto formulado, já que o mesmo participa também da ativação da enzima redutase do nitrato (PAVINATO *et al.*, 2008; VENKAJESAN *et al.*, 2004);

O zinco é ativador enzimático de diversos processos metabólicos, como na produção do triptofano que é precursor das auxinas responsáveis pelo crescimento

de tecidos da planta (Mengel *et al.*, 1987). Com a deficiência de Zn, a planta tem diminuição da atividade enzimática, desenvolvimento dos cloroplastos, conteúdo de proteínas e ácidos nucléicos (DECHEN *et al.*, 2006).

O níquel (Ni) é constituinte da enzima urease que desdobra a ureia hidroliticamente em amônia (NH₃) e dióxido de carbono (CO₂), além de participar do processo de fixação biológica de nitrogênio (RODAK *et al.*, 2013). Deste modo acredita-se que o mesmo possa melhorar a absorção do nitrogênio, e converte-lo para forma disponível de maneira mais acelerada. Garantindo também que se a planta estiver com deficiência de níquel não acumule a ureia nas folhas, e o que pode causar necrose no ápice, fazendo com que a planta perca área foliar, diminuindo a fotossíntese e conseqüentemente seu potencial produtivo (MALAVOLTA *et al.* 2007).

Assim acredita-se que o formulado é um produto inovador, por não possuir apenas o N, mais sim outros elementos que participam diretamente na síntese e absorção do mesmo.

Deste modo, com este experimento visamos obter mais respostas sobre o mito da aplicação de nitrogênio na soja, mostrando se a fixação biológica é capaz de suprir toda a demanda da planta, principalmente nos estádios fenológicos mais críticos, sendo assim justifica-se a aplicação nos estádios de R3, R4 e R5.3, além de descobrir qual fertilizante nitrogenado e qual dose traria melhores respostas, seja ele com ou sem nutrientes associados ao nitrogênio.

Portando, o objetivo do presente trabalho é avaliar o desempenho agrônômico da soja submetido a aplicação de compostos nitrogenados em diferentes estádios fenológicos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área experimental:

Localizado no Sul do Brasil e Oeste paranaense. O clima da região, conforme a classificação de Koppen é caracterizada como Cfa (subtropical úmido mesotérmico), com verões quentes e invernos frios ou amenos. Temperatura média anual é de 25°C. Precipitação pluviométrica média anual em torno de 1785 mm e altitude de 375 m.

A área experimental foi na Propriedade do Zeniro Pedro Villetti, localizada nas coordenadas 24°20'04.1" S e 53°53'04.4" W e elevação máxima 347,6 m e elevação mínima de 345,3 m. O solo é argiloso, classificado como: LATOSSOLO VERMELHO eutroférico, segundo EMBRAPA (2006), sendo característico dessa região.

Foi realizado a análise química e física do solo, antes da instalação dos experimentos, na profundidade 0,0 – 0,20 m.

A análise de solo do experimento I e II, apresentaram os seguintes resultados: pH (CaCl₂) = 5,4 Al = 0,0 cmol_c dm⁻³, H+Al = 2,74 cmol_c dm⁻³, C = 15,26 g dm⁻³; P(Mehlich) = 14,50 mg dm⁻³; K = 0,37 cmol_c dm⁻³; Ca = 5,40 cmol_c dm⁻³; Mg = 1,86 cmol_c dm⁻³; S = 4,69 mg dm⁻³; CTC = 10,37 cmol_cdm⁻³ e V = 73,58%. Com teores de argila, areia e silte de: 680, 160 e 160 g kg⁻¹ respectivamente.

2.2 Dados Meteorológicos

Os dados de temperatura máxima, mínima e precipitação pluvial coletados durante o período dos experimentos I e II.

2.2.1 Experimento I

Como pode ser observado na FIGURA 2, houve bons índices de precipitações e de temperatura para o início desenvolvimento da cultura, porém houve déficit hídrico durante um período.

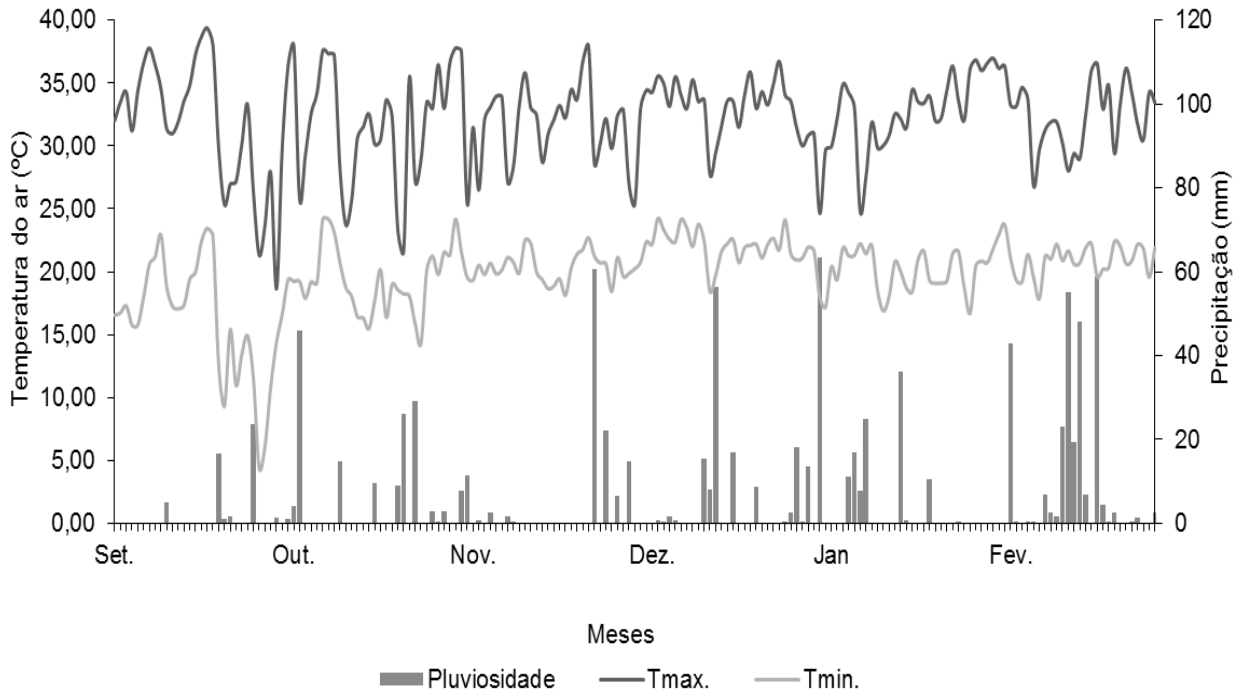


FIGURA 2 - Precipitação (mm) e temperatura máxima e mínima (°C) no período da realização do experimento (setembro/2013 a fevereiro/2014), na propriedade Villetti, em Palotina- PR. Fonte: C.VALE – Cooperativa Agroindustrial.

2.2.2 Experimento II

Observando os dados pluviométricos contidos na FIGURA 3, podemos observar que houve poucas precipitações durante o desenvolvimento da cultura e altas temperaturas.

