

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS DE CURITIBANOS
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
WALTER JOSÉ HECK GOTZ

**INCREMENTO NA ENTRADA DE RADIAÇÃO SOLAR NO PERÍODO
REPRODUTIVO DE PLANTAS DE SOJA**

Curitibanos
2019

WALTER JOSÉ HECK GOTZ

**INCREMENTO NA ENTRADA DE RADIAÇÃO SOLAR NO PERÍODO
REPRODUTIVO DE PLANTAS DE SOJA**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do Título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Samuel Luiz Fioreze

Curitibanos
2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Gotz, Walter José Heck

Incremento na entrada de radiação solar no período
reprodutivo de plantas de soja / Walter José Heck Gotz ;
orientador, Samuel Luiz Fioreze, 2019.

35 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus
Curitibanos, Graduação em Agronomia, Curitibanos, 2019.

Inclui referências.

1. Agronomia. 2. Glycine Max. 3. Fotossíntese. 4.
Radiação solar. 5. Relação fonte-dreno. I. Fioreze, Samuel
Luiz. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação
em Agronomia. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Coordenação do Curso de Graduação em Agronomia
Rodovia Ulysses Gaboardi km3
CP: 101 CEP: 89520-000 - Curitibanos - SC
TELEFONE (048) 3721-2176 E-mail: agronomia.cbs@contato.ufsc.br.

WALTER JOSÉ HECK GOTZ

Incremento na entrada de radiação solar no período reprodutivo de plantas de soja

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Agronomia.

Curitibanos, 27 de Junho de 2019.

Prof. Dra. Elis Borcioni
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Samuel Luiz Fioreze
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Profa. Dra. Ana Carolina da Costa Lara Fioreze
Membro da banca examinadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Thais Lemos Turek
Membro da banca examinadora
Universidade do Estado de Santa Catarina

RESUMO

A busca por incrementos de produtividade na cultura da soja é constante, sendo que as características associadas ao metabolismo fotossintético da cultura têm sido bastante estudadas. Os principais aspectos abordados no estudo do metabolismo de plantas de soja em condições de estresse buscam entender o efeito de situações como a seca, sombreamento ou mesmo a desfolha, demonstrando que a redução no potencial fotossintético da cultura limita sua produtividade. No entanto, pouco se sabe a respeito das respostas de plantas de soja em um ambiente que possa, potencialmente, incrementar sua atividade fotossintética. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi estudar o comportamento produtivo de plantas de soja submetidas a incremento da entrada de radiação solar ao longo do dossel durante seu período reprodutivo. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, em condições de campo, em três áreas, na safra 2017/18, utilizando-se a cultivar de soja NA5909RR. Os tratamentos constaram da abertura de uma ou das duas linhas laterais de uma linha de cultivo, em ângulo de 45°, nos estádios de florescimento pleno (R2) e enchimento de grãos (R5). As linhas permaneceram abertas até o final do ciclo da cultura. As linhas foram abertas com auxílio de estacas e fios de arame, buscando-se aumentar a entrada de radiação solar no dossel das plantas, sem alterar a competição por água e nutrientes em relação às linhas laterais, visto que as plantas laterais continuaram seu desenvolvimento. Cada parcela foi composta por uma linha de cultivo, com um metro de comprimento, espaçada em 0,4 metros em relação às linhas laterais. Ao final do ciclo da cultura, os componentes do rendimento das plantas foram avaliados dividindo-se a planta em porção inferior e superior. O número de vagens, grãos e massa de grãos por planta foram afetados pelos tratamentos testados, com destaque para os tratamentos onde as duas linhas foram abertas no estágio R2. Estes resultados indicam que plantas de soja podem se beneficiar, em termos de produtividade, do aumento da radiação solar disponível ao longo do dossel.

Palavras-chave: *Glycine Max (L.) Merril*. Fotossíntese. Produtividade. Relações fonte-dreno

ABSTRACT

The search for productivity increases in the soybean crop is constant, and the characteristics associated to the photosynthetic metabolism of the crop have been well studied. The main aspects addressed in the study of the metabolism of soybean plants under stress conditions seek to understand the effect of stress situations, such as drought, shading or even defoliation, demonstrating that the reduction in the photosynthetic potential of the crop limits its productivity. However, little is known about the responses of soybean plants in an environment that could potentially increase their photosynthetic activity. In this sense, the objective of this work was to study the productive behavior of soybean plants submitted to the increase of radiation intake during their reproductive period. The experiment was carried out in a randomized block design, under field conditions, in the 2017/18 harvest, using soybean cultivar NA5909RR. The treatments consisted of the opening of one or both lateral lines of a cultivation line, at a 45° angle, in the full flowering stages (R2) and grain filling (R5). The lines remained open until the end of the crop cycle. The lines were opened with the aid of cuttings and wire wires, aiming to increase the entrance of solar radiation in the canopy of the plants, without altering the competition for water and nutrients in relation to the lateral lines, since the lateral plants continued their development. Each plot was composed of a cultivation line, one meter long, spaced 0.4 meters in relation to the lateral lines. At the end of the crop cycle, the components of the production of the plants were evaluated by dividing the plant in the lower and upper portions. The number of pods, grains and grain mass per plant were affected by the treatments tested, especially the treatments where the two lines were opened in the R2 stage. These results indicate that soybean plants can benefit, in terms of productivity, from the increase in radiation available throughout the canopy.

Keywords: *Glycine Max (L.) Merr.* Photosynthesis. Productivity. Source-drain relations.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Pluviosidade e temperatura média do ar, durante a condução do experimento, Curitiba, SC (2018). As setas indicam as épocas de semeadura da soja.....17
- Figura 2 - Localização das três áreas experimentais para o estudo do incremento da entrada de radiação em plantas de soja, destacando o sentido de orientação das linhas de cultivo e trajeto solar no período. Curitiba, SC (2017).....18
- Figura 3 - Aspecto geral dos tratamentos. Testemunha (A), abertura de uma linha (B) e abertura de duas linhas laterais (C). Curitiba, 2017.....20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultado da análise de solo das áreas de implantação dos experimentos na Fazenda Experimental Agropecuária da UFSC, Campus de Curitibanos.....16

Tabela 2 - Altura de inserção da primeira vagem (AI) e altura de plantas (AP) de soja, NA5909RR, em função da área de cultivo e abertura das linhas de cultivo para o incremento da entrada de radiação. Curitibanos (SC), 2018.....22

Tabela 3 - Número de vagens (NV), número total de grãos (NG), número de grãos por vagem (NGV), massa de grãos (MG) e peso de mil grãos (M1000) da porção inferior e superior de plantas de soja NA5909RR em função da área e abertura das linhas de cultivo para o incremento da entrada de radiação. Curitibanos (SC), 2018.....24

Tabela 4 - Número de vagens (NV), número total de grãos (NG), número de grãos por vagem (NGV), massa de grãos (MG), peso de mil grãos (M1000) e produtividade (PROD) de plantas de soja NA5909RR em função da área e abertura das linhas de cultivo para o incremento da entrada de radiação. Curitibanos (SC), 2018.....26

