

Arranjo de plantas e adubação foliar nitrogenada na soja cultivada no Agreste do Sealba



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Tabuleiros Costeiros
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
161**

Arranjo de plantas e adubação foliar nitrogenada
na soja cultivada no Agreste do Sealba

*Sergio de Oliveira Procópio
Hélio Wilson Lemos de Carvalho
Adônis Moreira
Alvadi Antonio Balbinot Júnior*

Embrapa Tabuleiros Costeiros
Aracaju, SE
2021

Embrapa Tabuleiros Costeiros
Avenida Governador Paulo Barreto de Menezes,
nº 3250, CEP 49025-040, Aracaju, SE
Fone: +55 (79) 4009-1300
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Unidade responsável pelo conteúdo e edição:

Embrapa Tabuleiros Costeiros

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Ronaldo Souza Resende

Secretário-Executivo
Ubiratan Piovezan

Membros
Amaury da Silva dos Santos
Ana da Silva Lédo
Anderson Carlos Marafon
Joézio Luiz dos Anjos
Julio Roberto Araujo de Amorim
Lizz Kezzy de Moraes
Luciana Marques de Carvalho
Tânia Valeska Medeiros Dantas
Viviane Talamini

Supervisão editorial e editoração eletrônica
Aline Gonçalves Moura

Normalização bibliográfica
Josete Cunha Melo

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Foto da capa
Sergio de Oliveira Procópio

1ª edição
Publicação digital - PDF (2021)

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Tabuleiros Costeiros

Arranjo de plantas e adubação foliar nitrogenada na soja cultivada no Agreste do Sealba. /
Sergio de Oliveira Procópio [et al...]. – Aracaju : Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2021.

23 p. : il. (Boletim de Pesquisa / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1961; 161)

1. Adubação foliar. 2. Nitrogênio. 3. Soja. 4. Sealba. I. Procópio, Sergio de
Oliveira. II. Carvalho, Hélio Wilson Lemos de. III. Moreira, Adônis. IV. Balbinot
Júnior, Alva di Antonio. VI. Série.

CDD 631.81 Ed. 21

Sumário

| | |
|------------------------------|----|
| Resumo | 5 |
| Abstract | 6 |
| Introdução..... | 7 |
| Material e Métodos | 9 |
| Resultados e Discussão | 12 |
| Conclusões..... | 21 |
| Agradecimentos..... | 22 |
| Referências | 22 |

Arranjo de plantas e adubação foliar nitrogenada na soja cultivada no Agreste do Sealba

Sergio de Oliveira Procópio¹

Hélio Wilson Lemos de Carvalho²

Adônis Moreira³

Alvadi Antonio Balbinot Júnior⁴

Resumo – A introdução de uma cultura agrícola em uma nova região necessita da realização de pesquisas regionais que englobem as diferentes práticas agrônômicas. Nesse sentido, o objetivo do estudo foi avaliar os efeitos de três arranjos de plantas associados à suplementação foliar de nitrogênio (N) aplicado na fase reprodutiva sobre o desempenho da cultura da soja cultivada na região Agreste do Sealba. Foram realizados dois experimentos a campo no município de Frei Paulo, SE, nos anos de 2014 e 2015. Os tratamentos foram formados pela combinação de três fatores: três arranjos de plantas (tradicional - 50 cm; espaçamento reduzido - 25 cm; fileiras duplas - 25/75 cm); três fontes de N [sulfato de amônio, ureia e fosfato monoamônico (MAP)]; e três doses de N (0, 5 e 10 kg ha⁻¹). Os resultados mostraram que a adubação foliar de N, utilizando sulfato de amônio, ureia ou MAP, na fase reprodutiva, não promoveu incrementos na altura de plantas, na massa de grãos e na produtividade da soja cultivada na região Agreste do Sealba. A utilização dos arranjos de plantas em espaçamento reduzido ou em linhas duplas não acarretou aumentos na produtividade, não sendo necessário alterar o espaçamento tradicional de cultivo da soja.

Termos para indexação: *Glycine max*; espaçamento; componentes de produção, nutrição de plantas.

¹ Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE.

² Engenheiro-agrônomo, mestre em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE.

³ Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências (Energia na Agricultura), pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

⁴ Engenheiro-agrônomo, doutor em Produção Vegetal, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Arrangement of plants and nitrogen foliar fertilization in soybean cultivated in Sealba's Agreste

Abstract – The introduction of a crop in a new region requires regional research that encompasses different agronomic practices. In this sense, the objective of the study was to evaluate the effects of three plant arrangements associated with foliar supplementation of nitrogen (N) applied in the reproductive phase on the performance of soybean cultivated in the Agreste region of Sealba. Two field experiments were performed in the municipality of Frei Paulo, SE, in the years 2014 and 2015. The treatments were formed by the combination of three factors: three plant arrangements (traditional - 50 cm; reduced spacing - 25 cm; double rows - 25/75 cm); three sources of N [ammonium sulfate, urea and monoammonium phosphate (MAP)]; and three doses of N (0, 5, and 10 kg ha⁻¹). The results showed that the foliar fertilization of N, using ammonium sulfate, urea or MAP, in the reproductive phase, did not promote increases in plant height, in the seed weight and in the grain yield of soybean cultivated in the Agreste region of Sealba. The use of reduced spacing or double rows did not promote increase in grain yield of soybean, and it is not necessary any changes in the row spacing.

Index terms: *Glycine max*; row spacing, yield components, plant nutrition.

Introdução

A região do Sealba, um território composto por parte dos estados de Sergipe, Alagoas e Bahia, vem se tornando um importante polo de produção de grãos no Nordeste brasileiro, apresentando incrementos significativos ano após ano, tanto em área cultivada, como em produtividade. A pesquisa agrícola teve e tem um importante papel na construção desse novo cenário na produção de alimentos. Barreto e Almeida (2009), utilizando um modelo econométrico de efeitos fixos, comprovaram que investimentos em pesquisa agropecuária influenciam o crescimento e contribuem para convergência de renda na agropecuária brasileira.

