

Cientific Paper

## Resumo

O experimento foi realizado em Guarapuava-PR, com o objetivo de avaliar os efeitos da aplicação de nitrogênio complementar na produtividade e nos componentes de rendimento da cultura da soja na ausência ou presença de estresse hídrico. O trabalho foi conduzido no delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições em esquema fatorial 2 x 2, sendo dois sistemas de condução da lavoura (com e sem irrigação) e dois manejos de N complementar (com e sem adubação nitrogenada complementar). As variáveis analisadas foram: produtividade, massa de mil grãos, número de ramos produtivos por planta, número de vagens por planta e número de grãos por planta. Dos resultados obtidos verificou-se que a aplicação de nitrogênio complementar contribuiu para o aumento de produtividade na cultura da soja em condições de estresse hídrico, as respostas foram potencializadas na ausência de déficit hídrico.

**Palavras chave:** Fixação biológica de nitrogênio, *Glycine max*, N complementar.

## Nitrogênio complementar e irrigação como ferramenta para aumento de produtividade na cultura da soja

Fabiano Pacentchuk<sup>1</sup>

Itacir Eloi Sandini<sup>2</sup>

Margarete Kimie Falbo<sup>3</sup>

Mikael Neumann<sup>4</sup>

Felipe Pozzan<sup>5</sup>

## Complementary nitrogen and irrigation as a tool for yield increase in soybean

### Abstract

In order to assess application on yield and yield components of soybean in the absence or presence of water stress conditions was carried out an experiment in Guarapuava, PR. The work was conducted in a randomized block with four replications in a factorial 2 x 2, two crop cultivation systems (with and without irrigation) and two complementary N managements (with or without complementary nitrogen fertilization). The variables analyzed were: yield, thousand grain weight, number of branches per plant, number of pods per plant and number of grains per plant. The results showed that the application of complementary nitrogen contributed to increased yield in soybean under water stress conditions, the answers became more important in the absence of water deficit.

**Key words:** biological nitrogen fixation, *Glycine max*, N complementary.

## Nitrógeno complementar y irrigación como herramienta para el aumento de productividad en la cultura de la soja

### Resumen

Con el objetivo de evaluar los efectos de la aplicación del nitrógeno complementar en la productividad y en los componentes del rendimiento del cultivo de soja en la ausencia o presencia de estrés hídrico, se realizó un experimento en el municipio de Guarapuava, PR. El trabajo fue conducido en el diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones en esquema factorial 2x2, utilizando dos sistemas de conducción

Received at: 15/06/16

Accepted for publication at: 05/12/16

1 Eng. Agrônomo, MSc. produção Vegetal - Universidade Estadual do Centro-Oeste - Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03 - Vila Carli/ CEP 85040-080, Guarapuava. Email: fabianopacentchuk@gmail.com.

2 Eng. Agrônomo. Dr Prof. - Universidade Estadual do Centro-Oeste - Email: isandini@hotmail.com

3 Méd. Veterinária. Dra. Profa. - Universidade Estadual do Centro-Oeste - Email: margaretefalbo@hotmail.com

4 Eng. Agrônomo, Dr Prof. . - Universidade Estadual do Centro-Oeste -Email: mikaelneumann@hotmail.com

5 Eng. Agrônomo, mestrando em Produção Vegetal - Campus Uberaba -Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil Email: felipe.pozzan@agrlichem.com.br

de labranza (con y sin irrigación) y dos manejos de N complementar (con y sin fertilización nitrogenada complementar). Las variables analizadas fueron: productividad, peso de mil granos, número de ramos productivo por planta, número de vaina por planta y número de granos por planta. De los resultados obtenidos se verifica que la aplicación de nitrógeno complementar contribuye para el aumento de productividad de la soya en condiciones de estrés hídrico, las respuestas fueron potencializadas en la ausencia de déficit hídrico. **Palabras claves:** fijación biológica de nitrógeno, *Glycine max*, N complementar.

## Introdução

A soja *Glycine max* (L) Merrill, pertencente à família Fabaceae, subfamília, Faboideae é a principal fonte de óleos vegetais no mundo e, é a cultura capaz de produzir mais proteínas por área quando comparada com qualquer outra espécie cultivada em larga escala (MINUZZI et al., 2009).