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 JUSTIFICATIVA.....	11
1.2 OBJETIVOS.....	11
1.2.1 Objetivo geral.....	11
1.2.2 Objetivos específicos.....	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 A CULTURA DA SOJA.....	12
2.2 COMPONENTES DO RENDIMENTO E A PRODUTIVIDADE DA SOJA.....	13
2.3 RADIAÇÃO SOLAR E A PRODUTIVIDADE DA SOJA.....	14
3 MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	16
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	17
3.3 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	20
3.4 AVALIAÇÕES.....	21
3.5 ANÁLISE DOS DADOS.....	21
4 RESULTADO E DISCUSSÃO	22
5 CONCLUSÃO	29
REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max L. Merril*) apresenta extrema relevância no agronegócio brasileiro, e de acordo com dados da Companhia Nacional de Abastecimento (2019), a safra 2017/2018 foi de 117 milhões de toneladas, quase o dobro do produzido há uma década. Esse ganho de produção é decorrente do aumento das áreas cultivadas, avanços genéticos e do incremento da produtividade pela utilização de novas tecnologias (KOESTER et al., 2014). O ganho proporcionado pelo melhoramento genético foi responsável por grande parte do incremento de produtividade nas últimas décadas, porém, pelo fato da cultura possuir alto nível de seleção genética está cada vez mais difícil selecionar genótipos que apresentem características que proporcionem ganhos relevantes em produtividade (NAVARRO JUNIOR; COSTA, 2002). No entanto, o potencial de rendimento dos materiais genéticos cultivados acaba não sendo expresso em função de limitações ambientais que atuam em diferentes estádios de desenvolvimento, os quais refletem no rendimento final esperado da cultura (BRONDANI; BRONDANI; RANGEL, 2003).

A produtividade na cultura da soja é definida em função da interação entre o número de vagens por planta, número de grãos por vagem e o peso médio de grãos (FAGERIA et al., 2006), sendo estes definidos por fatores genéticos e ambientais como disponibilidade de nutrientes, concentração endógena de alguns hormônios vegetais (LIU; JENSEN; ANDERSEN, 2004) e disponibilidade de radiação solar (SCHOU et al., 1978). A radiação solar é um dos principais fatores limitantes ao crescimento e desenvolvimento das plantas (TAIZ; ZIEGER, 2009), pois dela é proveniente a energia utilizada para produção de fotoassimilados via processo fotossintético, podendo sua escassez, em última análise, resultar na redução da fixação de estruturas reprodutivas (HEIDEL; BRUN, 1983; ANTOS; WIEBOLD, 1984; NONOKAWA et al., 2012).

É possível que a limitação de disponibilidade de radiação solar ao longo do dossel de plantas de soja durante a fase reprodutiva seja um fator que limite o potencial produtivo da cultura. Desta forma, é importante conhecer a resposta produtiva de plantas de soja submetidas ao incremento na entrada de radiação solar ao longo do dossel.

1.1 JUSTIFICATIVA

A busca por incrementos de produtividade na cultura da soja é constante, sendo que as características associadas ao metabolismo fotossintético da cultura têm sido bastante estudadas. Os principais aspectos abordados no estudo do metabolismo de plantas de soja buscam entender o efeito de situações limitantes como a seca, sombreamento ou mesmo a desfolha, demonstrando que a redução no potencial fotossintético da cultura limita sua produtividade. No entanto, pouco se sabe a respeito das respostas produtivas de plantas de soja em um ambiente que possa, potencialmente, incrementar sua atividade fotossintética. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi estudar o comportamento produtivo de plantas de soja submetidas a incremento da entrada de radiação solar ao longo do dossel durante seu período reprodutivo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar o comportamento produtivo de plantas de soja submetidas ao incremento de radiação solar ao longo do dossel durante seu período reprodutivo.

1.2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a altura de plantas de soja e inserção da primeira vagem em função do incremento de radiação solar ao longo do dossel;
- Avaliar os componentes do rendimento na porção inferior de plantas de soja em função do incremento de radiação solar ao longo do dossel;
- Avaliar os componentes do rendimento na porção superior de plantas de soja em função do incremento de radiação solar ao longo do dossel;
- Avaliar a produtividade de plantas de soja em função do incremento de radiação solar ao longo do dossel.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A CULTURA DA SOJA

A soja (*Glycine max L. Merril*) é uma planta anual, herbácea, que apresenta folhas alternas compostas por três folíolos, pertencente à classe das dicotiledôneas e família Fabaceae (SHIBLES et al. 1975). Apresenta sistema radicular pivotante com raiz principal bem desenvolvida e elevado número de raízes secundárias. Originária da Ásia, a soja é considerada uma das culturas agrícolas mais antigas (EMBRAPA, 2004).

A cultura da soja chegou ao Brasil via Estados Unidos da América no ano de 1882. Nessa época, assim como nos EUA, era usada como espécie forrageira, sendo ocasionalmente utilizada para produção de grãos. A cultura começou a ter maior relevância econômica no Brasil no fim da década de 60 por conta da viabilidade técnica como cultura de sucessão de verão ao trigo, principal cultura de inverno no Sul do Brasil na época, e pela demanda por farelo de soja devido ao esforço nacional para produção de suínos e aves. Esses fatores colocaram a cultura da soja, ainda no ano de 1966, como cultura de necessidade estratégica, sendo produzidas cerca de 500 mil toneladas no País (EMBRAPA, 2004). Hoje, a soja está entre as culturas mais importantes na economia mundial, ocupando uma área de aproximadamente 125 milhões de hectares (USDA, 2019). Seus grãos são usados pela indústria para produção de óleo vegetal, ração animal, indústria química, produtos alimentícios e fabricação de biocombustível.

A produtividade média da cultura no Brasil é de aproximadamente $3300\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ e ocupa uma área de aproximadamente 35 milhões de hectares. Os principais estados produtores do grão no Brasil são Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul respectivamente, que juntos produzem 68 milhões de toneladas de grãos, 58% da produção nacional (CONAB, 2019). O estado de Santa Catarina produziu na safra 2017/2018 aproximadamente 2,5 milhões de toneladas, aumento de 2% se comparado à safra anterior (EPAGRI, 2019).

Estudos da CONAB (2017) indicam que a produtividade da cultura da soja no Brasil teve pouco incremento na última década e que essa barreira deve ser vencida em busca da exploração do potencial de produtividade da cultura.

2.2 COMPONENTES DO RENDIMENTO E A PRODUTIVIDADE DA SOJA

A produtividade na cultura da soja é definida em função da relação entre o número de vagens por planta, número de grãos por vagem e o peso médio de grãos, sendo esses denominados componentes do rendimento. Isoladamente os componentes do rendimento não afetam a produtividade, mas sim de maneira conjunta. A produtividade na cultura da soja é resultante da interação de todos os seus componentes do rendimento e, geralmente, o aumento em um dos componentes resulta na diminuição de outro, implicando em dificuldades no aumento da produtividade (FAGERIA et al., 2006). Segundo Thomas e Costa (2010) o número de vagens é o componente mais maleável na composição do rendimento, visto que o aumento do número de vagens acarreta no aumento do número de grãos, e este último é o componente que mais influencia no rendimento. Já o número de grãos por vagem apresenta baixa maleabilidade, sendo bastante limitado para o estabelecimento de alto número de grãos por planta em condição de baixo número de vagens, pois raramente o número de grãos por vagem é maior que três. Logo, a formação, fixação e desenvolvimento de vagens tem papel relevante no rendimento de grãos, pois determinam o número de vagens por área ou planta e conseqüentemente o número de grãos. O baixo número de grãos por planta acarreta em maior peso de grãos, afinal a disponibilidade de fotoassimilados para cada grão é maior (HERBERT; LITCHFIELD, 1982).