O desenvolvimento de um sistema de produção de soja (*Glycine max*) com sustentabilidade econômica e ambiental foi elencado como uma das prioridades da Embrapa para impulsionar a atividade agrícola do Sealba e, assim, inseri-lo como um importante agropolo regional. Segundo Komatsu et al. (2010), a soja representa um dos principais produtos agrícolas brasileiros, devido ao seu potencial produtivo e ao seu valor nutricional, que lhe confere multiplicidade de aplicações na alimentação humana e/ou animal, desempenhando importante papel socioeconômico.

O arranjo de plantas e a nutrição nitrogenada foliar na cultura da soja podem apresentar impactos significativos na produtividade e, conseqüentemente, na viabilidade econômica desse cultivo, devendo ser estudados nas diversas regiões sojícolas brasileiras, o que inclui a região do Sealba, uma área não tradicional no cultivo da soja e que conta com particularidades de clima e de solo. Caliskan et al. (2007) afirmam que não existe um espaçamento e uma densidade de plantas de soja ideal para todos os ambientes e cultivares, sendo um conhecimento que deve ser construído regionalmente.

O arranjo de plantas tradicional utilizado para a cultura da soja no Brasil é composto por um espaçamento entre as linhas de 45 cm a 50 cm, com densidade de plantas na linha, variando, normalmente, de 9 a 20 plantas por metro, de acordo com as condições edafoclimáticas associadas com as características do genótipo. Todavia, novas formas de arranjo de plantas vêm sendo avaliadas no cultivo da soja, como o espaçamento reduzido entre as linhas e a utilização de linhas duplas. A adequação do arranjo espacial da soja é uma ferramenta capaz de promover melhor aproveitamento dos

recursos disponíveis no ambiente agrícola, permitindo que a cultura expresse seu potencial produtivo (Silva et al., 2020b). Com ajustes no arranjo das plantas é possível minimizar a competição intraespecífica por água, luminosidade e nutrientes, maximizando o aproveitamento desses recursos pelas plantas cultivadas (Heiffig et al., 2006).

O espaçamento reduzido tem como fundamento uma distribuição mais equidistante das plantas de soja na área, priorizando o aumento de linhas de cultivo e a diminuição de plantas na linha. Com isso, haveria, teoricamente, menor competição intraespecífica, com melhor aproveitamento dos recursos vitais (radiação solar, água e nutrientes). Rambo et al. (2003) atribuem o melhor desempenho produtivo da soja cultivada experimentalmente em espaçamentos reduzidos à associação de vários fatores, como o melhor uso da água, devido ao sombreamento mais rápido do solo, melhor distribuição de raízes, redução da competição intraespecífica, maior habilidade de competição com plantas daninhas, exploração uniforme da fertilidade do solo e maior e mais rápida interceptação da energia solar.

O arranjo de plantas em linhas duplas tem como principais argumentos técnicos a melhor distribuição de radiação solar ao longo do dossel e a maior facilidade para penetração de agroquímicos. Esse tipo de arranjo vem sendo utilizado em lavouras norte-americanas e, no Brasil, vem sendo parcialmente adotado nas culturas do amendoim (*Arachis hypogaea*), da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) e, mais recentemente, em algumas áreas de produção de milho (*Zea mays*). Petter et al. (2016) reportaram que o aproveitamento da radiação fotossinteticamente ativa pode ser alterado pelo manejo cultural, como, por exemplo, por modificações na densidade de plantas.

É importante ressaltar que incrementos na produtividade decorrentes de ajustes no arranjo de plantas não devem ser limitados por restrições no fornecimento de nutrientes. Entre os nutrientes requeridos pela cultura da soja, o nitrogênio (N) é o elemento absorvido em maior quantidade, dado, principalmente, ao elevado teor de proteína presente em seus grãos (Gelain et al., 2011).

A utilização de adubação nitrogenada é um assunto que, de tempos em tempos, retorna ao debate técnico sobre as recomendações de práticas agrícolas a serem empregadas na cultura da soja. Um grupo de pesquisadores e técnicos tem defendido a utilização tardia de N na cultura da soja,

principalmente, em aplicações foliares na fase reprodutiva, indicando que para o atingimento de elevadas produtividades é necessária uma suplementação de N em relação ao proveniente da fixação biológica de nitrogênio (FBN) e ao disponibilizado pela mineralização da matéria orgânica do solo. Petter et al. (2012) verificaram ganhos na produtividade da soja com a adubação nitrogenada tardia, destacando que a dose de 30 kg ha⁻¹ de N proporcionou a máxima eficiência agrônômica e econômica.

Diante deste cenário, objetivou-se nesse estudo avaliar os efeitos de três arranjos espaciais de plantas associados à suplementação de N com fertilizantes químicos aplicados na fase reprodutiva sobre o desempenho da cultura da soja cultivada na região Agreste do Sealba.

Material e Métodos

Dois experimentos foram realizados sequencialmente na mesma área experimental pertencente à Estação Experimental Pedro Arle da Embrapa Tabuleiros Costeiros, localizada no município de Frei Paulo, SE (10°55' S; 37°53' O; e altitude de 272 m). Esse município possui clima do tipo Aw, segundo classificação de Köppen, com uma estação seca no verão e chuvas no outono/inverno, temperatura média anual de 23,7 °C e precipitação média anual de 768 mm (Climate-Data, 2020). O solo da área experimental é classificado como Cambissolo Háplico (Santos et al., 2006). O primeiro experimento foi conduzido no período de junho a outubro de 2014 e o segundo de junho a setembro de 2015.