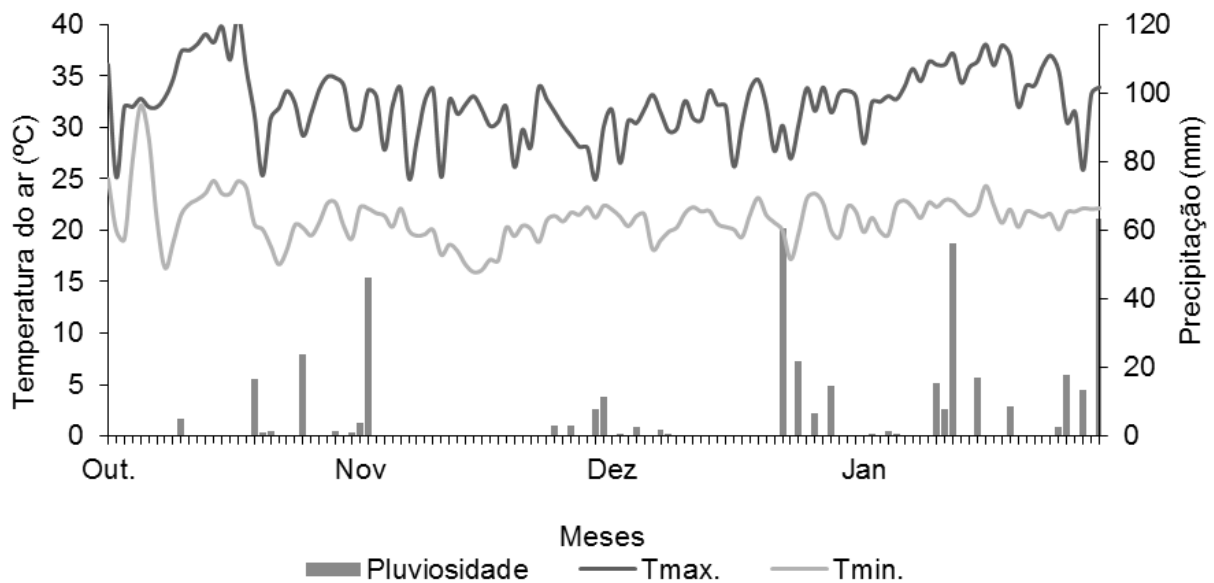


FIGURA 3 - Precipitação (mm) e temperatura máxima e mínima (°C) no período da realização do experimento (outubro/2014 a janeiro/2015), na propriedade Villetti, em Palotina- PR. Fonte: C.VALE – Cooperativa Agroindustrial.

2.3 Instalação dos experimentos:

O experimento foi realizado a campo, cultivando soja Brasmax Turbo® na safra de 2013-2014 no experimento I, e Brasmax Potência® no experimento II, na safra de 2014/2015. A semeadura da primeira safra foi realizada no dia 24 de setembro de 2013 e a da segunda safra dia 21 de setembro de 2014, ocorrendo uma precipitação 48 horas após a semeadura em ambos experimentos. Utilizando uma adubação de 206 kg ha⁻¹, do formulado NPK – 02-20-18, não sendo realizada a inoculação das sementes, somente o tratamento com CoMo via semente e no est

2.4 Tratamento e delineamento experimental:

O experimento foi constituído de vinte e quatro tratamentos, como mostra a TABELA 1, sendo desenvolvido no delineamento experimental blocos completos

casualizados, no esquema fatorial 2 x 3 x 4 (Fontes x Estádios fenológicos x doses de N), com quatro repetições, totalizando 96 parcelas. Para as aplicações foi utilizado um pulverizador costal propelido a CO₂, com pressão constante de 2 BAR (ou 29 PSI), a vazão de 0,65 L min.⁻¹, equipado com lança contendo 6 bicos leque da série Teejet tipo XR 110 02, que, trabalhando a uma altura de 50 cm do alvo e a velocidade de 1 m segundo⁻¹, atingiu uma faixa aplicada de 50 cm de largura por bico, propiciando volume de calda de 200 L ha⁻¹. Todas as aplicações foram realizadas com condições ideais de temperatura, umidade relativa do ar e na ausência de ventos fortes. A adubação foliar foi aplicada nos estádios de desenvolvimento da cultura que correspondem ao estágio R3, R4 e R5.3.

TABELA 1 - Tabela de tratamento, contendo composição e dosagem.

Fontes	Estádios Fenológicos da cultura que foram submetidas a aplicação foliar (kg N ha ⁻¹)		
	R3	R4	R5.3
Formulado*	0	0	0
	2,25	2,25	2,25
	4,5	4,5	4,5
	6,75	6,75	6,75
Ureia**	0	0	0
	2,25	2,25	2,25
	4,5	4,5	4,5
	6,75	6,75	6,75

*Formulado: 20 % de N + 20 % de K₂O + 1% de sulfato de níquel e 1% de sulfato de Zinco. **Ureia: Formulação com 45% de N.

As parcelas foram constituídos de 8 fileiras de 5 metros, com espaçamentos de 0,45 m e 16 sementes por metro linear, correspondendo a uma área de 18m². A área útil foi composta pelas 4 fileiras centrais de 2 metros totalizando 3,6 m².

No experimento I para as safra 2013/14 as aplicações (R3, R4 e R5.3), foram realizadas respectivamente dia 20/11/2013 (umidade relativa (UR) = 70,62%; velocidade do vento (vv) = 4,68 km h⁻¹; temperatura (T) = 28,00 °C), dia 30/11/2013 (UR = 61%; vv = 3,78 km h⁻¹; T = 29,50 °C), no dia 12/12/2013 (UR = 58%; vv = 6,12 km h⁻¹; T = 28,50 °C).

No experimento II para as safra 2014/15 as aplicações (R3, R4 e R5.3), foram realizadas respectivamente dia 03/11/2014 (umidade relativa (UR) = 56%; velocidade

do vento (vv) = 1,44 km h⁻¹; temperatura (T) = 29,2 °C), dia 03/12/2014 (UR = 56%; vv = 3,96 km h⁻¹; T = 28,00 °C), no dia 12/12/2013 (UR = 56%; vv = 1,8 km h⁻¹; T = 28,50 °C).

2.5 Tratos Culturais:

As operações e adubação e controle fitossanitário seguiram as recomendações técnicas da referente região em que foi instalado o experimento (EMBRAPA, 2011).

2.6 Variáveis respostas:

As plantas de soja foram cultivadas até a maturidade dos grãos. Em seguida, determinadas as variáveis respostas: estande, altura final de plantas, número de vagens com 3 grãos, número de vagens com 2 grãos, número de vagens totais, massa de mil grãos e produtividade.

Para a determinação do estande, utilizou-se uma régua de 2 metros de comprimento, contando as duas fileiras centrais da parcela, sendo que os resultados foram apresentados em plantas m L⁻¹. Para altura final das plantas, foram avaliadas 8 plantas, escolhidas ao acaso na área útil das parcelas, realizando as medições com o auxílio de régua milimétrica de madeira, sendo os resultados expressos em centímetros. O número de vagens por planta foi avaliado por ocasião da maturação plena (estádio R8), por meio da contagem manual do número de vagens, igualmente em 8 plantas escolhidas aleatoriamente na área útil de cada parcela.

As plantas foram colhidas manualmente, no estágio R8, ou seja, quando 95% das vagens apresentavam a coloração típica de vagem madura (FEHR et al., 1971). Em seguida, as vagens foram debulhadas em trilhadora para experimentos, limpas com o auxílio de peneiras e acondicionadas em sacos de papel, para realização de posteriores análises e avaliações (ALBRECHT, 2014)

Para obtenção de rendimento nas parcelas, foram estimadas as produtividades em kg ha⁻¹, para cada tratamento e repetição. Em seguida, foi determinada a massa

de mil sementes, por meio da pesagem de 8 subamostras de 100 grãos, para cada repetição de campo, com o auxílio de balança analítica com precisão de um miligrama. Para o cálculo do rendimento e da massa de cem sementes, o grau de umidade das sementes, determinado por meio do método de estufa a 105°C +/- 3°C por 24 horas (BRASIL, 2009), foi corrigido para 13% base úmida (ALBRECHT, 2009).

2.7 Análise estatística:

Os dados foram analisados conforme Pimentel-Gomes e Garcia (2002). Após atendidas as pressuposições básicas para a análise de variância, foram realizados todos os desdobramentos necessários ($p \leq 0,05$). Para avaliar o comportamento das doses foi empregada a análise de regressão ($p \leq 0,05$), enquanto o teste F foi conclusivo na comparação das médias, para os tratamentos qualitativos (Fontes) ($p \leq 0,05$). Os dados foram analisados por meio do software SISVAR (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

3.1 Experimento I

Conforme a FIGURA 2, de setembro ao início de novembro, ocorreram bons índices de precipitação favorecendo o desenvolvimento da cultura da soja, porém, após a aplicação dos produtos, no estágio R5.3, houve um período de estresse hídrico, o qual se estendeu aproximadamente por 20 dias, aliado a altas temperaturas. Apesar da precipitação, e da diminuição da temperatura no mês de dezembro, acredita-se que o déficit hídrico pode ter diminuído o potencial de produção da soja.