Diante da importância desta cultura, verifica-se um aumento contínuo na área colhida bem como na produtividade desta cultura. Outro fator que ao longo dos anos teve um grande aumento foi à área cultivada com soja geneticamente modificada em relação à soja convencional. Segundo dados da CÉLERES (2014), a área cultivada com soja transgênica no Brasil na última safra ultrapassou os 93% da área total desta cultura. Dentre os tipos de tecnologia geneticamente modificada, destacam-se os eventos tolerantes a herbicidas, sendo responsáveis por 24,7 milhões de hectares, ou seja, 52,4% do total semeado com cultivos transgênicos.

No cultivo da soja com evento de tolerância a herbicidas, as plantas geneticamente modificadas são resistentes ao glyphosate, e são chamadas de RR. De acordo com PADGETTE et al. (1995) as cultivares de soja RR contém a enzima EPSPS proveniente de *Agrobacterium* sp. que são resistentes ao glyphosate. Este herbicida atua na rota do ácido chiquímico sobre a atividade enzimática da EPSPs, bloqueando a síntese dos aminoácidos aromáticos, é importante ressaltar que essa rota metabólica também está presente em fungos e bactérias, indicando que efeitos negativos do glyphosate sobre estes microrganismos sejam esperados, no caso do contato com este herbicida (PADGETTE et al., 1995).

Especificamente em relação à soja RR, OLIVEIRA Jr. et al. (2008) ao estudarem a influência de diversas modalidades de aplicação de glyphosate sobre a nodulação e o crescimento de 20 cultivares brasileiras de soja RR concluíram que todas as doses e modalidades de aplicação de glyphosate causaram reduções no número de nódulos e massa seca de nódulos.

A simples presença do gene de resistência ao glyphosate em milho e soja também reduz a absorção de Mn e sua eficiência fisiológica (GORDON, 2006; REICHENBERGER, 2007), vale a pena salientar

que o Mn faz parte do metabolismo do nitrogênio especialmente na redução sequencial do nitrato.

Neste contexto, sabe-se que a cultura da soja é muito exigente em nitrogênio (N), o qual se constitui o elemento mineral requerido em maior quantidade pela cultura. Ainda, parte do N requerido é fornecida via FBN (Fixação biológica de Nitrogênio) com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, que por sua vez, dependem de simbioses altamente eficazes (NICOLÁS et al., 2006). KLARMANN (2004) mostrou que os cultivares modernos de soja podem ter, em determinadas situações, balanço negativo de nitrogênio, em função da baixa eficiência da fixação biológica, como por exemplo, por consequência do uso de glyphosate.

Dentre os vários fatores que influenciam a FBN, sabe-se que esta é extremamente sensível também à deficiência hídrica, sendo o primeiro processo a ser afetado, comprometendo a sobrevivência do *Bradyrhizobium*, a formação e a longevidade dos nódulos e a síntese de leghemoglobina, ainda, déficits mais severos podem levar à paralisação irreversível da FBN (SANTOS, 2009). O déficit hídrico é definido com uma situação comum à produção de muitas culturas, podendo apresentar um impacto negativo substancial no crescimento e desenvolvimento das plantas (LECOEUR e SINCLAIR, 1996), sendo o principal fenômeno gerador de prejuízos e de riscos para a cultura da soja (FARIAS et al., 2001).

Além disso, a deficiência hídrica na cultura provoca o aumento das espécies reativas de oxigênio (ROS), que causam a degradação das membranas celulares, também a diminuição da área fotossinteticamente ativa, o fechamento estomático e consequentemente redução da assimilação líquida de CO<sub>2</sub> que por consequência ocasionará diminuição na produtividade final da cultura. Além do mais, o déficit hídrico impõe um dilema entre a conservação da água pela planta e a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> para produção de carboidratos (FERRARI et al., 2015).

No que tange a FBN, Santos (2009), discorre que a deficiência hídrica provoca redução da permeabilidade dos nódulos aos gases limitando o acesso de oxigênio para a respiração e consequentemente a fixação do N<sub>2</sub>, o que em casos extremos pode ocasionar a completa paralisação da FBN.

Além disso, as cultivares de soja disponíveis no mercado brasileiro estão cada vez mais produtivas e, conseqüentemente mais exigentes em recursos, como o próprio N, desta forma, especula-se que nas cultivares de soja modernas e cultivares RR, a FBN é insuficiente para fornecer a quantidade necessária de N para obterem-se altas produtividades, o que compromete a eficiência e a sustentabilidade do sistema.

Assim, como alternativa, a aplicação de nitrogênio em cobertura, pode-se somar à fixação biológica, já que esta última não é totalmente eficiente (ALVES et al., 2006), o que é agravado em situações de déficit hídrico LAMOND e WESLEY, (2001) ressaltam a importância da aplicação de N mineral na cultura, em experimentos executados nos EUA, com fertilizantes nitrogenados sólidos aplicados em cultivares de alto potencial produtivo obtiveram aumento da produtividade, quando aplicaram em prefloração e no início do enchimento de grãos.