Antes da instalação do experimento em 2014, foram realizadas coletas de solo na área experimental, o qual apresentou as seguintes características físico-químicas na camada de 0 – 20 cm: pH em H₂O de 5,6; 1,2 cmol_c dm⁻³ de H+Al; 0,0 cmol_c dm⁻³ de Al⁺³; 6,0 cmol_c dm⁻³ de Ca²⁺; 1,9 cmol_c dm⁻³ de Mg²⁺; 98,6 mg dm⁻³ de K⁺; 10,3 mg dm⁻³ de P; 2,1% de M.O.; 325 g kg⁻¹ de argila, 334 g kg⁻¹ de silte e 341 g kg⁻¹ de areia.

Antes da instalação dos experimentos, realizou-se na área experimental o preparo convencional do solo, que constou de uma operação de aração seguida de uma gradagem de nivelamento. O delineamento experimental dos experimentos foi em blocos confundidos (3³) (Pimentel-Gomes, 2009), totalizando 27 tratamentos, com uma repetição. Os tratamentos foram definidos

pela combinação de três fatores: três arranjos espaciais de plantas (tradicional – 50 cm; espaçamento reduzido – 25 cm; fileiras duplas – 25/75 cm); três fontes de N [sulfato de amônio (20% de N), ureia (45% de N) e fosfato monoamônico - MAP (10% de N)]; e três doses de N (0; 5 e 10 kg ha⁻¹). Os fertilizantes nitrogenados em suas respectivas doses foram aplicados via foliar quando as plantas de soja estavam no estádio R2 (experimento de 2014) e em R3 (experimento de 2015). As parcelas foram compostas por 4 m de largura por 5 m de comprimento, sendo a área útil utilizada nas avaliações de 12 m² (3 × 4 m).

No experimento realizado em 2014, foi utilizada a cultivar FTS Paragominas RR (tipo de crescimento determinado, grupo de maturação 9.3), enquanto que no experimento de 2015 foi empregada a cultivar SYN 1281 RR (tipo de crescimento indeterminado, grupo de maturação 8.1). As sementes das cultivares de soja foram tratadas com os micronutrientes cobalto e molibdênio (2,4 g Co 50 kg⁻¹ de sementes + 23,4 g Mo 50 kg⁻¹ de sementes) e com inoculante turfoso contendo as estirpes de *Bradyrhizobium* SEMIA 5079 e SEMIA 5080, em dose três vezes maior que a recomendada pelo fabricante.

Nos dois anos de estudo, a abertura dos sulcos de plantio e a semeadura foram realizados manualmente e a adubação de base foi realizada a lanço nas parcelas, sendo aplicado o equivalente a 500 kg ha⁻¹ de superfosfato simples (20% de P₂O₅). As datas de semeadura foram 13 de junho e 11 de junho, respectivamente para os experimentos de 2014 e de 2015. Doze dias após a emergência das plantas, foi realizada operação de desbaste, deixando-se o equivalente a 280.000 plantas por hectare em todas as parcelas no experimento conduzido em 2014 e o equivalente a 320.000 plantas por hectare em 2015.

A adubação nitrogenada foliar foi realizada utilizando-se um pulverizador costal, regulado para aplicar um volume de calda equivalente a 200 L ha⁻¹.

O controle de pragas e plantas daninhas foi efetuado conforme as indicações técnicas para a cultura (Tecnologias ..., 2020). Não foi necessária a realização de nenhuma intervenção em relação ao controle de doenças.

Os dados de precipitação pluvial durante o período entre a semeadura e a colheita nos anos de 2014 e 2015 estão apresentados na Figura 1.

Por ocasião da colheita dos experimentos foram realizadas as seguintes avaliações: Altura de plantas (cm); Altura de inserção da primeira vagem (cm) (apenas no experimento de 2015); Acamamento de plantas, atribuindo-se notas visuais, variando de 1 (ausência de acamamento) a 5 (todas as plantas acamadas), de acordo com escala de Bernard et al. (1965); Produtividade de grãos, com posterior padronização da umidade dos grãos em 13%; e Massa de mil grãos (g), também com posterior padronização da umidade dos grãos em 13%.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), por meio do teste F ($p \leq 0,05$), sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