Como podemos observar na TABELA 2, para a variável número de vagens de 2 grãos, não encontrou-se diferença para interação dos fatores. Em números absolutos não foi possível encontrar grandes discrepância entre as médias, apenas que a média para aplicação no estágio R3 foi destaque com relação as demais. Devido a aplicação de nitrogênio ter iniciado no estágio R3, onde a planta já está no início do desenvolvimento das vagens, definido potencial quanto ao tamanho e número de grãos por vagens, a aplicação não deve interferir nestes caracteres. O que também foi observado por Bahry (2011), que não encontraram resultados significativos para o número de grãos por vagem na haste principal, com aplicação de ureia em diferentes estádios reprodutivos.

TABELA 2 - Número de vagens de dois grãos da soja Brasmax Turbo®, submetida à aplicação de, duas formulação, três manejos e quatro doses de nitrogênio, em Palotina – PR.

Doses de N (kg ha ⁻¹)	Formulado			Ureia			Média
	R3	R4	R5.3	R3	R4	R5.3	
0,00	8,99	8,50	8,18	9,41	9,81	9,53	8,56
2,25	10,21	9,71	10,10	10,17	9,19	9,84	9,67
4,50	10,13	9,79	9,91	9,59	9,29	9,71	9,95
6,75	9,25	8,57	9,63	10,04	10,00	8,96	9,15
Média	9,65	8,89	9,46	9,80	9,58	9,51	9,47
Média		9,33			9,62		
CV (%)	11,30						

Não significativo ($p \leq 0,05$), pelo teste F.

Avaliando o desdobramento de fonte dentro de cada nível de estágio e dose, para variável vagens de 3 grãos TABELA 3, no estágio R3, na dose de 2,25 kg ha⁻¹ de N, o formulado apresentou-se superior a ureia para a mesma dose e estágio, o que repete-se na dose de 6,75 kg ha⁻¹ de N, ainda no estágio R3. Porém, não foi possível ajustar um modelo de regressão para os tratamentos.

TABELA 3 - Número de vagens de três grãos da soja Brasmax Turbo®, submetida à aplicação de, duas formulação, três manejos e quatro doses de nitrogênio, em Palotina – PR.

Doses de N (kg ha ⁻¹)	Formulado			Ureia			Média
	R3	R4	R5.3	R3	R4	R5.3	
0,00	20,00	21,05	22,82	21,39	21,70	22,00	21,90
2,25	24,47A	23,16	21,92	21,00B	23,42	22,47	22,74
4,50	23,47	22,88	23,32	23,13	21,54	24,38	23,11
6,75	25,09A	23,04	21,73	21,92B	22,63	22,42	22,80
Média	23,26	22,53	22,45	21,86	22,32	22,82	22,54
Média	22,74			22,33			
CV (%)	9,31						

Letras maiúsculas iguais na linha, entre as Fontes (Formulado e Ureia) dentro de cada Estádio e dose, não diferem significativamente entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Já para o número de vagens totais, não houve diferença significativa em nenhum dos desdobramentos conforme TABELA 4, porém observamos que no desdobramento de fonte dentro de cada nível de estágio e dose, houve um *PValeu* de 0,06, ou seja, há probabilidade de 94% desses resultados se repetirem, no estágio R3 na dose de 2,25 kg ha⁻¹ de N.

TABELA 4 - Número de vagens totais da soja Brasmax Turbo®, submetida à aplicação de, duas formulação, três manejos e quatro doses de nitrogênio, em Palotina – PR.

Doses de N (kg ha ⁻¹)	Formulado			Ureia			Média
	R3	R4	R5.3	R3	R4	R5.3	

0,00	29,4	30,7	30,2	30,8	33,4	31,5	31,02
2,25	34,2	31,3	32,5	30,9	31,6	31,7	32,02
4,50	33,0	33,3	32,8	33,1	31,2	34,0	32,89
6,75	33,7	31,6	30,1	32,0	32,6	31,9	31,97
Média	32,6	31,7	31,4	31,7	32,2	32,3	31,98
Média		32,1			31,9		
CV (%)	7,77						

Não significativo ($p \leq 0,05$), pelo teste F.

Nos dados obtidos por Kamara *et al.* (2012), não houve interferência no número de vagens por plantas com a aplicação de nitrogênio no início do desenvolvimento da cultura, e conseqüentemente para número de sementes por planta. Esses resultados discordam dos obtidos por Bahry *et al.* (2013b), em que o número de vagens por planta nos tratamentos que receberam N, apresentaram maior número de grãos comparados com o controle, apesar de não ter diferença significativa.

Para altura final de plantas houve resultados significativos para o desdobramento de fonte dentro de cada nível de estágio e dose, no qual a dose de 4,5 kg ha⁻¹ da ureia no estágio R5.3 se demonstrou superior ao formulado, com uma diferença de 5,5 cm, TABELA 5.

TABELA 5 - Altura final de plantas (cm⁻¹) da soja Brasmax Turbo®, submetida à aplicação de, duas formulação, três manejos e quatro doses de nitrogênio, em Palotina – PR.

Doses de N (kg ha ⁻¹)	Formulado			Ureia			Média
	R3	R4	R5.3	R3	R4	R5.3	
0,00	59,72	55,75	57,60	56,85	58,91	58,57	57,90
2,25	56,16	56,25	55,66	58,79	56,19	57,03	56,68
4,50	55,00	57,66	54,85B	58,22	58,13	60,35A	57,37
6,75	54,44	57,44	55,12	56,69	57,82	58,35	56,94
Média	56,33	56,78	55,81B	57,63	57,76	58,57A	57,14
Média		56,30B			57,99A		
CV (%)	4,8						

Letras maiúsculas iguais na linha, entre as Fontes (Formulado e Ureia) dentro de cada Estádio e dose, não diferem significativamente entre si ($p \leq 0,05$), pelo teste F.

Porém, não foi possível ajustar um modelo de regressão para esta variável, possivelmente porque a aplicação de N, em estádios reprodutivos, possa aumentar a translocação de fotoassimilados para a formação das vagens, não interferindo significativamente na altura final de plantas, mesmo essa de hábito de crescimento indeterminado.

Bahry *et al.* (2013), avaliando a resposta da soja a aplicação de 0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ em estádios reprodutivos, não observaram efeitos significativos para variáveis morfológicas, como altura de planta, e outros caracteres vegetativos. Segundo Bahry, *et al.* (2013) essa falta de resposta ao N sobre os componentes morfológicos pode ser em função do nitrogênio aplicado após a floração, ser diretamente canalizado para os grãos; e o que corrobora os resultados de Zimmer (2012).

Já para variável massa de mil grãos, não foi possível detectar diferença estatística no desdobramento de fonte dentro de cada nível de estádio e dose e nem no desdobramento de estádio dentro de cada nível de fonte e dose, como mostra a TABELA 6. Esses dados estão em consonância com Neto *et al.* (2013), que não encontraram diferenças significativa entre doses de N e massa de cem sementes.

TABELA 6 - Massa de mil grãos (g) da soja Brasmax Turbo[®], submetida à aplicação de, duas formulação, três manejos e quatro doses de nitrogênio, em Palotina – PR.