Para a cultura da soja aplicações de N no estágio reprodutivo, a forma mais eficaz de nitrogênio seria a foliar (FERREIRA et al 2013), estes mesmos autores citam ainda que fontes de nitrogênio tradicionais como,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  e uréia, utilizados para aplicações foliares estão sujeitos à remoção das folhas pela água de irrigação ou de chuva, outro aspecto negativo é com relação a concentração pode necrosar as folhas, logo, reforçam a necessidade de produtos diferenciados para a obtenção de incrementos de produtividade através do uso da técnica da aplicação do N complementar na cultura da soja.

Além da qualidade do produto, outro fator inerente ao sucesso da adubação nitrogenada complementar é a época de aplicação, NOVAKOWISKI et al (2011), concluíram que o efeito da adubação nitrogenada complementar é mais evidente quando aplicado no início do estágio reprodutivo (R1), dentre outros fatores, neste período têm-se o início do decréscimo da habilidade da raiz em absorver o N do solo, também, a partir da fase reprodutiva a FBN apresenta uma diminuição na eficiência de fixar o N atmosférico.

Diante disso, é muito importante a busca por tecnologias que propiciem aumentar ainda mais a produtividade das culturas, visto que este fato é extremamente importante em âmbito mundial, pois é fundamental para garantir a segurança alimentar e também contribuir para a conservação ambiental, uma vez que, com o aumento da produtividade,

torna-se desnecessário o aumento de área para cultivo.

Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de nitrogênio complementar na produtividade e nos componentes de rendimento da cultura da soja na ausência ou presença de estresse hídrico.

## **Materiais e métodos**

O experimento foi realizado nas dependências do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), campus Cedeteg, em Guarapuava - PR, sendo as coordenadas geográficas de 25° 23' Sul e 51° 29' Oeste.

O clima da região de Guarapuava - PR, segundo a classificação de Köppen, é classificado Cfb (subtropical mesotérmico úmido), sem estação seca definida, com verões frescos e inverno moderado, em altitude de aproximadamente 1.100 m, precipitação média anual de 1.944 mm, temperatura média mínima anual de 12,7°C, temperatura média máxima anual de 23,5°C. O solo é classificado como Latossolo Bruno Distroférico Típico (EMBRAPA, 2006).

O trabalho foi conduzido no delineamento experimental de blocos inteiramente casualizados com quatro repetições em esquema fatorial 2 x 2, sendo dois sistemas de condução da lavoura (com e sem irrigação) e dois manejos de N complementar (com e sem adubação nitrogenada complementar).

A semeadura foi realizada mecanicamente no dia 17/12/2013, em sistema de plantio direto, a cultivar utilizada foi a ND 5909 RG. A parcela foi constituída de quatro linhas com 5 m de comprimento e espaçadas entre elas por 0,40 m. Para área útil, utilizaram-seas duas linhas centrais ainda foi descartado 0,5 m de cada extremidade, perfazendo uma área útil de 3,2 m<sup>2</sup>. A população inicial foi de 350.000 plantas por hectare, com adubação de base de 200 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 08-20-20. O controle de pragas e plantas daninhas foi realizado seguindo as recomendações técnicas da cultura.

O controle de doenças foi realizado através de três aplicações de fluxapiraxade - 16,7% + piraclostrobina - 33,3% (Orchestra® SC) na dose de 0,35 L ha<sup>-1</sup>, as aplicações foram realizadas em V4, R1 e R5. Depois da primeira chuva, após o período de estiagem (R1), aplicou-se o N complementar na dose de 8 L ha<sup>-1</sup>. A adubação nitrogenada complementar foi realizada através do produto comercial Nitamin®,