A compreensão dos fatores que potencialmente alteram os componentes do rendimento e a produtividade da soja é de interesse de toda cadeia produtiva, pois permite a seleção de materiais genéticos com maior potencial de produtividade e o aprimoramento de práticas de cultivo para alcançar o potencial de produtividade. O potencial de produtividade da cultura da soja é determinado por fatores genéticos e fatores ambientais (HEIFFIG, 2002) e é definido como a produtividade obtida em condições onde se busca eliminar os fatores limitantes ao desenvolvimento das plantas, como deficiências nutricionais, pragas, doenças, plantas invasoras, excesso ou falta de água durante o ciclo da cultura e déficit de radiação solar (EVANS, 1993; SCHOU, 1978).

2.3 RADIAÇÃO SOLAR E A PRODUTIVIDADE DA SOJA

A radiação solar incidente na superfície terrestre é a principal fonte de energia para o desenvolvimento dos vegetais (PETTER et al., 2016) e sua disponibilidade é um dos principais fatores limitantes ao crescimento e desenvolvimento das plantas, pois dela é proveniente a energia para a realização da fotossíntese (TAIZ; ZIEGER, 2009). Na cultura da soja, a radiação solar está relacionada com a fotossíntese, ramificações, alongação da haste principal, fixação de vagens, expansão foliar e fixação biológica de nitrogênio (CÂMARA, 2000).

Os comprimentos das ondas eletromagnéticas (380 a 710 nm) com capacidade de aproveitamento pelas plantas para conversão de energia física em energia química são denominados Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) (PETTER et al., 2016). A interceptação e eficiência no uso da radiação variam entre as espécies por conta das distintas características morfológicas e fisiológicas, podendo ainda variar de acordo com o manejo. Como parâmetro de eficiência de interceptação de radiação é usado o coeficiente de extinção luminosa (k) que mede o grau de extinção da radiação ao adentrar no dossel das plantas (FAGUNDES et al., 2001). A radiação tem distribuição ao longo do dossel influenciada negativamente pelo índice de área foliar (IAF), ou seja, a quantidade de luz num determinado nível do dossel reduz exponencialmente com o aumento do IAF (PETTER et al., 2016), mas somente até determinado valor, pois as folhas começam a se autossombreamos até atingir o IAF crítico, ou seja, novas áreas foliares não resultam em maior interceptação de radiação (ALAMBERT, 2010).

Estudos avaliando densidade populacional apontam que o aumento da densidade populacional provoca maior competição por radiação e conseqüentemente maior autossombreamento (OLIVEIRA, 2010). Nessa condição, à medida que se adentra no dossel a penetração da radiação diminui, aumenta o autossombreamento e, conseqüentemente, os valores de k se elevam (CASAROLI et al., 2007). Desta forma, a intensidade luminosa a certa profundidade no dossel pode atingir valores abaixo do ponto de compensação luminosa tornando o balanço de assimilação negativa, ou seja, a respiração excede a assimilação bruta de CO_2 , podendo provocar a senescência precoce das folhas dessa porção, acarretando em abortamento de vagens inferiores e, potencialmente, diminuindo a produtividade da cultura (PURCELL et al., 2002). Por outro lado, plantas com ramos e folhas mais

eretas são mais eficientes no uso da radiação solar, pois permitem maior penetração de luz, podendo resultar em maior atividade fotossintética nas folhas baixas (CASAROLI et al., 2007; FLOSS., 2004; SPADER., 2014) que potencialmente poderão fornecer maior quantidade de fotoassimilados para os drenos (SHILBES; WEBER, 1965) podendo aumentar o rendimento da cultura (THOMAS; COSTA, 2010) .

Fioreze (2013) ao estudar os efeitos do sombreamento na cultura da soja concluiu que plantas de soja submetidas a sombreamento têm seu metabolismo fotossintético limitado; menor transpiração foliar e menor taxa de assimilação de carbono e conseqüentemente menor número de vagens por planta, número de grãos por planta e massa de grãos. Ademais, Schou et al (1978) ao estudar o efeito do incremento de radiação solar em plantas de soja concluiu que quando submetidas ao incremento de radiação com uso de refletores aluminizados instalados em ângulo de 45° na entrelinha da cultura durante o fim da floração até a metade do período de formação da vagem tiveram aumento do número de vagens e número de grãos. Ao que se parece, a radiação adicional fornecida pode ter sido suficiente para preservar ou aumentar o metabolismo fotossintético das folhas baixas, evitando sua senescência habitual de quando submetidas ao autossombreamento e, conseqüentemente, permitindo que nós inferiores fixassem mais vagens e conseqüentemente mais grãos. Com base nesses resultados, há indícios que exista uma possível relação de causa e efeito onde o sombreamento seja um limitante do potencial produtivo e o incremento de radiação reduza ou anule essa limitação.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido em três áreas na Fazenda Experimental Agropecuária da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) na safra agrícola 2017/2018, localizada a 27° 16' 26,55" de latitude Sul e a 50° 30' 14,11" de longitude Oeste com uma altitude média em relação ao nível do mar de 1000 metros, situada no município de Curitibanos, estado de Santa Catarina. O clima da região é classificado como temperado (mesotérmico úmido e verão ameno), segundo classificação de Köppen (1928). A pluviosidade anual se aproxima dos 1600 mm e possui temperatura média de 15°C. O solo da área experimental é classificado como CAMBISSOLO HÁPLICO típico de textura argilosa, cujos atributos químicos determinados através da análise de solo são apresentados na Tabela 1. Os valores de temperatura média e o regime de chuvas no período do experimento são apresentados na Figura 1.

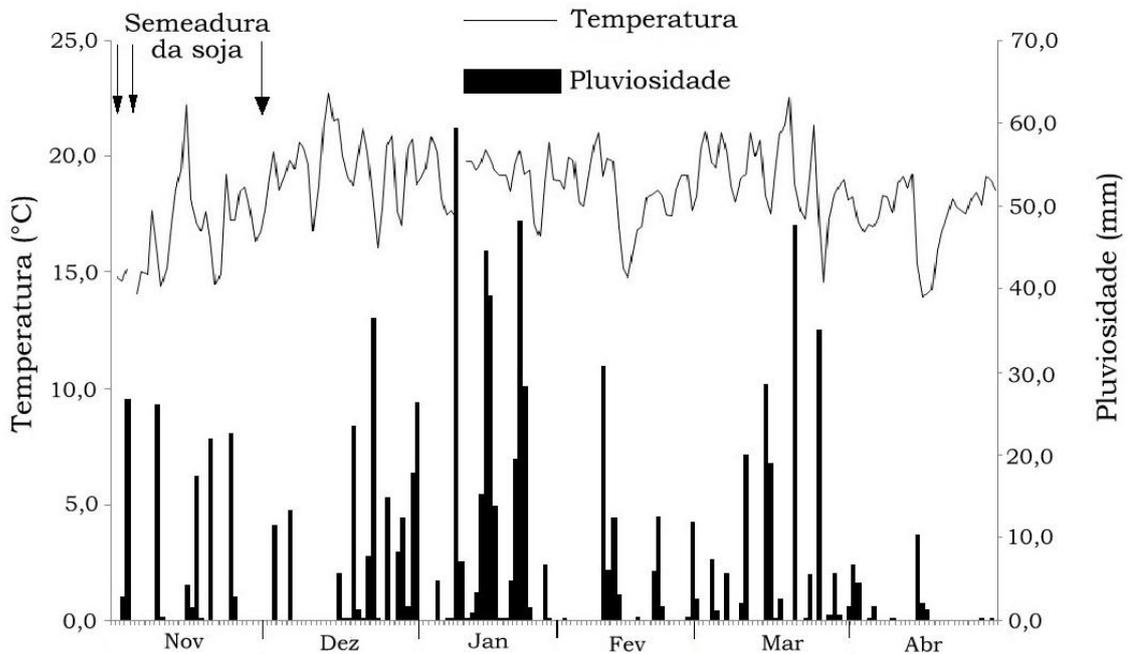
Tabela 1 - Resultado da análise de solo das áreas de implantação dos experimentos na Fazenda Experimental Agropecuária da UFSC, Campus de Curitibanos, 2017.