Doses de N (kg ha ⁻¹)	Formulado			Ureia		
	R3	R4	Massa de mil grãos (g) R5.3	R3	R4	R5.3
0,00	170,53	170,10	172,37	166,92	172,18	169,58
2,25	171,14	171,16	168,77	167,66	166,48	168,91
4,50	171,91	168,50	166,35	169,16	168,33	167,25
6,75	170,71	169,07	167,71	170,05	171,29	168,68
Média	171,07A	170,23A	168,79A	168,45B	169,05A	168,61
Média	170,03		168,7			
CV (%)	2,02					

Letras maiúsculas iguais na linha, entre as Fontes (Formulado e Ureia) dentro de cada Estádio e dose, não diferem significativamente entre si ($P < 0,05$), pelo teste F. Letras minúsculas iguais na linha, entre Estádio (R3, R4 e R5.3) dentro de cada formulação e dose, não diferem significativamente entre si ($P < 0,05$), pelo teste F.

Para a variável produtividade (kg ha⁻¹) TABELA 7, observa-se diferença estatística no desdobramento de fonte dentro de cada nível de estádio e dose, sendo

que a ureia apresentou a maior média no estádio R3, na dose de 4,50 kg ha⁻¹ de nitrogênio, com incremento de produtividade de 688,6 kg ha⁻¹, já avaliando as fontes, entre elas no estádio R5.3, o formulado foi superior a mesma dose, com acréscimo de 746 kg ha⁻¹. Avaliando o desdobramento de estádio dentro de cada nível de fonte e dose, obtemos diferença estatística para aplicação de ureia, sendo que, na dose de 2,25 kg ha⁻¹ de N, o estádio R5.3 houve superioridade em relação ao estádio R4 e foi igualdade para o estádio R3.

TABELA 7 - Produtividade (kg ha⁻¹) da soja Brasmax Turbo®, submetida à aplicação de, duas formulação, três manejos e quatro doses de nitrogênio (kg ha⁻¹), em Palotina – PR.

Doses (kg ha ⁻¹)	Formulado			Ureia			Média
	R3	R4	R5.3	R3	R4	R5.3	
0,00	3691	3512	3691	3381	3855	3776	3651
2,25	3718	3526	3784	3579ab	3337b	4015a	3660
4,50	3874B	3573	3984A	4562Aa	4036ab	3238Bb	3878
6,75	3508	3982	3788	3789	4126	3727	3820
Média	3698	3648	3812	3828	3839	3689	3725
Média		3719			3785		
CV (%)	10,65						

Letras maiúsculas iguais na linha, entre as Fontes (Formulado e Ureia) dentro de cada Estádio e dose, não diferem significativamente entre si ($p \leq 0,05$), pelo teste F. Letras minúsculas iguais na linha, entre Estádio (R3, R4 e R5.3) dentro de cada fonte e dose, não diferem significativamente entre si ($p \leq 0,05$), pelo teste F.

Sendo possível ajustar um modelo de regressão quadrática para aplicação de ureia no estádio reprodutivo R3, obtendo seu ponto de máximo na dose de 4,40 kg ha⁻¹ de nitrogênio e a produtividade máximo da função é de 4181,38 kg ha⁻¹. Este aumento de produtividade quando comparado com a dose 0 kg ha⁻¹, resulta acréscimo de 800,21 kg ha⁻¹, ou seja, aproximadamente 13,28%.

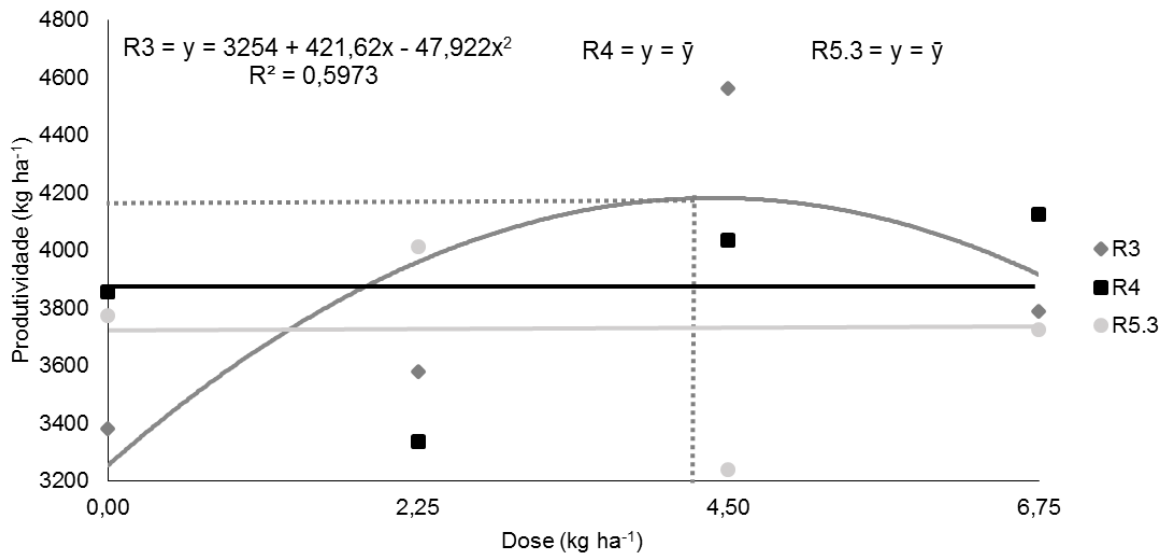


FIGURA 4 – Produtividade (kg ha⁻¹) da cultivar Brasmax Turbo®, em função das doses de nitrogênio, na fonte de ureia dentro dos estádios R3, R4 e R5.3. Safra 2013/2014, experimento I, Palotina - PR. Obs: $p \leq 0,05$.

Segundo Salvagiotti *et al.* (2008), para que a planta de soja obtenha elevadas produtividade, acima de 4000 kg ha⁻¹, poderá ser necessária a aplicação de fertilizante nitrogenado, porém os autores ressaltam, que para obter essas altas produtividades é necessário que ambiente e genótipo ao desenvolvimento da cultura, para que a aplicação de N seja viável.

A explanação realizada por Salvagiotti *et al.* (2008), corrobora parcialmente com os obtidos neste experimento, pois, os tratamentos que obtiveram mais do que 4000 kg ha⁻¹, foram os que receberam aplicação de nitrogênio via foliar, porém, como houve um período de déficit hídrico, pode ter ocorrido diminuição do potencial do genótipo. Onde podemos reafirmar isso, observando os dados de massa de 1000 grãos, onde obtivemos um peso máximo de 172 gramas, sendo que está cultivar tem capacidade de obter uma massa de 1000 grãos de aproximadamente 232 g.

Deste modo acredita-se que a aplicação de fertilizantes nitrogenados pode interferir nas características morfológicas e na produtividade de grãos. Assim nota-se uma tendência para o aumento de produtividade de grãos, quando submetido a aplicação de fertilizantes nitrogenados no estágio reprodutivo R3.

3.2 Experimento II

Após a semeadura houve boas precipitações, favorecendo a germinação da soja. Porém, como mostra a FIGURA 3, o mês de outubro foi um mês pouco chuvoso, resultando assim em plantas de menor porte, já o mês de novembro, observa-se uma boa precipitação nos primeiros dias do mês, seguido de 30 dias sem precipitações, até o praticamente o início de dezembro. No mês de dezembro as precipitações retornaram, porém houve mais um período de 15 dias de estiagem prejudicando ainda mais o potencial produtivo da soja.

No final do mês de dezembro ocorreu novas chuvas, ajudando no enchimento dos grãos e em janeiro houve boas precipitações, porém não interferindo na colheita. Para temperatura observa-se uma média superior de 33°C e inferior de 20°C.

Como podemos observar na

TABELA 8, para variável número de vagens de 2 grãos, não ocorreu diferença significativa para a interação dos fatores, não sendo possível ajustar nenhum modelo de regressão, demonstrando que aplicação de nitrogênio foliar pode não apresenta resposta para variável número de vagens de 2 grãos, e estes resultados estão em consonância com os obtidos do experimento anterior, consolidando os resultados, pois são genótipos diferentes, respondendo do mesmo modo.