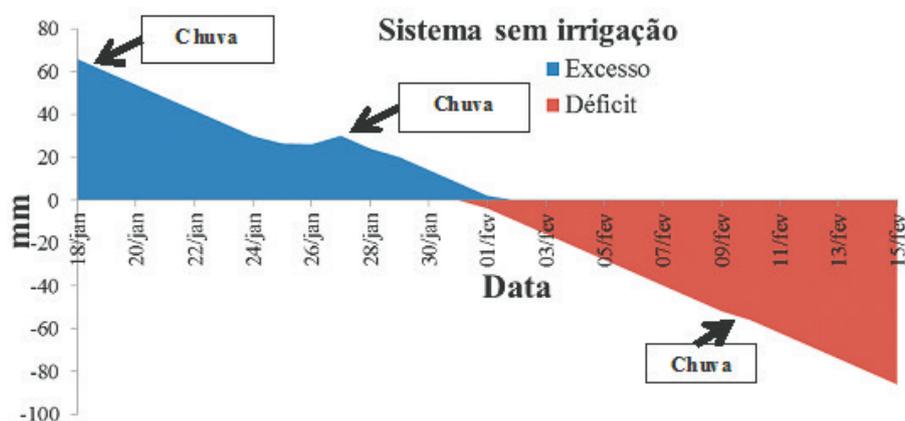
que é composto de 33% de nitrogênio que apresenta liberação controlada, sendo 30% liberado de maneira imediata e outros 70% que é liberado gradualmente.

Para os tratamentos onde o sistema estudado foi com irrigação, o fornecimento de água foi realizada através de uma mangueira com vazão constante e conhecida, sendo aplicado em duas lâminas de 30 mm cada lâmina. A primeira lâmina foi aplicada no dia 01/02/2014, ou seja, 15 dias após o início da estiagem e a segunda lâmina foi aplicada dia 08/02/2014 - 21 dias após o início da estiagem.

As variáveis analisadas foram: produtividade, massa de mil grãos, número de ramos produtivos por planta, número de vagens por planta e número de grãos por planta.

A produtividade da soja foi obtida pela colheita das duas linhas centrais, descartando-se 0,5 m de cada extremidade, perfazendo uma área útil de avaliação de 3,2 m<sup>2</sup> (2 linhas x 0,4 m (espaçamento) x 4 m (comprimento)) e depois, da correção de umidade para 13%, o valor obtido foi convertido para kg ha<sup>-1</sup>. A massa de mil grãos foi determinada a partir da pesagem de 300 grãos de cada parcela e o valor obtido nesta contagem foi extrapolado para massa de mil grãos.

Para, número de ramos produtivos por planta, número de vagens por planta e número de grãos por planta, colheu-se 10 plantas por parcela e então se procedeu às medições e contagens para obter os dados destas variáveis.



**Figura 1.** Balanço hídrico teórico da cultura da soja, no período de 18/01/2014 a 15/02/2014, para o sistema não irrigado. Guarapuava, PR - 2015.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e avaliados pelo Teste F. Quando os resultados revelaram significância a 5 ou 1% de probabilidade, as médias dos fatores qualitativos foram comparadas entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## Resultados e discussões

De posse dos dados climáticos do período de condução da cultura, verifica-se que ao analisar os dados mês a mês, não houve restrição de água para a cultura, no entanto, a distribuição das chuvas foi irregular, principalmente nos meses de janeiro e fevereiro, sendo que, a partir do dia 18 de janeiro/2014 até o dia 15 de fevereiro/2014, houve

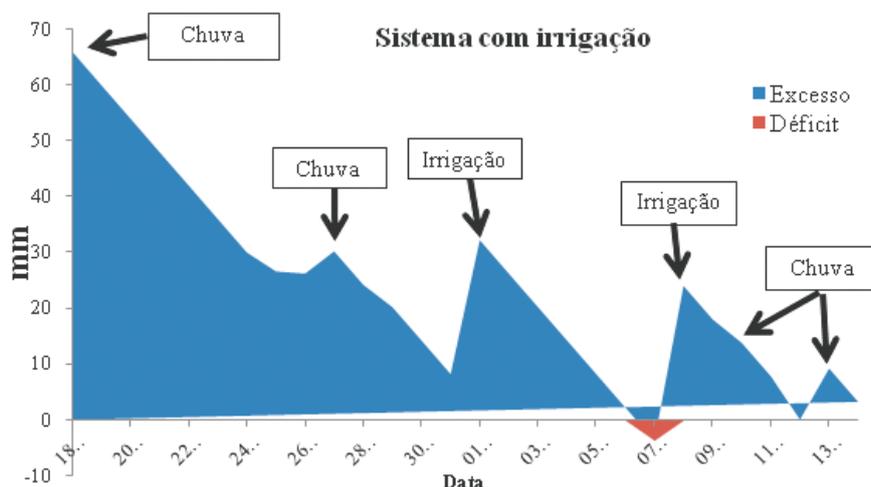
apenas pequenas precipitações, expondo a cultura a um período de restrição hídrica. Assim, na Figura 1 demonstra-se o balanço hídrico para o período de estiagem no sistema sem irrigação e a Figura 2 demonstra-se o balanço hídrico para o período de estiagem no sistema com irrigação. Para o cálculo do balanço hídrico nesta fase, atribui-se para o CAD (capacidade de água total disponível no solo) valor de 1,8 mm cm<sup>-1</sup> tendo em vista que o solo onde o experimento foi conduzido era um solo argiloso, profundidade efetiva do sistema radicular da cultura 0,40 m, totalizando assim 72 mm de água disponível para a cultura. Também, atribui-se o valor de 6,0 mm dia<sup>-1</sup> para evapotranspiração da cultura da soja nessa fase. Deste modo, a partir do dia 30 de janeiro, a quantidade de água disponível para a cultura

não era suficiente para que esta se desenvolvesse normalmente.