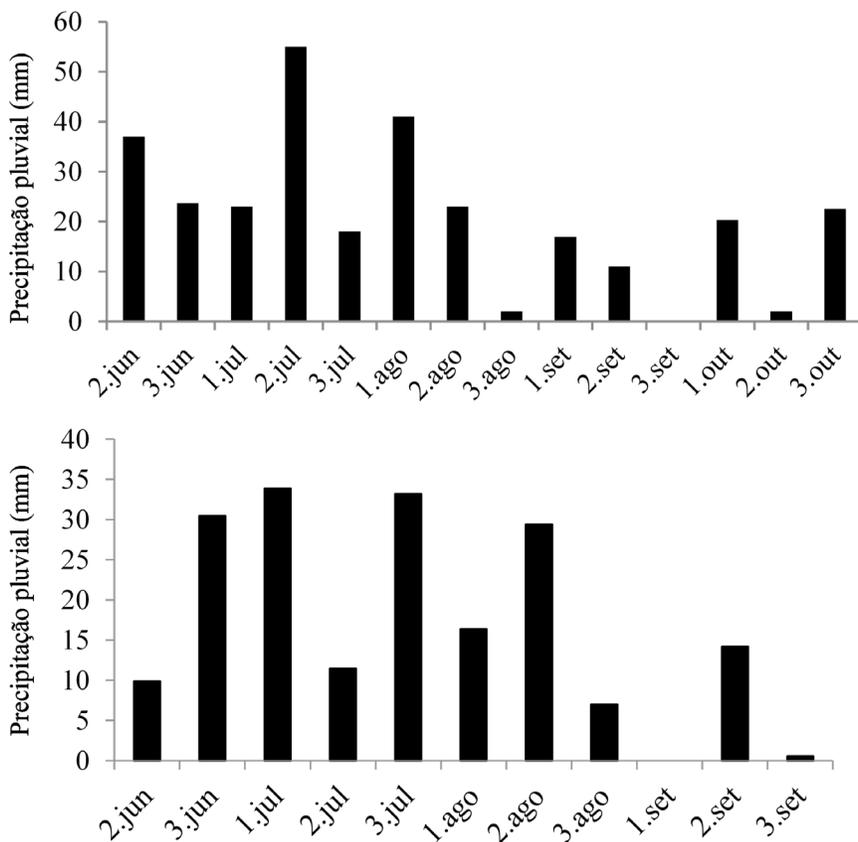


Figura 1. Precipitação pluvial por decêndio, durante o ciclo de desenvolvimento da cultura da soja. Frei Paulo, SE. 2014 e 2015.

Resultados e Discussão

As fontes de variação estudadas apresentaram efeitos diferentes entre os experimentos no tocante à avaliação da altura final de plantas. No ano de 2014, quando foi utilizada a cultivar FTS Paragominas RR que apresenta tipo de crescimento determinado e ciclo tardio, foi verificado menor altura final de plantas quando foi utilizado o arranjo em linhas duplas (25/75 cm), independentemente da fonte e da dose de N utilizada. Todavia, tal redução foi de pequena proporção, variando em média de 2,4 cm a 3,3 cm em relação às plantas provenientes do espaçamento convencional (50 cm) ou do reduzido (25 cm) (Tabela 1). Esses resultados demonstram que a altura de plantas é um componente sensível a alterações no arranjo de plantas na cultura da soja, apesar da magnitude dos efeitos não ser expressiva. Silva et al. (2020a), avaliando a influência de diferentes arranjos espaciais na cultura da soja, cultivar Anta 82 RR que possui tipo de crescimento semi-determinado, não observaram diferenças na altura final de plantas, entre os arranjos tradicional (50 cm), reduzido (25 cm) e linhas duplas (25/75 cm).

Ainda no experimento conduzido em 2014, observou-se interação entre os fatores doses e fontes de nitrogênio (N) (Tabela 1). A utilização de ureia e MAP, em qualquer das doses avaliadas, não alterou a altura final de plantas de soja da cultivar FTS Paragominas RR. No entanto, a aplicação foliar de sulfato de amônio na dose de 10 kg ha⁻¹ na fase reprodutiva da cultura da soja acarretou em redução na altura final de plantas (Tabela 2). A alta concentração de enxofre (20% de S) presente no sulfato de amônio pode ter alguma relação com este efeito de redução de crescimento das plantas de soja, mesmo sendo esta redução de baixa magnitude.

Tabela 1. Altura final de plantas, altura de inserção da primeira vagem e índice de acamamento de duas cultivares de soja, em função de diferentes arranjos de plantas, fontes e doses de nitrogênio aplicados via foliar no estádio R2 (2014) e R3 (2015). Frei Paulo, SE.

| Variáveis | FTS Paragominas RR (2014) | SYN 1281 RR (2015) | SYN 1281 RR (2015) | FTS Paragominas RR (2014) | SYN 1281 RR (2015) |
|------------------------|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------------|
| | Altura final de plantas (cm) | | ALTPV (cm) | Índice de acamamento | |
| Arranjos | | | | | |
| 50 cm | 87,2 a | 58,8 a | 8,1 a | 1,8 a | 1,0 |
| 25/75 cm | 83,9 b | 60,0 a | 9,0 a | 1,8 a | 1,0 |
| 25 cm | 86,3 a | 53,7 b | 9,0 a | 2,2 a | 1,0 |
| Doses de N | | | | | |
| 0 kg ha ⁻¹ | 86,6 a | 58,8 a | 8,6 a | 1,8 a | 1,0 |
| 5 kg ha ⁻¹ | 86,1 a | 59,3 a | 8,9 a | 1,9 a | 1,0 |
| 10 kg ha ⁻¹ | 84,8 a | 56,3 a | 8,7 a | 2,1 a | 1,0 |
| Fontes de N | | | | | |
| Sulfato de amônio | 82,0 b | 60,3 a | 9,0 a | 2,3 a | 1,0 |
| Ureia | 87,6 a | 60,1 a | 9,3 a | 1,9 b | 1,0 |
| MAP | 87,9 a | 52,0 b | 7,8 b | 1,6 b | 1,0 |
| Teste F | | | | | |
| Arranjos (a) | 7,313* | 16,231* | 1,939 ^{ns} | 1,778 ^{ns} | 0,000 |
| Doses de N (b) | 2,101 ^{ns} | 3,769 ^{ns} | 0,212 ^{ns} | 0,778 ^{ns} | 0,000 |
| Fontes de N (c) | 26,859* | 32,420* | 4,939* | 4,111* | 0,000 |
| a × b | 3,934 ^{ns} | 1,399 ^{ns} | 0,758 ^{ns} | 0,611 ^{ns} | 0,000 |
| a × c | 3,283 ^{ns} | 9,254* | 1,803 ^{ns} | 1,444 ^{ns} | 0,000 |
| b × c | 6,253* | 1,213 ^{ns} | 1,439 ^{ns} | 1,944 ^{ns} | 0,000 |

* = significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. ^{ns} = não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ALTPV = Altura de inserção da primeira vagem na haste principal. MAP = fosfato monoamônico.