Área	pH	Ca	Mg	Al	H+Al	K	SB
-----cmol dm ⁻³ -----							
1-2	6,7	13,3	5,2	0,0	1,8	0,19	18,68
3	4,7	2,6	1,8	2,5	15,4	0,45	4,94
	Sat.Al	V	MO	SMP	P	Cu	Fe
-----%-----		-----mg dm ⁻³ -----					
1-2	0,0	91,0	3,3	46,8	13,1	-	-
3	35,0	24,3	4,3	4,9	2,0	2,65	7,5

Metodologias: M.O. digestão úmida; P, K, Cu, Fe e Mn extraídos com solução de Mehlich⁻¹; pH em CaCl₂1:2,5

O experimento foi conduzido em áreas com diferentes níveis de fertilidade e com datas de semeaduras distintas. As áreas 1 e 2, por se tratarem de áreas vizinhas e com manejo similar ao longo dos anos foi realizado uma análise de solo composta entre as áreas. Já a área 3, por se tratar de uma área com histórico de manejo distinto foi realizado uma análise de solo simples. O resultado da análise de solo aponta limitação química por acidez de solo na área 3.

Figura 2 - Pluviosidade e temperatura média do ar, durante a condução do experimento, Curitibaanos, SC (2018).

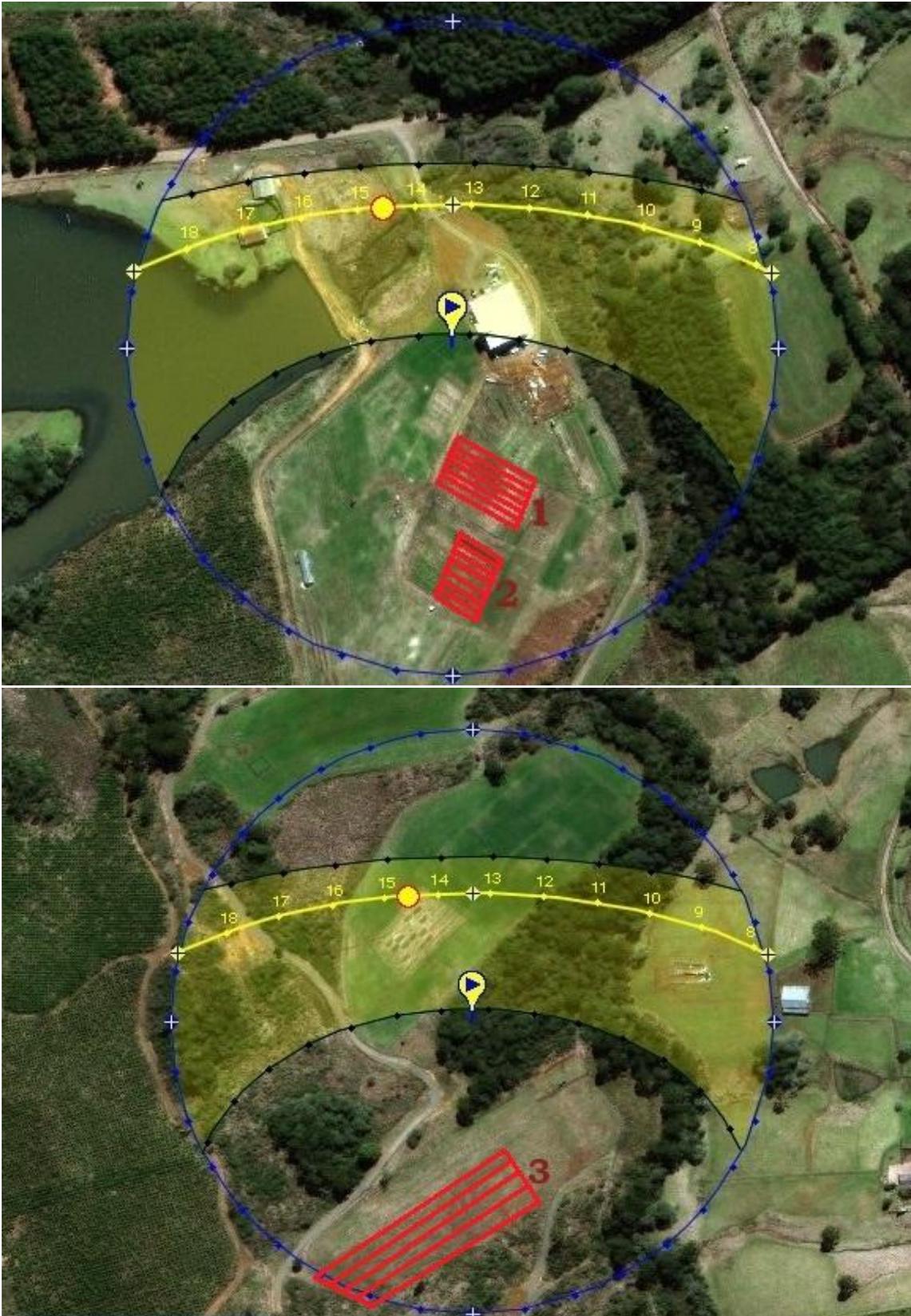


As setas indicam as épocas de semeadura da soja. A pluviosidade acumulada no período, entre a semeadura e a colheita foi de: 765,5mm para a área 1; 906,2mm para a área 2 e 876,2mm para a área 3. Fonte: INMET, (2018).

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, em condições de campo, na safra 2017/18, utilizando-se a cultivar de soja NA5909RR, grupo de maturação 6.9 e hábito de crescimento indeterminado. O mesmo experimento foi conduzido em três áreas com datas de semeaduras e níveis de fertilidade distintos. As datas de semeadura foram: área 1 dia 07/12/2018; área 2 dia 03/11/2017 e área 3 dia 07/11/2017. A localização das áreas, orientação da linha de cultivo e trajeto solar estão ilustrados na Figura 2.