Na Tabela 1 demonstra-se o resumo da análise de variância. De acordo com esta Tabela, para a fonte de variação sistema, verificou-se diferença significativa a 1% para a variável produtividade e massa de mil grãos, verificou-se ainda para esta mesma fonte de variação diferença significativa a 10% para a variável número de ramos e grãos por planta. Para a fonte de variação N complementar, verificou-se diferença significativa a 1% para a variável produtividade e massa de mil grãos, para esta mesma fonte de variação houve diferença significativa a 10% para a variável grãos por planta. Não se verificou efeito significativo para a interação

entre as duas fontes de variação.

Diante dos dados fica evidente o impacto negativo que o déficit hídrico ocasiona na cultura da soja, entretanto, os dados acima sugerem que os prejuízos na produtividade da cultura devidos aos impactos do déficit hídrico podem ser minimizados ou até mesmo eliminados através do fornecimento de nitrogênio complementar, visto que o incremento de produtividade proporcionada pelo fornecimento de água foi muito próximo ao incremento proporcionado pela adubação nitrogenada complementar, 15,7% e 13,4% respectivamente, o que permite inferir que, os impactos negativos do estresse hídrico na produtividade da cultura da soja podem ser minimizados com a aplicação de N complementar.



**Figura 2.** Balanço hídrico teórico da cultura da soja, no período de 18/01/2014 a 15/02/2014, para o sistema irrigado. Guarapuava, PR – 2015.

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio de Produtividade (Prod.), massa de mil grãos (MMG), número de ramos (Nº de Ramos), altura de inserção do primeiro ramo produtivo (alt. inserção), altura final de planta (Alt. Planta), número de vagem por planta (Nº Vagem) e número de grãos por planta (Grãos/planta) da cultura da soja para as fontes de variação estudadas. Guarapuava, PR, 2016.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio				
		Prod.	MMG	Nº de Ramos	Nº de Vagem	Grãos/Planta
Sistema	1	634412,25 **	22,56**	2,98 °	1,44 ns	23,28°
Ncomplementar	1	478172,25 **	170,30**	0,015 ns	2,89 ns	24,26°
Sistema X N complementar	1	15625,00 ns	3,42 ns	0,46 ns	3,24 ns	5,88 ns
Erro	12	16625,79	2,20	0,68	5,55	5,78
<b>CV (%)</b>		<b>3,88</b>	<b>1,00</b>	<b>29,50</b>	<b>8,67</b>	<b>4,12</b>

GL - Graus de liberdade; \*\* - significativo a 1%; \* - significativo a 5%; ° significativo a 10%; ns - não significativo.

Na Tabela 2, estão demonstrados os dados de produtividade (kg ha<sup>-1</sup>), é possível observar que para o sistema sem irrigação houve diferença estatisticamente significativa para a aplicação de nitrogênio complementar, sendo que a menor produtividade (2.922 kg ha<sup>-1</sup>) foi obtida para o tratamento sem a aplicação de N complementar, quando foi aplicado o N complementar a produtividade alcançada foi de produtividade de 3.330 kg ha<sup>-1</sup>, ou seja, incremento de 408 kg ha<sup>-1</sup> (13,9%), é importante considerar que este

aumento é devido unicamente à aplicação do N complementar. No sistema irrigado, também foi possível verificar diferença estatística para a aplicação de N complementar, sendo que o tratamento em que não foi aplicado N complementar apresentou uma produtividade de 3.382 kg ha<sup>-1</sup>, a produtividade obtida representa um incremento de 460 kg ha<sup>-1</sup> (15,7%) em relação ao sistema natural sem aplicação de N complementar, vale a pena salientar que este incremento é devido à exclusivamente ao fornecimento de água para a cultura.

**Tabela 2.** Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) da cultura da soja em função de dois sistemas de manejo (Natural e com irrigação) e sem ou com a aplicação de N complementar. Guarapuava – PR, 2016.