Esses dados discordam dos obtidos por Kumar *et al.* (2013), que estudando a influência da aplicação foliar de nutrientes na produção, e a viabilidade econômica deste manejo, por meio da aplicação foliar de 9 fertilizantes nitrogenados, comparando com a testemunha, observaram aumento no número de vagens por planta, e sugerem ainda que as aplicações podem ter diminuído o abortamento de flores e aumentado assim o número total de vagens por planta, dados que foram observados também por Ganaphthy *et al.* (2008).

TABELA 8 - Número de vagens de dois grãos da soja Brasmax Potência[®], submetida à aplicação de, duas formulação, três manejos e quatro doses de nitrogênio, em Palotina – PR.

Doses de N (kg ha ⁻¹)	Formulado			Ureia			Média
	Número de vagens de 2 grãos						
	R3	R4	R5.3	R3	R4	R5.3	

0,00	6,38	6,35	5,82	6,88	6,91	6,75	6,51
2,25	6,72	6,36	7,63	6,57	6,53	7,13	6,82
4,50	6,83	6,66	7,22	6,50	6,97	6,42	6,76
6,75	6,47	6,32	6,88	7,38	7,59	6,88	6,92
Média	6,6	6,56	6,89	6,83	6,86	6,79	6,82
Média		6,68			6,865		
CV (%)	14,05						

Não significativo ($p \leq 0,05$), pelo teste F.

Já para número de vagens de 3 grãos, apenas houve diferença estatística na interação dos fatores como mostra a TABELA 9, no desdobramento de fonte dentro de cada nível de estádio e dose, na qual a dose 6,75 kg ha⁻¹ de N da fonte formulado, demonstrou-se superior ao mesmo estádio/dose quando utilizou-se a fonte de ureia, com a diferença aproximada de 6 vagens de 3 grãos por planta, o que pode representar um incremento em produtividade. Bahry *et al.* (2013b) estudando aplicação nitrogenada na soja, observaram que para o número de vagens por planta, a aplicação de N resultou em maior número de grãos comparados ao controle, porém, não houve diferença significativa.

TABELA 9 - Número de vagens de três grãos da soja Brasmax Potência®, submetida à aplicação de, duas formulação, três manejos e quatro doses de nitrogênio (kg ha⁻¹), em Palotina – PR.

Doses (Kg ha ⁻¹)	Formulado			Ureia			Média
	Número de vagens de 3 grãos						
	R3	R4	R5.3	R3	R4	R5.3	
0,00	20,50	25,44	24,19	21,19	24,25	20,17	22,62
2,25	24,47	22,91	25,81	25,71	22,91	24,05	24,31
4,50	24,63	27,85	22,22	23,79	26,61	23,78	24,81
6,75	24,63	27,69A	24,10	23,28	21,71B	24,57	24,33
Média	23,56	25,97	24,08	23,49	23,87	23,14	24,01
Média		24,54			23,50		
CV (%)	14,12						

Letras maiúsculas iguais na linha, entre as Fontes (Formulado e Ureia) dentro de cada Estádio e dose, não diferem significativamente entre si ($p \leq 0,05$), pelo teste F.

Petter *et al.* (2012) observaram que esses dados podem ser obtidos em função das características dos componentes de produção de cada cultivar, o que não necessariamente poderá resultar em maior produtividade.

E para o número totais de vagens, não encontrou-se diferença significativa em nenhuma interação (TABELA 10), porém no desdobramento de fonte dentro de cada nível de estágio e dose, o *PValue* foi de 0,077, o que representa a probabilidade de 93% de encontrar este resultado novamente, e esse valor provavelmente deve-se a diferença significativa ocorrida para o número de vagens de 3 grãos, no estágio R4, na dose de 6,75 kg ha⁻¹. Dados obtidos por Petter *et al.* (2012) não corroboram os obtidos neste experimento, pois os autores relatam que o número de vagens por planta foi significativamente influenciado pela adubação tardia de nitrogênio nos cultivares testados, ocorrendo diferença dentro de cada nível testado.

TABELA 10 - Número de vagens totais da soja Brasmax Potência[®], submetida à aplicação de, duas formulação, três manejos e quatro doses de nitrogênio, em Palotina – PR.

Doses de N (kg ha ⁻¹)	Formulado			Ureia			Média
	R3	R4	R5.3	R3	R4	R5.3	
0,00	26,9	32,4	30,0	28,1	30,6	26,3	29,72
2,25	31,2	29,0	35,9	32,7	29,4	31,2	30,26
4,50	33,1	34,5	29,4	30,3	31,8	29,6	31,07
6,75	31,1	34,0	30,6	30,7	28,9	31,4	31,61
Média	30,6	32,5	30,7	30,4	30,2	29,6	30,66
Média	31,3		30,1				
CV (%)	13,21						

Não significativo ($p \leq 0,05$), pelo teste F.

Para variável altura final de plantas ocorreu diferença estatística quando analisamos o desdobramento de estágio dentro de cada nível de fonte e dose, onde encontramos diferença estatística entre os estádios quando submetido a aplicação da dose de 4,5 kg ha⁻¹ de N da fonte de ureia, sendo que, onde os estádios R3 e R4 se demonstram superiores a aplicação no estágio R5.3, no entanto por inferência estatística as mesmas não diferiram entre si, conforme a TABELA 11.

TABELA 11 - Altura final de plantas (cm⁻¹) da soja Brasmax Potência[®], submetida à aplicação de, duas formulação, três manejos e quatro doses de nitrogênio, em Palotina – PR.

Doses de N (Kg ha ⁻¹)	Formulado			Ureia			Média
	Altura Final de Plantas (cm ⁻¹)						
	R3	R4	R5.3	R3	R4	R5.3	
0,00	63,22	63,58	60,54	62,38	62,22	63,79	62,62
2,25	61,16	62,57	62,94	61,38	62,42	61,91	62,06
4,50	63,69	63,13	60,85	63,88a	63,13a	56,97b	61,94
6,75	61,50	61,69	60,91	63,60	59,46	63,76	61,81
Média	62,39	62,74	61,61	62,80	61,80	61,31	62,11
Média	62,15		62,07				
CV (%)	4,54						

Letras minúsculas iguais na linha, entre Estádio (R3, R4 e R5.3) dentro de cada formulação e dose, não diferem significativamente entre si ($p \leq 0,05$), pelo teste F.

Já observando o desdobramento das fontes dentro de cada nível de estágio e dose, onde houve um valor de *PValue* de 0,064, para dose de 4,5 kg ha⁻¹ de N no estágio R5.3, devido a esta dose ter representado uma média inferior as demais médias, sendo inferior à média geral do experimento, esses dados não estão em consonância com os obtidos anteriormente, no qual nesta dose e estágio e fonte obteve-se maior altura de plantas quando comparado com a aplicação do formulado.

A possível resposta para estes resultados é que no estágio de R5.3, o nitrogênio adicionado não é direcionado para o crescimento das plantas, mas sim para o acúmulo de massa nos grãos. Parente (2014), avaliando a aplicação de nitrogênio em diferentes cultivares observaram que a BMX Potência RR, apresentou interação significativa das doses e épocas de aplicação de N para este caractere, porém a aplicação deu-se em estágio R1.

Estes resultados diferem do que é discutido por Zimmer (2012), pois o autor salienta que há falta de resposta ao nitrogênio aplicado sobre os componentes morfológicos, pelo fato de que o N aplicado após a floração é normalmente carregado para os grãos. Com aplicação na semeadura, isto não aconteceria, pois neste caso o nutriente iria contribuir desde o desenvolvimento vegetativo.