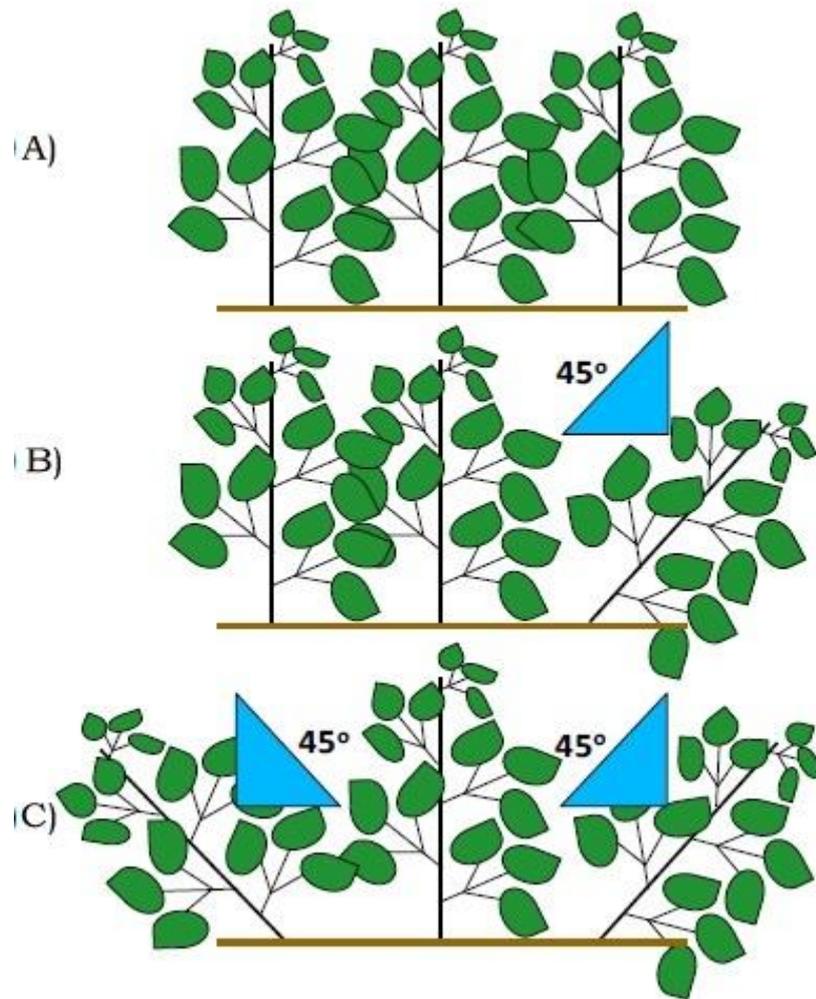
Figura 2 – Localização das três áreas experimentais para o estudo do incremento da entrada da radiação em plantas de soja, destacando o sentido de orientação das linhas de cultivo e trajeto solar no período. Curitibaanos, SC (2017).



Fonte: Google Maps, 2017

Para as três áreas de cultivo, foram estudados cinco tratamentos determinados da seguinte forma: ausência de incremento de radiação solar (Testemunha); incremento na entrada de radiação solar pela abertura de uma linha lateral no estádio R2 (1 linha em R2); incremento na entrada de radiação solar pela abertura das duas linhas laterais no estádio R2 (2 linhas em R2); incremento na entrada de radiação solar pela abertura de uma linha lateral no estádio R5 (1 linha em R5) e incremento na entrada de radiação solar pela abertura das duas linhas laterais no estádio R5 (2 linhas em R5), com quatro repetições. Cada parcela foi composta por três linhas de cultivo com um metro, espaçadas entre si em 40 cm. Considerou-se como parcela útil a linha central. As linhas foram abertas com auxílio de estacas e fios de arame, buscando-se aumentar a entrada de radiação solar no dossel das plantas com ângulo de 45°, sem alterar a competição por água e nutrientes em relação às linhas laterais, visto que as plantas laterais continuaram seu desenvolvimento (Figura 3). As linhas permaneceram abertas até o final do ciclo da cultura.

Figura 3 - Aspecto geral dos tratamentos. Testemunha (A), abertura de uma linha (B) e abertura de duas linhas laterais (C). Curitibaanos, 2017.



Fonte: O autor

3.3 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi implantado em condições de campo, em sistema de semeadura direta sobre palhada de aveia preta. A densidade populacional usada foi 350 mil plantas ha^{-1} , arranjadas em 14 plantas por metro com linhas espaçadas 0,4m entre si. Antes da semeadura, a área passou por uma dessecação com Glyphosate (Roundup[®]) + Tepraloxidim (Aramo[®]). Utilizou-se um trator John Deere, modelo 5085E e semeadora-adubadora Vence Tudo, modelo SA 11500 para semeadura e adubação. Na adubação da cultura, para todas as áreas, foi realizada adubação de base com adubo comercial formulado 02-20-20 na quantidade de 300 kg ha^{-1} . Na

área 3, por se tratar de uma área sem histórico de cultivo de soja e por ter sido usado sementes não inoculadas foi aplicado adubo 45-0-0 em cobertura na quantidade de 535 kg ha^{-1} em duas aplicações, 50% no estágio vegetativo e 50% no início da floração (R1). Os demais tratos culturais com relação às pragas, doenças e plantas daninhas procedeu-se conforme necessidade da cultura.

3.4 AVALIAÇÕES

Quando a cultura atingiu a maturação foi avaliada a altura de plantas e altura de inserção da primeira vagem. Para essas avaliações foram amostradas cinco plantas de cada parcela.

Ao fim do ciclo da cultura, com auxílio de uma tesoura de poda foi realizada a colheita das quatorze plantas da parcela útil para avaliação dos componentes do rendimento. A fim de compreender o comportamento produtivo ao longo do dossel de plantas de soja os componentes do rendimento foram avaliados dividindo-se a planta em porção inferior e superior.

A separação e contagem das vagens e a debulha e contagem de grãos foram realizados manualmente. Para a quantificação dos componentes do rendimento todas as plantas da parcela foram usadas. O número de grãos por vagem foi definido em função do número total de grãos e número total de vagens. O peso de grãos foi quantificado após secagem do material em estufa de circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas.

3.5 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste F ($p < 0,05$). Com base no critério de homogeneidade dos quadrados médios dos resíduos, entre as três áreas, foi realizada a análise conjunta dos experimentos. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Para análise dos dados foi utilizado o programa estatístico Sisvar 5.6.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

Para a altura de inserção da primeira vagem e altura de plantas de soja, após a análise conjunta dos três experimentos, não se observou interação entre áreas de cultivo e os tratamentos estudados (Tabela 2). Contudo, variações para os fatores isolados foram observadas.

Tabela 2 - Altura de inserção da primeira vagem (AI) e altura de plantas (AP) de soja, NA5909RR, em função da área de cultivo e abertura das linhas de cultivo para o incremento da entrada de radiação. Curitibaanos (SC), 2018.

Área (A)	AI (cm)	AP (cm)
1	28,00 b	109,95 b
2	28,76 b	119,31 a
3	31,54 a	88,58 c
<i>p</i>	0,01	0,00
dms	2,68	4,20
Tratamento (T)	AI (cm)	AP (cm)
Testemunha	34,65 a	109,10 a
1 Linha em R2	27,83 b	104,40 ab
1 Linha em R5	29,75 b	104,98 ab
2 Linhas em R2	26,03 b	102,50 b
2 Linhas em R5	28,90 b	108,75 ab
<i>p</i>	0,00	0,02
dms	4,07	6,37
AxT (<i>p</i>)	0,30	0,69
CV (%)	11,79	5,13

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). dms: diferença mínima significativa, pelo teste de Tukey.

Em relação às áreas, a menor altura de plantas de soja ocorreu na área 3. É muito provável que, por se tratar de uma área com pH baixo e deficiência nutricional a altura de plantas de soja tenha sido influenciada negativamente. Segundo Carvalho (2014) a altura de plantas de soja é uma característica que varia em função da época de semeadura, espaçamento entre plantas, disponibilidade hídrica e outras condições do meio ambiente, como os níveis de fertilidade do solo. Duarte et al (2015) avaliando altura de plantas de soja da cultivar Anta 82 em função de níveis de adubação no município de Jataí-GO concluiu que maiores plantas de soja são obtidas com o aumento dos níveis de adubação. Apesar de a área 3 ter apresentado a menor altura entre as áreas, também houve diferença de altura de

plantas se comparadas as áreas 1 e 2. Ambas têm o mesmo nível de fertilidade, sendo a provável causa de variação de altura de plantas a época de semeadura. A área 2 foi semeada no dia 03/11/2017, logo teve mais tempo de período vegetativo até atingir o estímulo ao florescimento se comparado as plantas de soja da área 1 que foram semeadas no dia 07/12/2017. Afinal, quanto menor a duração da exposição das plantas a fotoperíodos longos, mais precoce será o florescimento (JIANG et al., 2011), sofrendo também influência da temperatura.