Sistema/N complementar	Sem N complementar	Com N complementar
Sem irrigação	2.922 Bb	3.330 Ab
Com irrigação	3.382 Ba	3.666 Aa

*Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas (com ou sem irrigação) e maiúsculas nas colunas (com ou sem N complementar não se diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.*

Os dados descritos acima concordam com FARIAS et al (2001), segundo estes autores a deficiência no fornecimento de água para a cultura é o principal fenômeno gerador de prejuízos e de riscos para a cultura da soja. A baixa produtividade obtida no sistema natural e sem a aplicação de N complementar, pode estar relacionada à diminuição na FBN, de acordo com SANTOS (2009), a FBN é extremamente sensível à deficiência hídrica. Este fato fica evidente quando se aplica N complementar neste mesmo sistema, mesmo sem receber água a produtividade obtida fica próxima à produtividade com o sistema irrigado (Tabela 2). O efeito benéfico do N complementar pode estar relacionado com a influência deste nutriente na atividade de algumas enzimas do ciclo redutivo do carbono, como a rubisco (SUGIHARTO et al., 1990), sabendo-se em situações de déficit hídrico o balanço de N tende a ser negativo, o fornecimento de N complementar equilibraria o balanço deste nutriente, por conseguinte aumentaria a disponibilidade de N que poderia ser utilizado na síntese de rubisco e por consequência efeito positivo e direto na produtividade da cultura.

Além da diminuição na FBN, a redução no conteúdo de água no solo causa significativa variação na distribuição e desenvolvimento radicular (LUDLOW e MUCHOW, 1990), esta diminuição no desenvolvimento de raízes provavelmente afetou também a absorção de N do solo, contribuindo para o balanço negativo deste nutriente na situação de déficit hídrico, além disso, FERRARI et al. (2015) comentam que o déficit hídrico contribuem para uma diminuição na absorção de íons do solo, fato que reforça a hipótese de resposta positiva do N complementar em situações de falta de água.

O sistema irrigado com a aplicação de N complementar, por sua vez, proporcionou uma produtividade de 3.666 kg ha<sup>-1</sup>, ou seja, incremento de 744 kg ha<sup>-1</sup> (25,4%) em relação ao sistema natural sem aplicação de N complementar, onde os efeitos do sistema irrigado e da aplicação do N complementar aparentemente foram somados, sugerindo assim, um efeito aditivo entre estas duas tecnologias.

Segundo CASAGRANDE et al. (2001), a redução na metabolização de compostos nitrogenados vindos do processo simbiótico certamente seria

**Tabela 3.** Massa de Mil Grãos - MMG (g) da cultura da soja em função de dois sistemas de manejo (Natural e com irrigação) e sem ou com a aplicação de N complementar. Guarapuava – PR, 2016.

Sistema/N complementar	Sem N complementar	Com N complementar
Sem irrigação	144,00 Bb	151,45 Aa
Com irrigação	147,30 Ba	152,90 Aa

*Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas (com ou sem irrigação) e maiúsculas nas colunas (com ou sem N complementar não se diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.*

**Tabela 4.** Grãos por planta (unidade) da cultura da soja em função de dois sistemas de manejo (Natural e com irrigação) e sem ou com a aplicação de N complementar. Guarapuava – PR, 2016.

Sistema/N complementar	Sem N complementar	Com N complementar
Sem irrigação	55,25 Bb	58,93 Aa
Com irrigação	58,88 Aa	60,13 Aa

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas (com ou sem irrigação) e maiúsculas nas colunas (com ou sem N complementar não se diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade).

limitante no processo de enchimento de grãos em soja e, neste contexto o fornecimento de N complementar, pode conferir uma maior capacidade para a cultura da soja suportar períodos de déficit hídrico.

Nota-se na Tabela 3 que, para o sistema natural, o tratamento que não recebeu N complementar se diferenciou estatisticamente do tratamento que recebeu o N complementar, a mesma situação foi verificada para o sistema irrigado. Quando não foi aplicado o N complementar verifica-se uma diferença estatística entre os sistemas, porém, quando se aplicou o N complementar, não houve diferença entre os sistemas avaliados.

A menor MMG obtida (144,00 g) foi no sistema natural e sem aplicação de N complementar, para este mesmo sistema, mas quando se aplicou o N complementar, houve um acréscimo na MMG, atingindo 151,45 g. Para o sistema irrigado e sem a aplicação de N complementar, a MMG obtida foi de 147,30 g, já para o sistema irrigado e com a aplicação de N complementar a MMG alcançada foi de 152,90 g, assim, verifica-se uma relação positiva entre MMG e produtividade. Da mesma forma observada para a produtividade, o incremento na MMG proporcionado pelo sistema irrigado foi similar ao incremento alcançado pela aplicação de N complementar, o que permite inferir que, grãos mais leves proporcionaram uma menor produtividade da cultura.