Tabela 2. Altura de plantas de soja em função da interação entre doses e fontes de nitrogênio aplicados via foliar no estádio R2 (cultivar FTR Paragominas RR - 2014) e em função da interação entre arranjos de plantas e fontes de nitrogênio aplicados via foliar no estádio R3 (cultivar SYN 1281 RR - 2015). Frei Paulo-SE.

| Doses de N | Fontes de N | | |
|------------------------|---|----------|----------|
| | SA | Ureia | MAP |
| | Altura de plantas (cm) – cultivar Paragominas RR (2014) | | |
| 0 kg ha ⁻¹ | 83,0 ab A | 88,0 a A | 88,7 a A |
| 5 kg ha ⁻¹ | 85,3 a A | 86,7 a A | 86,3 a A |
| 10 kg ha ⁻¹ | 77,7 b B | 88,0 a A | 88,7 a A |
| Arranjos | Fontes de N | | |
| | SA | Ureia | MAP |
| | Altura de plantas (cm) – cultivar SYN 1281 RR (2015) | | |
| 50 cm | 60,0 a A | 58,7 b A | 57,7 a A |
| 25/75 cm | 60,3 a A | 65,7 a A | 54,0 a B |
| 25 cm | 60,7 a A | 56,0 b A | 44,3 b B |

SA = sulfato de amônio. MAP = fosfato monoamônico. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna ou maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No experimento conduzido em 2015, com a cultivar SYN 1281 RR (tipo de crescimento indeterminado e ciclo precoce), não foi verificado efeito das doses de N sobre a altura final das plantas de soja. Todavia, foi constatada interação entre os fatores arranjo de plantas e fontes de N (Tabela 1). Quando foi utilizada a ureia como fertilizante foliar, maior altura de plantas foi constatada com a utilização do arranjo em fileiras duplas (25/75 cm). Nas parcelas que receberam sulfato de amônio, não foi observada alterações significativas na altura final de plantas, independentemente da escolha do arranjo. O uso foliar de MAP ocasionou redução no porte das plantas de soja (SYN 1281 RR) cultivadas em fileiras duplas (25/75 cm) e no espaçamento reduzido (25 cm) em comparação às demais fontes de N. Contudo, esse efeito de redução no crescimento das plantas de soja foi agravado com a combinação de uso de MAP e adoção do espaçamento reduzido (25 cm) (Tabela 2).

Esse efeito pode ser atribuído à fitotoxicidade verificada nas plantas de soja com a utilização do fertilizante MAP, principalmente na maior dose de N (10 kg ha⁻¹), cujos sintomas podem ser descritos por uma queima dos

folíolos superiores, que receberam maior volume da calda, com posterior perda de área foliar necrosada (Figura 2). Como o MAP possui uma baixa concentração de N (10%) em comparação aos demais fertilizantes utilizados [ureia (45%) e sulfato de amônio (20% de N)], a quantidade utilizada deste fertilizante em aplicações foliares é bem maior em comparação aos outros fertilizantes, no intuito de se obter a mesma concentração de N almejada, o que pode ter sido determinante para a ocorrência das injúrias foliares.



Fotos: Sergio de Oliveira Procópio

Figura 2. Injúrias foliares em plantas de soja (cultivar SYN 1281 RR) após a aplicação foliar em R3 do fertilizante MAP. Frei Paulo, SE. 2015.

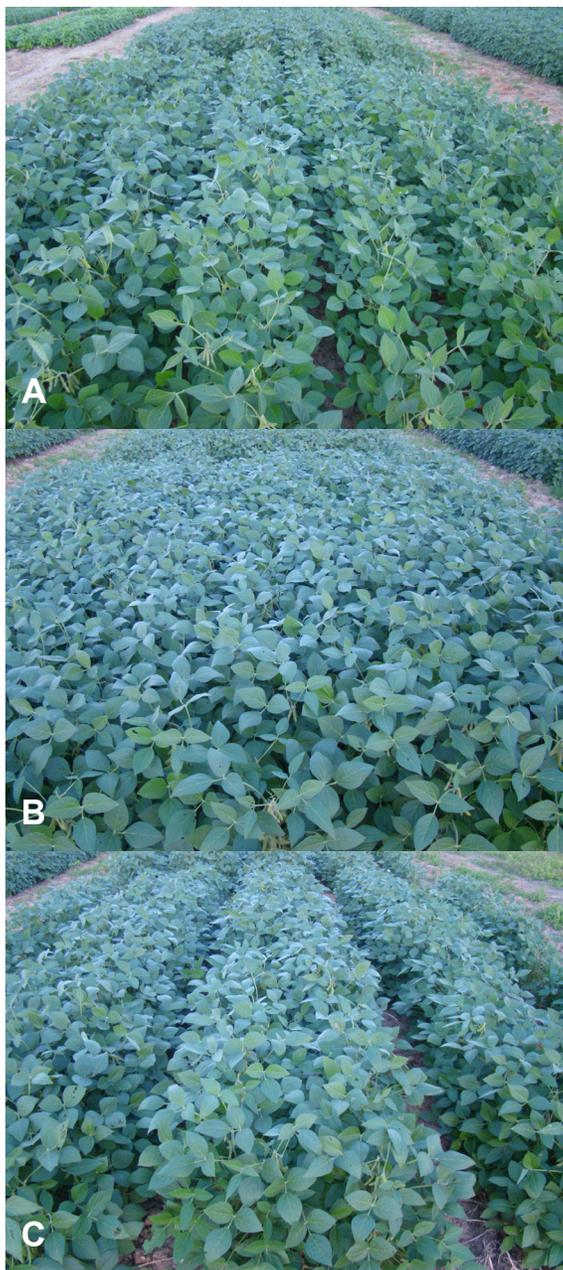
A partir desses resultados, pode ser constatada que a ureia foi o único fertilizante nitrogenado que, quando aplicado via foliar nas doses de 5 ou 10 kg ha⁻¹, não ocasionou reduções no porte das plantas de soja, tanto da cultivar FTS Paragominas RR quanto da cultivar SYN 1281 RR, mostrando, assim, maior segurança para uso nessa modalidade de aplicação.