Já para variável massa de cem sementes TABELA 12, ocorreu diferença estatística para desdobramento de estágio dentro de cada nível de fonte e doses. As doses de 2,25 kg ha⁻¹ de N, nas duas fontes, obtiveram melhores resultados no estágio R3 quando comparado com o estágio R5.3, porém somente na dose de 2,25 kg ha⁻¹ de N, da fonte ureia foi possível encontrar diferença estatística, mas não diferiu do estágio R4, acredita-se que as plantas possam estar melhores nutridas já que as aplicações em função do elemento já estar disponível para planta. Esses dados

corroboram parcialmente com os obtidos por Petter *et al.* (2012) que encontraram diferença significativa para massa de mil sementes em três cultivares de soja testados com adubação nitrogenada em R.1. Os autores ressaltam que esse aumento na massa de mil grãos deve-se ao maior acúmulo de proteína nos grãos, ocasionado pela maior síntese de aminoácidos devido a presença do N.

TABELA 12 - Massa de mil grãos (g) da soja Brasmax Potência®, submetida à aplicação de, duas formulação, três manejos e quatro doses de nitrogênio, em Palotina – PR.

Doses de N (Kg ha ⁻¹)	Formulado			Ureia			Média
	R3	R4	R5.3	R3	R4	R5.3	
0,00	176,01	177,52	174,94	177,62	177,52	170,93	175,76
2,25	182,69	179,68	172,10	187,81a	179,61ab	175,20b	179,51
4,50	179,39	176,13	173,80	179,98	176,17	177,13	177,7
6,75	171,03	172,32	171,73	177,27	176,58	169,86	173,13
Média	177,68	176,41	173,14	180,27a	177,47ab	173,28b	176,38
Média	175,74			177,3			
CV (%)	4,06						

Letras minúsculas iguais na linha, entre Estádio (R3, R4 e R5.3) dentro de cada formulação e dose, não diferem significativamente entre si ($P < 0,05$), pelo teste F.

Já, avaliando os dados em números absolutos, para o formulado no estádio R3 apenas na dose de 6,75 kg ha⁻¹ de N, obteve-se uma média superior à dose 0 kg ha⁻¹. Para o estádio R4, apenas a dose de 2,25 kg ha⁻¹ de N demonstrou inferior a dose 0 kg ha⁻¹. Já no estádio R5.3 todas as doses foram inferiores a dose 0 kg ha⁻¹. Para a fonte ureia encontramos os mesmos resultados para o estádio R3, para o estádio R4, porém, para o estádio R5.3, apenas a dose de 6,75 kg ha⁻¹ de N foi inferior a testemunha, porém numericamente essas médias não possuem diferença estatística entre elas.

Deste modo, nota-se que não há nenhuma tendência à aplicação de nitrogênio na soja para acúmulo de massa de sementes, diferindo dos dados obtidos por Bahry *et al.* (2013a), que observaram que quando aplicado nitrogênio, independente da fonte ou estádio reprodutivo, comparando ao controle, forneceu um incremento a cultura. Esses dados também discordam dos obtidos por Bahry *et al.* (2013b), que observou

com relação a aplicação de ureia que na fase reprodutiva da soja, independente da dose, não influenciou na produtividade e nos componentes de produção.

E por fim, a variável produtividade a qual foi possível detectar diferença estatística na interação dos fatores Tabela 13, assim analisando o desdobramento de fonte dentro de cada nível de dose observamos que no estádio R3, na dose de 2,25 kg ha⁻¹ de N, a ureia teve um resultado superior ao formulado, apresentando uma diferença de produção de 588,37 kg ha⁻¹, e observando os resultados do estádio R4, observa-se que na dose de 6,75 kg ha⁻¹ de N o formulado foi superior a ureia, fornecendo uma diferença de 1554,65 kg ha⁻¹. Já para as outras médias não obteve-se resultado significativo estatisticamente, porém numericamente houve pouca diferença entre as médias encontradas.

Tabela 13 - Produtividade (kg ha⁻¹) da soja Brasmax Potência®, submetida à aplicação de, duas formulação, três manejos e quatro doses de nitrogênio (kg ha⁻¹), em Palotina – PR.

Doses de N (kg ha ⁻¹)	Formulado			Ureia			Média
	R3	R4	R5.3	R3	R4	R5.3	
0,00	3272,20	3545,84	3257,80	3349,38	3172,47	3631,57	3371,5
2,25	3214,58 B	3156,21	3488,88	3802,95Aa	3174,29b	3524,4ab	3393,6
4,50	3582,67	3587,10	3146,14	3624,67	3405,52	3529,94	3479,3
6,75	3476,29	3647,10A	3206,40	3405,45ab	2902,46Bb	3607,16a	3374,1
Média	3386,44	3484,07A	3274,8	3545,61a	3163,68Bb	3573,27a	3404,6
Média	3381,77			3427,52			
CV (%)	10,02						

Letras maiúsculas iguais na linha, entre as Fontes (Formulado e Ureia) dentro de cada Estádio e dose, não diferem significativamente entre si ($p \leq 0,05$), pelo teste F. Letras minúsculas iguais na linha, entre Estádio (R3, R4 e R5.3) dentro de cada formulação e dose, não diferem significativamente entre si ($p \leq 0,05$), pelo teste F.

Para o desdobramento de estádio dentro de cada nível de fonte e dose, para a ureia nas doses de 2,25 e 6,75 kg ha⁻¹ de N, constatou-se diferença entre os estádios, sendo assim, na primeira dose no estádio R3 se diferenciou do estádio R4, porém, ambos os manejos de estádio são estatisticamente iguais ao estádio R5.3. No entanto, com uma diferença de produtividade de 628,66 e 278,55 kg ha⁻¹. Já para dose de 6,75

kg ha⁻¹ de N, o estágio R5.3 demonstrou-se superior ao estágio R4, em que os mesmos não diferem estatisticamente do estágio R3, e a diferença de produtividade entre o estágio R5.3 com os demais foi de 704,70 e 201,71 kg ha⁻¹.

E para o desdobramento de dose dentro de cada nível de fonte e estágio, foi possível ajustar um modelo de regressão quadrática para as doses para fonte ureia e estágio R3, (FIGURA 5), observando seu ponto máximo na dose de 3,37, com uma produtividade de 3755,85 kg ha⁻¹, um aumento de produtividade de 374,70 kg ha⁻¹ quando comparado com a dose 0 kg ha⁻¹, ou seja, de aproximadamente 11,08%, atingindo.

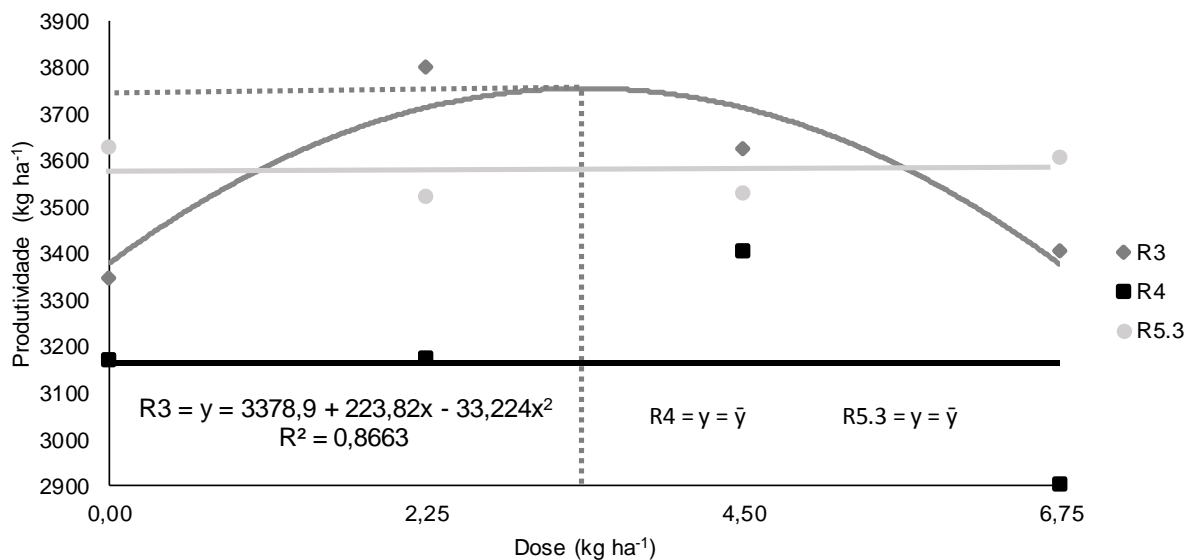


FIGURA 5 – Produtividade (kg ha⁻¹) da cultivar Brasmax Potência®, em função das doses de nitrogênio, na fonte de ureia dentro dos estádios R3, R4 e R5.3. Safra 2012/2013, experimento II, Palotina - PR. Obs: $P \leq 0,05$.