Os dados obtidos neste trabalho corroboram com BORRMANN (2009) que em estudos sobre as respostas fisiológicas da cultura da soja sob déficit hídrico, afirma que o estresse hídrico pode causar redução no tamanho e peso dos grãos. A falta de água durante o enchimento de grãos reduz o tamanho e a massa de grãos, devido à diminuição do suprimento de fotoassimilados produzidos pela planta e/ou inibição do metabolismo do próprio grão (SALINAS et al., 1996).

Na Tabela 4, estão exibidos os dados de grãos por planta, verifica-se que no sistema natural houve diferença estatística significativa para a aplicação de N complementar, sendo que a aplicação proporcionou 58,93 grãos por planta, o que significa

que a aplicação do N complementar proporcionou 3,68 grãos a mais por planta quando comparado ao mesmo sistema, porém, sem aplicação de N complementar. Tratando-se do sistema irrigado, é possível verificar que, não houve diferença entre a aplicação ou não de N complementar, ainda que seja possível verificar uma tendência a um maior número de grãos por planta no tratamento em que foi aplicado o N complementar. Na ausência da aplicação de N complementar, houve diferença significativa entre os sistemas estudados, sendo que o sistema irrigado apresentou um maior número de grãos por planta (58,88), ou seja, 3,63 grãos por planta a mais do que o sistema natural. Quando foi aplicado o N complementar, não houve diferença estatística entre os sistemas estudados. Demonstrando outra vez que, em condições de estresse hídrico, as perdas causadas pela falta de água podem ser minimizadas através da aplicação de N complementar.

Ao observar os dados de produtividade, MMG e número de grãos por planta é possível verificar que as três variáveis apresentam uma íntima ligação, pois, os tratamentos que tiveram uma maior MMG e também um maior número de grãos por plantas, culminaram em tratamentos em que se obtiveram as maiores produtividades, segundo NAVARRO JÚNIOR e COSTA (2002), os componentes de rendimento acima citados estão entre os mais importantes para a determinação da produtividade.

## Conclusão

A aplicação de nitrogênio complementar contribuiu para o aumento de produtividade na cultura da soja em condições de estresse hídrico, as respostas foram potencializadas na ausência de déficit hídrico.

O uso de N complementar ocasionou incremento na massa e número de grãos por planta.

Efeitos negativos do estresse hídrico na produtividade da soja podem ser minimizados através do uso do N complementar.