A altura de inserção da primeira vagem foi avaliada apenas no experimento com a cultivar SYN 1281 RR, conduzido em 2015, sendo verificado que os arranjos de plantas avaliados, bem como as doses de N, não influenciaram a resposta desta variável (Tabela 1). Balbinot Júnior et al. (2015), trabalhando com a cultivar BMX Potência RR (tipo de crescimento indeterminado), também não observaram diferenças na altura de inserção da primeira vagem com a adoção do espaçamento reduzido (30 cm) ou do espaçamento tradicional (45 cm).

A utilização de MAP como fonte nitrogenada acarretou redução na altura de inserção da primeira vagem nas plantas de soja (Tabela 1), fato que pode ser explicado pelas mesmas hipóteses já descritas na análise da altura final

das plantas de soja. O valor médio da altura de inserção da primeira vagem verificado, independentemente dos tratamentos, foi de 8,7 cm. Essa distância muito próxima ao solo dificulta o corte e o recolhimento das vagens durante o processo de colheita mecanizada, sendo uma característica negativa para o uso dessa cultivar na região do Sealba.

Acamamento de plantas apenas foi verificado na cultivar FTS Paragominas RR, no experimento realizado em 2014 (Tabela 1). A cultivar SYN 1281 RR se mostrou altamente resistente ao acamamento quando cultivada na região Agreste do Sealba, independentemente do arranjo de plantas e da aplicação foliar de N na fase reprodutiva. O menor porte das plantas (menor que 60 cm em média) pode explicar a característica desta cultivar em se manter ereta até a sua colheita. Na Figura 3, pode-se visualizar as plantas de soja da cultivar SYN 1281 RR, cultivada nos três arranjos avaliados, sem sinais visuais de acamamento.



Fotos: Sergio de Oliveira Procópio

Figura 3. Plantas de soja da cultivar SYN 1282 RR cultivadas sob três arranjos. A = convencional (50 cm); B = espaçamento reduzido (25 cm); e C = linhas duplas (25/75 cm). Frei Paulo, SE. 2015.

Os diferentes arranjos de plantas, bem como as doses de N utilizadas na fase reprodutiva (R2), não influenciaram no índice de acamamento das plantas de soja provenientes da cultivar FTS Paragominas RR, que apresentou índice de acamamento médio de 1,9, o que equivale a um acamamento de, aproximadamente, 25% das plantas presentes nas parcelas. Contudo, a utilização de sulfato de amônio em aplicação foliar induziu em maior acamamento das plantas de soja, em comparação a ureia ou MAP (Tabela 1). Garcia et al. (2016) não observaram acamamento de plantas de soja em nenhum dos quatro experimentos conduzidos no estado do Mato Grosso do Sul que avaliaram diferentes arranjos de plantas, entre eles o espaçamento reduzido (20 cm), o de linhas duplas (20/60 cm) e o tradicional (45 cm). Segundo esses autores, o acamamento está mais relacionado com a característica da cultivar do que com o efeito de arranjos de plantas.

No experimento realizado com a cultivar FTS Paragominas RR, foi verificado que nenhum dos fatores avaliados (arranjo de plantas, doses de N e fontes de N) influenciaram na produtividade de grãos (Tabela 3). Procópio et al. (2014) também observaram que a semeadura em linhas duplas (19/57 cm) proporcionou produtividade de grãos da cultivar BRS 294 RR, que possui tipo de crescimento determinado, similar aos espaçamentos tradicionais utilizados na cultura da soja. Balbinot Júnior et al. (2016) constataram que a aplicação de 45 kg ha⁻¹ de N em R5.2 não resultou em aumento de produtividade de grãos da soja cultivar BRS 359 RR, que possui tipo de crescimento indeterminado, o que corrobora os resultados aqui encontrados.

Tabela 3. Produtividade e massa de mil grãos de duas cultivares de soja, em função de diferentes arranjos de plantas, fontes e doses de nitrogênio aplicados via foliar no estádio R2 (2014) e R3 (2015). Frei Paulo, SE.

| Variáveis | FTS Paragominas RR (2014) | SYN 1281 RR (2015) | FTS Paragominas RR (2014) | SYN 1281 RR (2015) |
|------------------------|--------------------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|
| | Produtividade (kg ha ⁻¹) | | Massa de mil grãos (g) | |
| Arranjos | | | | |
| 50 cm | 3.351 a | 2.583 a | 175 a | 168 a |
| 25/75 cm | 3.586 a | 2.782 a | 174 a | 171 a |
| 25 cm | 3.512 a | 2.716 a | 167 a | 161 a |
| Doses de N | | | | |
| 0 kg ha ⁻¹ | 3.517 a | 2.760 a | 176 a | 171 a |
| 5 kg ha ⁻¹ | 3.465 a | 2.790 a | 171 a | 169 a |
| 10 kg ha ⁻¹ | 3.467 a | 2.530 b | 168 a | 159 a |
| Fontes de N | | | | |
| Sulfato de amônio | 3.483 a | 2.879 a | 174 a | 172 a |
| Ureia | 3.468 a | 2.956 a | 174 a | 174 a |
| MAP | 3.498 a | 2.296 b | 168 a | 154 b |
| Teste F | | | | |
| Arranjos (a) | 1,491 ^{ns} | 2,992 ^{ns} | 2,256 ^{ns} | 2,817 ^{ns} |
| Doses de N (b) | 0,092 ^{ns} | 5,920* | 2,301 ^{ns} | 4,611 ^{ns} |
| Fontes de N (c) | 0,023 ^{ns} | 34,525* | 1,362 ^{ns} | 13,509* |
| a × b | 0,230 ^{ns} | 2,594 ^{ns} | 0,120 ^{ns} | 3,150 ^{ns} |
| a × c | 0,286 ^{ns} | 12,488* | 0,582 ^{ns} | 3,362 ^{ns} |
| b × c | 0,887 ^{ns} | 1,700 ^{ns} | 1,391 ^{ns} | 1,567 ^{ns} |

* = significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. ^{ns} = não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. MAP = fosfato monoamônico.