Acredita-se que a resposta para este estágio e fonte, é devido ao fato de que como adicionamos nitrogênio no estágio R3, o mesmo passa a ser metabolizado pela planta, ficando disponível para a mesma, favorecendo assim para seu melhor desenvolvimento, e que nesta dose e manejo, como observamos nos dados, apresentou uma maior massa de mil grãos, quando comparado com os demais. Possivelmente encontrou-se esses resultados é que o nitrogênio aplicado em R3, é rapidamente convertido ficando disponível para a utilização da planta, podendo assim proporcionar um aumento de produtividade como visto no estágio R3. Esses resultados diferem dos obtidos por Bahry *et al.* (2013a), pois os autores, observaram

que todos os estádios de desenvolvimento que receberam aplicação nitrogenada independente da dose, obtiveram maior produtividade em relação ao controle.

Petter *et al.* (2012), relatam que ao analisar os dados de rendimento de grãos da soja submetido a aplicação no início do florescimento, constatou que a aplicação proporcionou aumento na produtividade em todos os cultivares testados, com acréscimos de até 360 kg ha^{-1} . Sendo que Lamond *et al.* (2001) constataram aumento na produtividade da soja com aplicação de 22 kg ha^{-1} de N no estágio R.3.

Como observamos, a aplicação de ureia foliar no estágio R3, proporcionou incrementos de produtividade, esse incremento pode estar relacionado com a menor eficiência dos nódulos, como demonstra a Figura 6, no estágio R3, deste modo, provavelmente devido à mudança na relação fonte e dreno da planta, pelo início da formação e desenvolvimento das vagens, a planta diminuiu a disponibilidade de fotoassimilados para o processo de nodulação, causando sua redução, e desencadeando uma possível falta de nitrogênio para a planta, pela sua baixa taxa de absorção, o que pode interferir na produtividade.

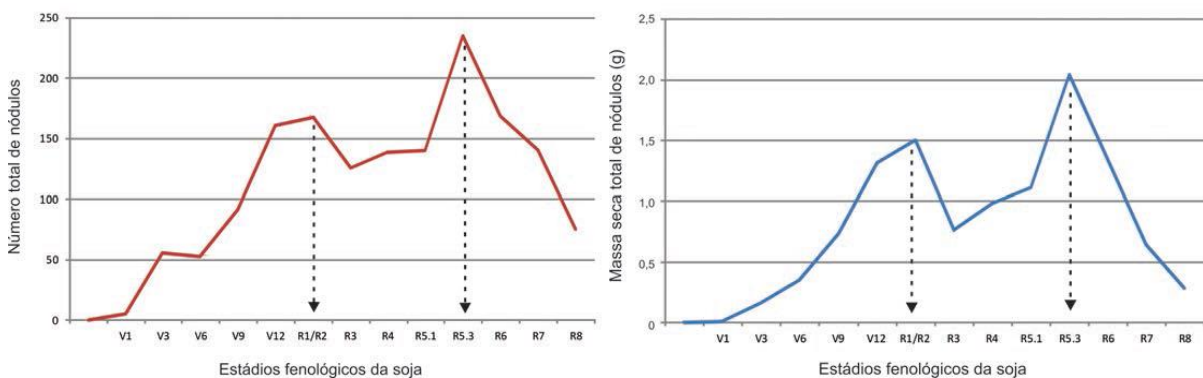


Figura 6 – Variação da nodulação durante o ciclo fenológico da soja, cv. Conquista. Figura da esquerda (número total de nódulos em raízes de 10 plantas); Figura da direita (Massa seca total (g) de nódulos em raízes de 10 plantas. Fonte: Câmara (2014).

Assim, a aplicação suplementar de nitrogênio, utilizando como fonte a ureia, nas doses de $3,37$ e $4,40 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, pode favorecer o aumento na produção. O que está em consonância com Ryle *et al.* (1979), que retrata que a nodulação da soja atinge seu auge em R2 (pleno florescimento), depois decresce, onde inicia o processo de intenso de remobilização do N das partes vegetativas para os órgãos reprodutivos. Conforme os autores, a atividade da nitrogenase decresce no início da frutificação

devido a competição por fotoassimilados com as vagens e sementes, limitando assim a disponibilidade de nitrogênio, ocasionando menor enchimento de grãos.

Ainda neste contexto, mas em contraste, Câmara (2014) retrata que o decréscimo das curvas de nodulação em número e massa seca de nódulos após o florescimento da soja vem sendo interpretado erroneamente como deficiência de N devido à competição entre flores, frutos, raízes e nódulos, dando margem a recomendações desnecessárias de adubação nitrogenada mineral nos estádios reprodutivos.

Segundo Alves et al. (2006) a fixação biológica é suficiente para atender a demanda de nitrogênio da soja, dispensando a adubação suplementar com o nutriente.

Em estudos realizados por Harper (1974); Kang (1975); Weber (1966) e Wittenbach, *et al.* (1980) relatam que a soja tem alta exigência de nitrogênio derivados de N no solo e da fixação biológica de nitrogênio, porém, ambos têm demonstrando-se frequentemente insuficientes para obtenção de rendimentos máximos, que já foram obtidos com aplicação suplementar de nitrogênio em estádios reprodutivos.

Com bases nos resultados obtidos nesses ensaios, a aplicação de compostos nitrogenados podem provocar mudanças no tocante a morfologia da planta e também em componentes de produção como massa de mil sementes e produtividade, possuindo uma tendência de aumento de produção com aplicação de ureia no estágio R3.

Além de que a adubação nitrogenada via foliar em estádios reprodutivos não deve substituir de maneira alguma a inoculação de sementes, e sim deve ser trabalhada em conjunto com a inoculação e realizada de forma suplementar. No entanto, acredita-se ser necessários mais estudos para esta comprovação, submetendo diferentes genótipos de soja a aplicação de fertilizantes nitrogenados em R3.

Contudo cria se uma nova hipótese na qual cada genótipo possa responder de maneira diferente as doses de nitrogênio.

4 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a aplicação de compostos nitrogenados via foliar na cultura da soja em diferentes estádios fenológicos, provoca alterações tanto em características morfológicas como nos componentes de rendimento da cultura. Assim, comprova-se uma tendência de aumento de produtividade para aplicação de ureia no estágio de R3, podendo, ser utilizada de forma suplementar à inoculação da soja.

5 REFERÊNCIAS

- ALBRECHT, A.J.P. **Comportamento da soja RR em distintos ambientes de produção submetida a diferentes manejos, formulações e doses de glyphosate**. 150 p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2014.
- ALBRECHT, L.P. **Biorregulador no desempenho agrônomo, econômico e na qualidade de sementes de soja**. 100 p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.
- ALVES, B.J.R. *et al.* 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, 2006.
- BAHRY, C.A. **Desempenho agrônomo da soja em função da adubação nitrogenada em diferentes estádios reprodutivos nada em diferentes estádios reprodutivo**. 45 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia de Sementes - Faculdade Eliseu Maciel Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2011.
- BAHRY, C.A. *et al.* Efeito do nitrogênio suplementar sobre os componentes de rendimento da soja em condição de estresse hídrico. **Revista Ceres**, Viçosa, v.61, n. 2, p. 288-292, 2013a.
- BAHRY, C.A. *et al.* Aplicação de ureia na fase reprodutiva da soja e seu efeito sobre os caracteres agrônomo. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa. v. 7, n.2, p. 9-14, 2013b.
- BODDEY, R.M. *et al.* 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, n.5, p.649-655, 1990.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Secretaria de Defesa Agropecuária, 2009. 398p.
- CÂMARA, G.M.S. Fixação biológica de nitrogênio em soja. Informações agrônomo. **International Plant Nutrition Institute (IPNI)**, Piracicaba, n.147, 9p., 2014.