Para as três áreas de cultivo, a maior altura de inserção da primeira vagem foi no tratamento testemunha, provavelmente pelo fato dos trifólios dos nós inferiores terem acesso reduzido à radiação solar a fixação foi comprometida, pois as vagens dependem majoritariamente de fotoassimilados produzidos pelo trifólio mais próximo (DAVIES, 1995) e a menor radiação solar disponível nesse tratamento pode ter levado a uma redução na fotossíntese dos trifólios inferiores e conseqüente menor disponibilidade de assimilados para as vagens que destes dependem. É muito provável que o incremento de radiação nos tratamentos com linhas abertas tenha aumentado a assimilação de carbono e a produção de fotoassimilados e conseqüentemente a fixação de vagens, explicando a altura de inserção da primeira vagem menor quando comparado ao tratamento testemunha. Wetsgate e Peterson (1993) demonstraram que a disponibilidade de assimilados nos primeiros três dias após a antese é determinante para a fixação de flores na cultura da soja. Desta forma, o incremento na entrada de luz nos trifólios do terço inferior parece ter aumentado a disponibilidade de assimilados para flores inseridas nos racemos destes nós.

A altura de plantas de soja foi menor para o tratamento com abertura de duas linhas no estágio R2, pois, provavelmente a menor competição por radiação solar com as plantas “vizinhas” e o espaço liberado pela abertura das linhas fez com que o crescimento em busca de radiação tenha sido lateralizado. Alguns trabalhos avaliando densidade populacional de plantas de soja sugerem que menores densidades proporcionam maior quantidade de radiação solar ao longo do dossel, o que acarreta em menor disputa por esse recurso e conseqüentemente menor alongação do caule se comparado a altas densidades populacionais (LINZMEYER JUNIOR et al., 2008; MAUAD et al., 2010; PRICINOTTO; ZUCARELLI, 2014), condição similar a abertura das linhas laterais no experimento.

Para os componentes de rendimento na porção inferior e superior de plantas de soja, após a análise conjunta dos três experimentos, não se observou interação entre áreas de cultivo e os tratamentos estudados (Tabela 3). Contudo, variações para os fatores isolados foram observadas.

Tabela 3 - Número de vagens (NV), número total de grãos (NG), número de grãos por vagem (NGV), massa de grãos (MG) e peso de mil grãos (M1000) da porção inferior e superior de plantas de soja NA5909RR em função da área e abertura das linhas de cultivo para o incremento da entrada de radiação. Curitiba (SC), 2018.

Porção inferior					
Área (A)	NV	NG	NGV	MG (g)	M1000 (g)
1	17,00 a	33,19 a	1,95 c	3,75 b	112,04 c
2	13,92 b	28,64 b	2,06 b	4,34 a	151,59 b
3	6,31 c	13,59 c	2,16 a	2,18 c	159,71 a
<i>p</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
dms	1,91	3,82	0,06	0,54	6,45
Tratamento (T)	NV	NG	NGV	MG (g)	M1000 (g)
Testemunha	10,25 c	20,58 c	2,02	2,70 c	135,45 b
1 Linha em R2	12,11 abc	24,46 bc	2,07	3,25 bc	136,17 b
1 Linha em R5	11,17 bc	22,84 bc	2,08	3,03 c	139,86 b
2 Linhas em R2	14,82 a	30,33 a	2,08	4,14 a	142,90 ab
2 Linhas em R5	13,70 ab	27,49 ab	2,04	4,00 ab	151,20 a
<i>p</i>	0,01	0,01	0,35	0,00	0,00
dms	2,90	5,79	0,1	0,81	9,78
AxT (<i>p</i>)	0,07	0,07	0,91	0,00	0,12
CV (%)	19,94	19,65	4,05	20,28	5,92
Porção superior					
Área (A)	NV	NG	NGV	MG (g)	M1000 (g)
1	46,14 a	97,25 a	2,11 c	12,17 b	125,29 c
2	39,95 b	92,53 a	2,32 b	14,72 a	158,79 b
3	28,50 c	68,76 b	2,41 a	11,93 b	173,26 a
<i>p</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
dms	3,8	8,99	0,07	1,41	4,92
Tratamento (T)	NV	NG	NGV	MG (g)	M1000 (g)
Testemunha	36,70	82,85	2,28	12,12 b	148,00 b
1 Linha em R2	37,40	84,35	2,27	12,57 ab	150,59 ab
1 Linha em R5	35,97	81,42	2,28	12,03 b	150,32 ab
2 Linhas em R2	41,07	93,46	2,30	14,36 a	156,82 a
2 Linhas em R5	39,83	88,82	2,26	13,63 ab	156,49 a
<i>p</i>	0,08	0,10	0,78	0,02	0,01
dms	5,75	13,64	0,11	2,14	7,46
AxT (<i>p</i>)	0,31	0,37	0,70	0,22	0,07
CV (%)	12,85	13,5	4,04	14,09	4,18

As condições de fertilidade da área 1 e 2 são iguais, porém o número de vagens foi superior na área 1, possivelmente por conta da data de semeadura, 35 dias mais tarde. É possível que, pelo fato das plantas da área 1 terem atingido o estágio de florescimento pleno (R2) com as linhas ainda sem fechar, por conta da data de semeadura, a radiação solar ao longo do dossel quando comparado as outras áreas que atingiram o mesmo estágio com as linhas já fechadas, tenha influenciado na determinação desse componente do rendimento, afinal, maior fornecimento de radiação ao longo do dossel, principalmente na porção inferior, aumenta a fixação de vagens (LIU; JENSEN; ANDERSEN, 2004), podendo ter efeito sobre o número de grãos, conseqüentemente. Algumas relações conhecidas entre os componentes do rendimento foram observadas. O número de grãos teve relação com o número de vagens, maior número de vagem acarretou em maior número de grãos. Nas áreas onde o número de vagens foi inferior houve aumento no número de grãos por vagem e aumento no peso de mil grãos. A massa total de grãos foi maior na área 2 em função da interação do peso do número total de grãos e peso médio de grãos.

Comparando os tratamentos, para a porção inferior das plantas, o número de vagens e grãos foi maior nos tratamentos com abertura das linhas laterais, com destaque para a abertura de duas linhas em R2. O incremento de radiação solar pela abertura de duas linhas de cultivo influenciou positivamente o peso de mil grãos. A interação entre o aumento do número total de grãos e aumento do peso de mil grãos proporcionou aumento da massa total de grãos na porção inferior de plantas de soja nos tratamentos com abertura de duas linhas. Já para a porção superior de plantas não houve diferença entre os tratamentos para número de vagens, número de grãos e número de grãos por vagem. A testemunha teve menor massa de mil grãos e massa total de grãos.

O incremento na entrada de radiação, principalmente durante o florescimento pleno (R2), melhorou o processo de fixação de vagens no terço inferior das plantas. Para o terço superior este efeito não foi observado, em virtude de ser uma porção da planta que naturalmente tem acesso mais cedo à radiação. O incremento na entrada de radiação, principalmente no enchimento de grãos (R5), provocou aumento na massa de grãos. Muitos autores consideram que a disponibilidade e suprimento de carboidratos no período reprodutivo desempenham um papel importante referente

aos componentes de produtividade, como o número final de flores formadas, o número total de vagens de soja maduras e grãos desenvolvidos (SINCLAIR; WITT, 1976; STREETER; JEFFERS, 1979; ANTOS; WIEBOLD, 1984; DYBING et al., 1986; STOCKMAN; SHIBLES, 1986; DYBING, 1994; JIANG; EGLI, 1993; HAYATI; KARAMI 1999; LIU; JENSEN; ANDERSEN, 2004).