A produtividade média do ensaio de 2014 foi de 3.483 kg ha⁻¹, independentemente dos tratamentos aplicados, valor este que está acima da produtividade média nacional da safra 2013/2014 (2.854 kg ha⁻¹) (Acompanhamento..., 2015). Essa significativa produtividade em nível experimental foi obtida em área com cultivo de primeiro ano, que recebeu 295,4 mm de chuva durante todo o ciclo da cultura. Farias et al. (2007) afirmam que a necessidade total de água na cultura da soja para obtenção do máximo rendimento, varia entre 450 a 800 mm por ciclo. Este uso eficiente da água observado pelas plantas de

soja pode ser atribuído a dois fatores. O primeiro fator está relacionado a soja ser cultivada em um solo com 32,5% de argila, o que propicia maior retenção de água; e o segundo ao fato de a soja ser cultivada na região do Sealba em um período de outono/inverno, favorecendo a redução da evapotranspiração.

Interação entre os arranjos de plantas e as fontes de N em relação à produtividade de grãos foi verificado no experimento conduzido em 2015 (Tabela 3). Nesse experimento, não foi verificada alteração na produtividade de grãos entre os diferentes arranjos avaliados, quando se utilizou sulfato de amônio ou MAP como fertilizantes foliares. No entanto, maior produtividade de grãos da cultivar SYN 1281 RR foi observada no arranjo de fileiras duplas (25/75 cm) quando se utilizou ureia, mas não diferindo estatisticamente do arranjo em espaçamento reduzido (25 cm) (Tabela 4). Quando se compara o efeito das fontes de N sobre a produtividade de grãos em 2015, observa-se que a aplicação foliar de MAP acarretou em menores produtividades de grãos, quando se utilizou os arranjos em fileiras duplas (25/75 cm) e em espaçamento reduzido (25 cm) (Tabela 4). O fato de a cultivar SYN 1281 RR ser um material precoce, com ciclo em torno de 105 dias para a região do Sealba, pode explicar os reflexos das injúrias foliares do MAP sobre a produtividade de grãos, pois quanto mais precoce é a cultivar, menor é o tempo disponível para a recuperação da injúria foliar, o que muitas vezes, acaba por refletir negativamente na produtividade.

Em relação às doses de N avaliadas em 2015, a utilização da maior dose (10 kg ha⁻¹) acarretou em prejuízos na produtividade da soja, independentemente do arranjo e da fonte utilizada (Tabela 3).

Tabela 4. Produtividade de grãos de soja em função da interação entre arranjos de plantas e fontes de nitrogênio aplicados via foliar no estádio R3 (cultivar SYN 1281 RR - 2015). Frei Paulo, SE.

| Arranjos | Fontes de N | | |
|--|-------------|------------|-----------|
| | SA | Ureia | MAP |
| Produtividade (kg ha ⁻¹) – cultivar SYN 1281 RR (2015) | | | |
| 50 cm | 2.623 a A | 2.538 b A | 2.587 a A |
| 25/75 cm | 2.893 a A | 3.335 a A | 2.117 a B |
| 25 cm | 3.119 a A | 2.844 ab A | 2.184 a B |

Fonte: SA = sulfato de amônio. MAP = fosfato monoamônico. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna ou maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A produtividade média do ensaio conduzido em 2015 foi de 2.693 kg ha⁻¹, independentemente dos tratamentos aplicados. É importante destacar que a precipitação pluvial total ocorrida durante o ciclo da soja foi de 186,6 mm, volume esse insuficiente para que a cultivar pudesse expressar todo seu potencial genético de produção. Mesmo com essa baixa precipitação pluvial ocorrida durante o ciclo da cultura, a produtividade média ainda ficou próxima a média nacional da safra 2014/2015 que foi de 2.999 kg ha⁻¹ (Acompanhamento..., 2015), o que demonstra, novamente, ser o Agreste do Sealba, provavelmente, uma região que propicia uma elevada eficiência da soja no uso da água.

Como verificado para a produtividade de grãos, a massa de mil grãos da cultivar de soja FTS Paragominas RR não foi influenciada pelas variáveis analisadas (Tabela 3), sendo em média de 172 g. Martins et al. (2020) também verificaram que os arranjos em espaçamento reduzido (20 cm) e em linhas duplas (20/50 cm) não promoveram aumento na massa de mil grãos da soja (cultivar BRS Valiosa RR de hábito determinado) em comparação ao espaçamento de linhas simples (40 cm).

Os arranjos de plantas não modificaram a massa de mil grãos da cultivar de soja SYN 1281 RR (Tabela 3), reforçando a tese de que essa variável tem pouca ou quase nenhuma influência nesse componente da produtividade. No entanto, a aplicação foliar do fertilizante MAP reduziu significativamente a massa de mil grãos dessa cultivar, quando comparado a utilização de sulfato de amônio e de ureia, o que demonstra, mais uma vez, que a queima dos trifólios reduziu a capacidade fotossintética das plantas e, conseqüentemente, refletiu no acúmulo de nutrientes nos grãos da soja.

Conclusões

- A altura das plantas de soja é sensível a alterações no arranjo de plantas.
- A adubação foliar nas doses de 5 e 10 kg ha⁻¹ de N, utilizando sulfato de amônio, ureia ou MAP, na fase reprodutiva (R2 e R3), não promove incrementos na altura de plantas, na massa de grãos e na produtividade da soja cultivada na região Agreste do Sealba.