DECHEN, A.R; NACHTIGALL, G.R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. (Ed.) **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.327-354.

EMBRAPA. Tecnologias de Produção de Soja - Região Central do Brasil 2004. A soja no Brasil. Sistema de produção, n.1. 2005. Disponível: <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/SojanoBrasil.htm>>. Acesso em: 05/04/15.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. Rio de Janeiro, v.2, p.306, 2006.

EMBRAPA. Tecnologias De Produção De Soja – Região Central do Brasil 2012 e 2013. Sistema de Produção 15. **Embrapa Soja**, Londrina, v.21, n.15, p. 261, 2011.

FEHR, W.R. *et al.* Stage of development description for soybean, *Glycine max* (L.) Merrill. **Crop Science**, Madison, v.11, n.6, p.929-931, 1971.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A Computer Statistical Analysis System. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

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

GAN, Y *et al.* 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**, Amsterdam, v.80, n. 2, p.147-155, 2003.

GANAPATHY, M.; BARADHAN, G.; RAMESH, N. Effect of foliar nutrition on reproductive efficiency and grain yield of rice fallow pulses. **Legume Research**, New Delhi, v.31, n.2, p.142-144, 2008.

HARPER, J. E. Soil and symbiotic nitrogen requirements for optimum soybean production. **Crop Science**, Madison, v.14, n.2, p. 255-260, 1974.

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. **Embrapa Soja**, Londrina, p.80, doc. 283, 2007.

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

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; NOGUEIRA, M.A. A pesquisa em Fixação Biológica do Nitrogênio na Embrapa Soja: passado, presente e perspectivas futuras. **Anais da XVI Relare**. Londrina: Embrapa Soja, 2012. 55-59p.

JOHNSON, H. S.; HUME, D. J. Effects of nitrogen sources and organic matter on nitrogen fixation and yield of soybeans. **Canadian Journal of Plant Science**. Ottawa, v. 52, n.6, p. 991-996, 1972.

KAMARA, A. Y. *et al.* Phosphorus and Nitrogen Fertilization of Soybean in the Nigerian Savanna. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v.48, n.1, p. 39-48, 2012.

KANG, B. T. Effect of inoculation and nitrogen fertilizer on soybean in Western Nigeria, **Experimental Agriculture**, v.11, n.1, p.23-31, 1975.

KLARMANN P.A. **Influência de plantas de cobertura de inverno na disponibilidade de N, fixação biológica e rendimento da soja sob sistema plantio direto**. 142 p. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

KUMAR, C.V. *et al.* Influence of Foliar Spray of Nutrients on Yield and Economics of Soybean (*Glycine max* L. Merrill). **Journal Of Biological Sciences**, Coimbatore, v.13, n.6, p. 563–565, 2013.

LAMOND, R. E.; WESLEY, T. L. In Season Fertilization for High Yield Soybean Production. **Better Crops With Plant Food**, Norcross, v.85, n.2, p. 6-7, 2001.

LAZZAROTTO, J.J.; HIRAKURI, M. H. Evolução e perspectivas de desempenho econômico associadas com a produção de soja nos contextos mundial brasileiro. **Embrapa Soja**, Londrina, p.46, doc.319, 2010.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. 1.ed. São Paulo: São Paulo, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; MORAES, M.F. Níquel – de Tóxico a Essencial. Informações agrônômicas. **IPNI - International Plant Nutrition Insitute**. Piracicaba, n.118, p.2, 2007.

MENDES, I. C. *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.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. London: Kluwer Academic, 2001. 849p.

MOREIRA, M.G. **Análise da Conjuntura Agropecuária**. SEAB (Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento). DERAL - Departamento de Economia Rural. Soja. 2014. 18p. Relatório Técnico.

NETO, S. *et al.* Adubação nitrogenada, com e sem inoculação de semente, na cultura da soja. **FAZU em Revista**, Uberaba, v.1, n.10 p. 8-12, 2013.

OSAKI, F. **Calagem & Adubação**. 2ed. Campinas: Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola, 524 p.1991.

PARENTE, T. L. **Adubação nitrogenada em genótipos de soja associada à inoculação em semeadura direta no cerrado**. 49 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2014.

PAVINATO, P. S.; CERETTA, C. A.; GIROTTO, E.; Moreira, I. C. L. Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.2, p. 358-364, 2008.

PETTER, F. A. *et al.* Respostas de cultivares de soja à adubação nitrogenada tardia em solos de cerrado. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.25, n.1, p. 67–72, 2012.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309p.

PURCELL, L.C.; RACHID, S.; THOMAS, R.; DE, A. Soybean N₂ fixation estimates, ureide concentration, and yield responses to drought. **Crop Science**, Madison, v.44, n.2, p. 484-492, 2004.

ROCKENBACH, A.P.; CAMPOS, B.C. Influência de diferentes doses de nitrogênio sobre nodulação e produtividade de grãos de soja. **In:** Seminário Interinstitucional de Ensino Pesquisa e Extensão. Cruz Alta: UNICRUZ, 2010.

RODAK, B. W. *et al.* Níquel: atividade da enzima urease em soja cultivada em solos de texturas contrastantes. **In:** III REUNIÃO PARANAENSE DE CIÊNCIAS DO SOLO. Londrina: III Reunião Paranaense de Ciências do Solo, 2013.

RODRIGUES, J.B.B. **Componentes de crescimento e produção de três cultivares de soja utilizando diferentes adubações.** 23f. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba. Areia (PB), 2013.

ROSOLEM, C.A. Adubação Foliar. In: SIMPOSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Brasília, DF, 1984. **Anais...** Brasília: Embrapa, p. 419-49, doc.14, 1984.

RYLE, G.J.A. The respiratory costs of nitrogen fixation in soyabean, cowpea, and white clover. II. Comparisons of the cost of nitrogen fixation and the utilization of combined nitrogen. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v.30, n.1, p.145-153, 1979.

SALVAGIOTTI, F. *et al.* Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 108, n. 1, p. 1-13, 2008.

SFREDO, G. J. Soja no brasil: calagem, adubação e nutrição mineral. **EMBRAPA Soja**, Londrina, n. 305. p. 147, 2008.

SINCLAIR, T.R; PURCELL, L.C.; KING, C.A. Drought tolerance and yield increase of soybean resulting from improved symbiotic N₂ fixation. **Field Crops Research, Field Crops Research**, Amsterdam, v.101, n.1, p.68-71, 2007.

TAÍZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal.** Trad. SANTARÉM, E.R. *et al.*, 3° ed., Porto Alegre: Artemed, p.719, 2004.

VENCATO, A. Z. *et al.* **Anuário Brasileiro da Soja 2010.** Santa Cruz do Sul: Ed. Gazeta Santa Cruz, p. 144, 2010.

VENKATESAN, S.; GANAPATHY, M. N.K. Nitrate reductase activity in tea as influenced by various levels of nitrogen and potassium fertilizers. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.35, n.9-10, p.1283-1291, 2004.

WEBER, C.R. Nodulating and non-nodulating soybean isolines. II. Response to applied N and modified field conditions. **Agronomy Journal**, Madison, v.58, n.1, p. 46-49. 1966.

WITTENBACH, V.A. *et al.* Changes in photosynthesis, ribulose biphosphate carboxylase, proteolytic activity, and ultrastructure of soybean leaves during senescence. **Crop Science**, Madison, v.20, n.2, p. 225-231, 1980.

ZIMMER, P.D. Fundamentos da qualidade da semente. In: PESKE, S.T.; VILLELA, F.A.; MENEGHELLO, G.E. (Ed.) **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas, 2012. Cap. 2, p.105-160.