## Referências

- ALVES, B. J. R.; ZOTARELLI, L.; FERNANDES, F. M.; HECKLER, J. C.; MACEDO, R. A. T.; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; URQUIAGA, S. Fixação biológica de nitrogênio e fertilizantes nitrogenados no balanço de nitrogênio em soja, milho e algodão. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 449-456, 2006.
- BORRMANN, D. Efeito do déficit hídrico em características químicas e bioquímicas da soja e na degradação da clorofila, com ênfase na formação de metabolitos incolores. 2009. 107p. Tese de Doutorado em Ciência dos Alimentos - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- CASA GRANDE, E.C.; FARIAS, J.R.B.; NEUMAIER, N.; OYA, T.; PEDROSO, J.; MARTINS, P.K. BRETON, M.C.; NEPOMUCENO, A.L. Expressão gênica diferencial durante déficit hídrico em soja. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal. Lavras, v.13, n. 2, p. 168-184, 2001.
- CÉLERES. Informativo biotecnologia. IB 14.03. Uberlândia, MG. 2014.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2.ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação, Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 306p, 2006.
- FARIAS, J.R.B.; ASSAD, E.D.; ALMEIDA, I.R.; EVANGELISTA, B.A.; LAZZAROTTO, C.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A.L. Caracterização de risco climático nas regiões produtoras de soja no Brasil. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.9, n.2, 2001.
- FERRARI, E.; PAZ, A.; SILVA, A. Déficit hídrico no metabolismo da soja em semeaduras antecipadas no Mato Grosso. Pesquisas Agrárias e Ambientais, Sinop, v.03, n. 01, 2015.
- FERREIRA, S. L. B.; CHRIST, E. A.; LIMA, C. P.; OLIVEIRA, R. ALMEIDA, R. Adubação complementar com nitrogênio aplicado via foliar na cultura da soja. Disponível em: [http://fio.edu.br/cic/anais/2013\\_xii\\_cic/PDF/AGRONOMIA/agro020.pdf](http://fio.edu.br/cic/anais/2013_xii_cic/PDF/AGRONOMIA/agro020.pdf), 2013.
- GORDON, B. Manganese nutrition of glyphosate-resistant and conventional soybeans. Better Crops, v.91, p.12-13, 2006
- GROSSMANN, K.; KWIATKOWSKI, J. E RETZAFF, G. Regulation of phytohormones levels, leaf senescence and transpiration by the *Strobirulin Kresoxim-methyl* in wheat (*Triticum aestivum*). Journal of Plant Physiology, Stuttgart, v. 154, p. 805-808, 1999.
- KLARMANN, P. A. Influência de plantas de cobertura de inverno na disponibilidade de N, fixação biológica e rendimento da soja sob sistema plantio direto. 2004. 142f. Dissertação de Mestrado em Agronomia. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- LAMOND, R. E e WESLEY, T. L. Adubação nitrogenada no momento certo para soja de alta produtividade. Informações agronômicas. Nº 95 – 2001.
- LECOEUR, J. e SINCLAIR, R.T. Field pea transpiration and leaf growth in response to soil water deficits. Crop Science, Madison, v.36, p.331-335, 1996.
- LUDLOW, M.M. e MUCHOW, R.C. A critical evaluation of trits for improving crop yields in water-limited environments. Advance in Agronomy, São Diego, v.43, p.107-153, 1990.
- MINUZZI, A.; RANGEL, M.A.; BRACCINI, A. DE LUCCA E; SCAPIM, C.A.; MORA, F.; ROBAINA, A.D. Rendimento, teores de óleo e proteínas de quatro cultivares de soja, produzidas em dois locais no Estado do Mato Grosso do Sul. Ciência e Agrotecnologia, v.33, p.1047-1054, 2009.
- NAVARRO JÚNIOR, H. M. e COSTA, J. A. Contribuição relativa dos componentes de rendimento para produção de grãos em soja. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 37, n.3, p.269-274, 2002.
- NICOLÁS, M. F.; HUNGRIA, M. E ARIAS, C. A. A. Identification of quantitative trait loci controlling nodulation and shoot mass in progenies from two brazilian soybean cultivars. Field Crops Research, v. 95, p. 355-366, 2006.

NOVAKOWISKI, J. H.; NOVAKOWISKI, J. H.; PACENTCHUK, F.; VIDAL, V.; BAZZANEZI, A. N.; SANDINI, I. E. Nitrogênio complementar: alternativa para incremento da produtividade da cultura da soja. Anais do XX EAIC. Ponta Grossa, 2011.

OLIVEIRA JR., R.S.; DVORANEN, E.C.; CONSTANTIN, J.; CAVALIERI, S.D.; FRANCHINI, L.H.M.; RIOS, F.A.; BLAINSKI, E. Influência do glyphosate sobre a nodulação e o crescimento de cultivares de soja resistente ao glyphosate. Planta Daninha, Viçosa-MG, v. 26, n. 4, p. 831-843, 2008.

PADGETTE, S.R.; KOLACZ, K.H.; DELANNAY, X.; RE, D.B.; LAVALLEE, B.J.; TINIU, C.N.; RHODES, W.K.; OTERO, Y.I.; BARRY, G.F.; EICHHOLTZ, D.A.; PESCHKE, V.M.; NIDA, D.L.; TAYLOR, N.B.; KISHORE, G.M. Development, identification, and characterization of a glyphosate-tolerant soybean line. Crop Science, v.35, p.1451-1461, 1995.

REICHENBERGER, L. Missing micronutrients: Using glyphosate is complicating the uptake of some minor nutrients. The Furrow, p. 22-23, 2007.

SALINAS, A.P.R.; ZELENER, N.; CRAVIOTTO, R.M.; BISARO, Z. Respuestas fisiológicas que caracterizan el comportamiento de diferentes cultivares de soja a la diferencia hídrica en el suelo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.31, n.5, 1996.

SANTOS, E. L. Desempenho de cultivares de soja sob déficit hídrico. (2009). 114f. Tese de Doutorado em Agronomia - Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

SUGIHARTO, B.; MIYATA, K.; NAKAMOTO, H.; SASAKAWA, H.; SUGIYAMA, T. Regulation of expression of carbon assimilating enzymes by nitrogen in maize leaf. Plant Physiology, Rockville, v.92, n.4, p.963-969, 1990.