- A aplicação foliar do fertilizante MAP na dose de 10 kg ha⁻¹, na fase reprodutiva R3, pode ocasionar perdas na produtividade de grãos da soja, resultantes das injúrias foliares acarretadas pela alta concentração do fertilizante.
- A utilização dos arranjos de plantas em espaçamento reduzido ou em linhas duplas não acarreta aumentos no peso de grãos e na produtividade, o que demonstra não ser necessário alterar o espaçamento tradicional de cultivo (50 cm) da soja cultivada na região Agreste do Sealba.

Agradecimentos

Aos técnicos da Embrapa Tabuleiros Costeiros: Arnaldo Santos Rodrigues, Genival de Jesus, Italo Rejmar Alves Vidal, Pablo de Oliveira Melo e Robson Silva de Oliveira.

Referências

- ACOMPANHAMENTO da safra brasileira: grãos. v. 2, n. 11, Décimo segundo levantamento, set. 2015. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos/boletim-da-safra-de-graos?start=50>. Acesso em: 10/dez./2020.
- BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; COSTA, J. M.; KOSINSKI, C. L.; PANISON, F.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Espaçamento reduzido e plantio cruzado associados a diferentes densidades de plantas em soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 5, p. 2977-2986, 2015.
- BALBINOT JUNIOR, A. A.; WERNER, F.; FERREIRA, A. S.; MANDARINO, J. M. G.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Desempenho agrônômico da soja em diferentes densidades de plantas e épocas de aplicação de nitrogênio em sistema de plantio direto. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 59, n. 2, p. 132-137, 2016.
- BARRETO, R. C. S.; ALMEIDA, E. A contribuição da pesquisa para convergência e crescimento da renda agropecuária no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 47, n. 3, p. 719-737, 2009.
- BERNARD, R. L.; CHAMBERLAIN, D. W.; LAWRENCE, R. D. (Ed.). Result of the cooperative uniform soybeans tests. Washington: USDA, 1965. 134 p.
- CALISKAN, S.; ARSLAN, M.; UREMIS, I.; CALISKAN, M. E. The effects of row spacing on yield and yield components of full season and double-cropped soybean. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 31, n. 3, p. 147-154, 2007.
- CLIMATE-DATE. **Dados climáticos para cidades mundiais**. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/>. Acesso em: 25/set./2020.

ACOMPANHAMENTO da safra brasileira: grãos. v. 2, n. 11, Décimo segundo levantamento, set. 2015. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos?start=50>. Acesso em: 10/dez./2020.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: Embrapa Soja. 2007. 9 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 48).

GARCIA, R. A.; RICHETTI, A.; SUTIER, G. A. S. **Arranjos alternativos de plantas de soja: viabilidade técnica-econômica**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2016. 9 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Circular Técnica, 37).

GELAIN, E.; ROSA JUNIOR, E. J.; MERCANTE, F. M.; FORTES, D. G.; SOUZA, F. R.; ROSA, Y. B. C. J. Fixação biológica de nitrogênio e teores foliares de nutrientes na soja em função de doses de molibdênio e gesso agrícola. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 2, p. 259-269, 2011.

HEIFFIG, L. S.; CÂMARA, G. M. S.; MARQUES, L. A.; PEDROSO, D. B.; PIEDADE, S. M. S. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, v. 65, n. 2, p. 285-295, 2006.

KOMATSU, R. A.; GUADAGNIN, D. D.; BORGIO, M. A. Efeito do espaçamento de plantas sobre o comportamento de cultivares de soja de crescimento determinado. **Campo Digit@l**, v. 5, n. 1, p. 50-55, 2010.

MARTINS, P. D. S.; CARMO, E. L.; SILVA, A. G.; PROCÓPIO, S. O.; SIMON, G. A.; ANDRADE, C. L. L. Desempenho de cultivar de soja de crescimento determinado em diferentes arranjos espaciais. **Colloquium Agrariae**, v. 16, n. 5, p. 47-56, 2020.

PETTER, F. A.; PACHECO, L. P.; ALCÂNTARA NETO, F.; SANTOS, G. G. Respostas de cultivares de soja à adubação nitrogenada tardia em solos de cerrado. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 1, p. 67-72, 2012.

PETTER, F. A.; SILVA, J. A.; ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R.; PACHECO, L. P.; ALMEIDA, F. A. Elevada densidade de semeadura aumenta a produtividade da soja? Respostas da radiação fotossinteticamente ativa. **Bragantia**, v. 75, n. 2, p. 173-183, 2016.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: FEALQ. 2009. 451 p.

PROCÓPIO, S. O.; BALBINOT JÚNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Semeadura em fileira dupla e espaçamento reduzido na cultura da soja. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 8, n. 2, p. 212-221, 2014.

RAMBO, L.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F. G. Rendimento de grãos da soja em função do arranjo de plantas. **Ciência Rural**, v. 33, n. 3, p. 405-411, 2003.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

SILVA, A. G.; MARTINS, P. D. S.; CARMO, E. L.; PROCÓPIO, S. O.; BESSA, O. R.; FERREIRA, C. J. B. Cropping systems and soybean plant population in Brazilian Cerrado. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 51124-51135, 2020a.

SILVA, A. G.; MARTINS, P. D. S.; CARMO, E. L.; PROCÓPIO, S. O.; BARCELOS, L. C.; FERREIRA, C. J. B.; BESSA, O. R. Plant arrangement in soybean crops with indeterminate growth in Brazilian Cerrado. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, e1789119639, 2020b.

TECNOLOGIAS de produção de soja. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 347 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 17).



Tabuleiros Costeiros