Para os componentes de rendimento, na planta inteira, após a análise conjunta dos três experimentos, não se observou interação entre áreas de cultivo e os tratamentos estudados (Tabela 4). Contudo, variações para os fatores isolados foram observadas.

Tabela 4 - Número de vagens (NV), número total de grãos (NG), número de grãos por vagem (NGV), massa de grãos (MG), peso de mil grãos (M1000) e produtividade (PROD) de plantas de soja NA5909RR em função da área e abertura das linhas de cultivo para o incremento da entrada de radiação. Curitiba (SC), 2018.

Área (A)	NV	NG	NGV	MG (g)	M1000 (g)	PROD (kg ha ⁻¹)
1	63,13 a	130,44 a	2,07 c	15,92 b	121,98 c	5571,8 b
2	53,87 b	121,17 a	2,25 b	19,06 a	157,09 b	6671,7 a
3	34,80 c	82,35 b	2,37 a	14,11 c	171,11 a	4938,4 c
<i>p</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
dms	4,92	11,28	0,51	1,72	5,08	602,69
Tratamento (T)	NV	NG	NGV	MG (g)	M1000 (g)	PROD (Kg ha ⁻¹)
Testemunha	46,95 b	103,43 b	2,23	14,82 c	145,58 b	5186,1 c
1 Linha em R2	49,51 ab	108,81 ab	2,22	15,82 bc	147,65 ab	5535,8 bc
1 Linha em R5	47,14 b	104,26 b	2,24	15,06 bc	148,26 ab	5269,9 bc
2 Linhas em R2	55,88 a	123,79 a	2,24	18,50 a	153,50 a	6473,8 a
2 Linhas em R5	53,52 ab	116,31 ab	2,21	17,63 ab	155,31 a	6171,3 ab
<i>p</i>	0,01	0,01	0,68	0,00	0,01	0,00
dms	7,46	17,11	0,08	2,61	7,7	912,25
AxT (<i>p</i>)	0,15	0,18	0,85	0,12	0,08	0,12
CV (%)	12,57	13,11	2,96	13,59	4,38	13,59

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). dms: diferença mínima significativa, pelo teste de Tukey.

Comparando as áreas, o número de vagens foi maior na área 1 para ambas as porções analisadas, logo para a planta inteira o comportamento se manteve. O número de grãos por vagem seguiu a mesma dinâmica de quando analisou-se as porções, ou seja, o número de grãos por vagem foi maior na área onde o número de vagens foi menor. O maior número de grãos por planta, por conta da interação entre

o número de vagens e o número de grãos por vagem, foi alcançado nas áreas 1 e 2. O número total de grãos na área 1, apesar do menor número de grãos por vagem foi compensado pelo maior número de vagens. Na área 2, apesar de ter menor número de vagens que na área 1, teve maior número de grãos por vagem, e por conta da interação entre os componentes ambas não diferiram em número total de grãos, mostrando plasticidade na composição do rendimento. Segundo Tischner et al (2003) a fixação de grãos é determinada pelo número de óvulos por flor, pela frequência de embriões abortados e pelo número de vagens por planta. A massa de mil grãos foi inversa ao número de grãos, quanto menos grãos produzido por planta, maior o peso de cada grão. A interação entre o número de grãos por planta e o peso de mil grãos acarretou em maior massa de grãos e produtividade na área 2.

Comparando os tratamentos, para a planta inteira, os componentes número de vagens, número de grãos e massa de mil grãos foram influenciados positivamente pelo incremento de radiação solar. O aumento desses componentes do rendimento pode ser resultado do possível aumento da fotossíntese proporcionado pela maior disponibilidade de radiação solar via abertura das linhas laterais. Schou et al (1978) ao estudar os efeitos do incremento na entrada de radiação solar sobre os componentes de rendimento de plantas de soja concluiu que o incremento de radiação aumenta o número de vagens e número de grãos em plantas de soja. Ao que se parece o aumento do número de grãos proporcionado pelos tratamentos com incremento de radiação é mais influenciado pelo o aumento do número de vagens, visto que, o número de grãos por vagem não se alterou com os tratamentos. O efeito cumulativo do incremento de radiação sobre os componentes de rendimento nos tratamentos com abertura das duas linhas aumentou a produtividade em plantas de soja.

Os resultados do experimento apontam que o número de grãos e a massa de mil grãos são beneficiados pelo incremento de radiação solar ao longo do dossel, resultando em maior massa de grãos produzidos. Também, como era de se esperar, a época do início do incremento de radiação influencia a dinâmica dos componentes de rendimento. O incremento na entrada de radiação no dossel durante o florescimento pleno (R2) aumenta a fixação de vagens da porção inferior das plantas e o incremento na entrada de radiação no dossel durante o período de enchimento de grãos (R5) aumenta a massa de grãos, principalmente na porção inferior das

plantas. Logo, o incremento na entrada de radiação solar ao longo do dossel de plantas de soja afetou positivamente o número e massa de grãos produzidos.

5 CONCLUSÃO

O incremento na entrada de radiação no dossel durante o período de florescimento pleno (R2) de plantas de soja aumenta a fixação de vagens da porção inferior das plantas.

O incremento na entrada de radiação no dossel durante o período de enchimento de grãos (R5) de plantas de soja aumenta a massa de grãos, principalmente na porção inferior das plantas.

O efeito cumulativo do incremento na entrada de radiação no período de florescimento pleno (R2) e enchimento de grãos (R5) é determinante para o aumento da produtividade da soja.

REFERÊNCIAS

- ALAMBERT, M. R. **Estimação estocástica de parâmetros produtivos da soja: uso do modelo PPDSO em um estudo de caso em Piracicaba/SP**. Dissertação de mestrado. Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2010.
- ANTOS, M.; WIEBOLD, W. Abscission, total soluble sugars, and starch profiles within a soybean canopy. **Agronomy Journal**, 1984.
- BRONDANI, C.; BRONDANI, R. P. V.; RANGEL, P. H. N. **Utilização de marcadores moleculares em programas de ampliação da base genética de espécies cultivadas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 36 p.
- CÂMARA, G.M.S. **Soja: tecnologia da produção II**. 2000. 450p.
- CARVALHO, M. M. **Influência de sistemas de semeadura na população de pragas e nas características morfofisiológicas em cultivares de soja**. 2014. 66f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, SP, 2014.
- CASAROLI, D.; FERGAN, E. B.; SIMON, J.; MEDEIROS, S. P.; MANFRON, P. A.; DOURADO NETO, D.; LIER, Q. J. V.; MULLER, L.; MARTIN, T. N. Radiação solar e aspectos fisiológicos na cultura de soja - uma revisão. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v. 14, n. 2, p. 102-120, 2007.
- CONAB. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 12 de fevereiro de 2019.
- DAVIES, P. J. Plant hormones: physiology, biochemistry and molecular biology. **Kluwer Academic Publishers**, Dordrecht, The Netherlands. 1995.
- DUARTE, T.C.; SOARES, G.F.; CRUZ, S.C.S.; SENA JUNIOR, D.G.; MACHADO, C.G.; SANTOS, D.M.A. Componentes de produção e produtividade de soja cultivada em diferentes arranjos espaciais e níveis de adubação. In: XXXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DE SOLO, 2015.
- DYBING. C. D.; GHIASI, H; PAECH, C; Biochemical Characterization of Soybean Ovary Growth from Anthesis to Abscission of Aborting Ovaries. **Plant Physiology**, v.81, p.1069-1074, Apr. 1986.
- EMBRAPA. Disponível em: <http://www.embrapa.gov.br>. Acesso em: 28 de abril de 2019.
- EPAGRI. Disponível em: <https://cepa.epagri.sc.gov.br/>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2019.
- EVANS, L.T. **Crop evolution, adaptation and yield**. Cambridge University Press, Cambridge, 1993.

EVANS, J. R. Photosynthetic acclimation and nitrogen partitioning within a Lucerne canopy. I. Canopy characteristics. **Australian Journal of Plant Physiology**, Victoria v.20, p.55-67, 1993.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; CLARK, R. B. **Physiology of Crop Production**. New York: The Haworth Press. 2006. 345p.

FAGUNDES, J.L.; Da SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S.; CARNEVALLI, R.A.; CARVALHO, C.A.B.; SBRISSIA, A.F.; PINTO, L.F.M. Índice de área foliar, coeficiente de extinção luminosa e acúmulo de forragem em pastagens de *Cynodon* spp. sob lotação contínua. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 187-195, 2001.

FIOREZE, S. L. **Cálcio, citocinina, déficit hídrico e sombreamento na fixação de estruturas reprodutivas de soja**. 2013. 116f. Dissertação (Doutorado em Agronomia). Universidade Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São Paulo, 2013.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das Plantas Cultivadas: o estudo que está por trás do que se vê**. Passo Fundo, 2004.

HAYATI, D; KARAMI, E. **Factors influencing technical knowledge, sustainable agricultural knowledge and sustainability of farming system among wheat producers in Fars province**, 1999.

HEIDEL, J. C.; BRUN, W. Light and shade effects on abscission and Photoassimilate partitioning among reproductive structures in soybean. **Plant Physiology**, v. 73, n.2, p. 434-439, Oct. 1983.

HEIFFIG, L. C. **Plasticidade da cultura da soja (*Glycine max*, L. Merrill) em diferentes arranjos espaciais**. 2002. 85p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

HERBERT, S. J.; LITCHFIELD, G. V. Partitioning soybean seed yield componentes. **Crop Science**, Madison, v.22, n.5, p. 1074-1079, Sept. 1982.

INMET. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em: 11 de fevereiro de 2019.

JIANG, Y.; WU, C.; ZHANG, L.; HU, P.; HOU, W.; ZU, W.; HAN, T. Long-day effects on the terminal inflorescence development of a photoperiod-sensitive soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] variety. **Plant Science**, v.180, p.504-510, 2011.

KOESTER, R. P.; SKONECZKA, J. A.; CARY, T. R.; DIERS, B. W.; AINSWORTH, E. A. Historical gains in soybean (*Glycine max* Merr.) seed yield are driven by linear increases in light interception, energy conversion, and partitioning efficiencies. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, n. 12, p. 3311-3321, 2014.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

- LINZMEYER JUNIOR, R.; GUIMARÃES, V. F.; SANTOS, D.; BENCKE, M. H. Influência de retardante vegetal e densidades de plantas sobre o crescimento, acamamento e produtividade da soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.30, p.373-379, 2008.
- LIU, F.; JENSEN, C. R.; ANDERSEN, M. N. Pod Set Related to Photosynthetic Rate and Endogenous ABA in Soybeans Subjected to Different Water Regimes and 60 Exogenous ABA and BA at Early Reproductive Stages. **Annals of Botany**, v. 94, p. 405-411, July, 2004.
- MAUAD, M.; SILVA, T. L. B.; ALMEIDA NETO, A. I.; ABREU, V. G. Influência da densidade de semeadura sobre características agronômicas na cultura da soja. **Revista Agrarian**, v.3, p.175-181, 2010.
- NAVARRO JUNIOR, H. M; COSTA, J. A; Contribuição relativa dos componentes do rendimento para produção de grãos em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 37, n.3, p.269-274. Mar. 2002.
- NONOKAWA, K.; NAKAJIMA, T.; NAKAMURA, T.; KOKUBUN, M. Effect of Synthetic Cytokinin Application on Pod Setting of Individual Florets within Raceme in Soybean. **Plant Production Science**, v.15, n.2, p.79-81, Aug. 2012.
- OLIVEIRA, D.C.R.; BUENO FILHO, J.S.S. **Análise Bayesiana de um Modelo Misto Normal Assimétrico para Dados de Microarrays**. 2010.
- PEREIRA, C.R. **Análise do crescimento e desenvolvimento da cultura de soja sob diferentes condições ambientais**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, 2002, 282p.
- PERINI JUNIOR, L.; FONSECA JUNIOR, N. S.; DESTRO, D.; PRETE, C. E. C. Componentes da produção em cultivares de soja com crescimento determinado e indeterminado. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, v. 33, n. 1, p. 2531-2544, 2012.
- PETTER, F. A.; SILVA, J. A. da.; ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R.; PACHECO, L. P.; ALMEIDA, F. A. de. Elevada densidade de semeadura aumenta a produtividade da soja? Respostas da radiação fotossinteticamente ativa. **Bragantia**, v. 75 n. 2, p. 173-183, 2016.
- PRICINOTTO, L. F.; ZUCARELI, C. Paclobutrazol no crescimento e desempenho produtivo da soja sob diferentes densidades de semeadura. **Revista Caatinga**, v.27, p.65-74, 2014.
- PURCELL, L.C.; BALL, R.A.; REAPER, J.D.; VORIES, E.D. Radiation use efficiency and biomass production in soybean at different plant population densities. **Crop Science**, v.42, p.172-177, 2002.
- SCHOU, J.B; JEFFERS, D.L; STRETTER, J.G. Effects of reflectors, black boards or shades applied at different stages of plant development on yield of soybean. **Crop Science**. 1978.

SINCLAIR, T.R.; WITT, C.T. Analysis of carbon and nitrogen limitations to soybean yield. **Agronomy Journal**, v.68, p.319-324, 1976.

SPADER, V. **Características de plantas de soja associadas com alta produtividade em condição de elevada altitude**. Curitiba. 2014.

SHIBLES, R.M.; ANDERSON, I.C.; GIBSON, A.H. Soybean. In: EVANS, L.T. **Crop physiology: some case histories**. London: Cambridge University, 1975.

SHIBLES, R.M.; WEBER, C.R. Leaf area, solar radiation interception and dry matter production by soybeans. **Crop Science**. Madison, 1965.

STOCKMAN, Y.M.; SHIBLES, R. Soybean pod and flower abscission as influenced by carbohydrate supply during flowering. **Iowa State Journal of Research**, 1986.

STREETER, J. G.; JEFFERS, D. L. Distribution of total non-structural carbohydrates in soybean plants having increased reproductive load. **Crop Science**, 1979.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

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

TISCHNER, T.; ALLPHIN, L.; CHASE, K.; ORF, J. H.; LARK, K. G. Genetics of Seed Abortion and Reproductive Traits in Soybean. **Crop Science**, Madison, 2003.

USDA. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/commodities/soybeans>. Acesso em: 25 de março de 2019.

WESTGATE, M. E.; PETERSON, C. M. Flower and pod development in water-deficient soybean (*Glycine max* L. Merr.). **Journal of Experimental Botany**, v.44, p.109–117, 1993.