



ARTIGO ORIGINAL

Sergio de Oliveira Procópio^{1*}
Alvadi Antonio Balbinot Junior²
Henrique Debiasi²
Júlio César Franchini²
Fernando Panison²

¹Empresa Brasileira de Pesquisa
Agropecuária – EMBRAPA, Embrapa Tabuleiros
Costeiros, Av. Beira Mar, 3250, Jardins, 49025-
040, Aracaju, SE, Brasil

²Empresa Brasileira de Pesquisa
Agropecuária – EMBRAPA, Embrapa Soja, Rod.
Carlos João Strass, Distrito de Warta, 86001-970,
Londrina, PR, Brasil

Autor Correspondente:

*E-mail: sergio.procopio@embrapa.br

PALAVRAS-CHAVE

Glycine Max
Espaçamento entre fileiras
Densidade de plantas
Arranjo de plantas

KEYWORDS

Glycine max
Row spacing
Plant density
Spatial plant arrangement

Plantio cruzado na cultura da soja utilizando uma cultivar de hábito de crescimento indeterminado

Sowing in crossed rows in a soybean cultivar with indeterminate growth habit

RESUMO: O arranjo espacial de plantas afeta o aproveitamento de luz, água e nutrientes, podendo refletir na produção de fitomassa e na produtividade de grãos. Em razão de a soja apresentar alta plasticidade fenotípica, novos arranjos espaciais de plantas vêm sendo avaliados, a fim de aumentar a produtividade da cultura, como o plantio cruzado. O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento e a produtividade de grãos da cultivar de soja de hábito indeterminado BRS 359 RR, em diferentes arranjos espaciais de plantas, incluindo o plantio cruzado. O delineamento foi em blocos ao acaso em esquema fatorial $2 \times 2 \times 2$, com três repetições. Os tratamentos foram formados pela combinação de dois espaçamentos entre as fileiras (0,4 e 0,6 m), duas densidades de semeadura (375.000 e 562.500 sementes ha^{-1}) e duas formas de plantio (cruzado e não cruzado). O plantio cruzado reduziu a densidade de plantas, mas não afetou a produtividade. O aumento da densidade de semeadura provocou menor acúmulo de fitomassa e menor produção de grãos de soja por indivíduo, fato compensado pela maior quantidade de plantas, não afetando a produtividade de grãos na cultivar BRS 359 RR. A maior densidade de plantas ou a redução do espaçamento entre fileiras aumentaram a produção de grãos de soja nas hastes, mas reduziram a produção nos ramos; por isso, a produtividade não foi alterada. A alteração do arranjo espacial das plantas teve pouca importância na determinação da produtividade de grãos da cultivar BRS 359 RR.

ABSTRACT: *Spatial plant arrangement affects the exploitation of light, water and nutrients, which may reflect in biomass production and grain yield. Because soybean plants present high phenotypic plasticity, new spatial plant arrangements, such as sowing in crossed rows, have been evaluated to increase grain yield. Moreover, soybean response to spatial plant arrangement may have been modified because the characteristics of soybean cultivars have changed in recent years. This research aimed to evaluate the growth and grain yield of soybean, cultivar BRS 359 RR, in different spatial plant arrangements, including crossed rows. This study was carried out in a completely randomized block design in a $2 \times 2 \times 2$ factorial scheme with three replications. The treatments were formed by combining two row spacing distances (0.4 and 0.6 m), two seeding rates (375,000 and 562,500 seeds ha^{-1}), and two sowing systems (crossed or parallel rows). The crossed row system reduced plant density, but did not affect grain yield. The higher plant density reduced the accumulation of biomass and grain production per plant, which was compensated by the greater number of plants, not affecting the grain yield of BRS 359 RR soybean cultivar. The higher plant density or reduction of row spacing increased grain production in the stems, but reduced production in the branches; consequently, soybean yield remained unchanged. Spatial plant arrangement showed little relevance in the grain yield of BRS 359 RR soybean cultivar.*

Recebido: 13/05/2013

Aceito: 02/07/2013

1 Introdução

Nos últimos anos, a sojicultura nacional experimentou muitas mudanças com a utilização de novas tecnologias, como o sistema plantio direto, o advento das cultivares transgênicas Roundup Ready™ e a introdução de cultivares mais produtivas. Entretanto, essas novas cultivares de soja apresentam hábito de crescimento e porte diferentes das primeiras cultivares utilizadas no Brasil, o que vem promovendo mudanças no arranjo espacial de plantas praticado pelos produtores (SOUZA et al., 2010). Nesse sentido, a introdução de cultivares que apresentam hábito de crescimento indeterminado, maior precocidade, arquitetura compacta, folíolos pequenos e alto potencial de rendimento de grãos tem gerado vários questionamentos acerca de arranjos espaciais de plantas, os quais podem conferir maiores produtividades de grãos, sem grandes mudanças nos custos de produção.

O arranjo espacial de plantas afeta a competição intraespecífica e, conseqüentemente, a quantidade de recursos do ambiente – água, luz e nutrientes – disponíveis para cada planta, podendo ser alterado pela densidade de plantas e pelo espaçamento entre as fileiras (RAMBO et al., 2004). Vários trabalhos têm demonstrado a baixa resposta da cultura da soja às variações de densidade de plantas (PIRES; COSTA; THOMAS, 1998; HEIFFIG et al., 2006). Esse resultado é em função da alta plasticidade fenotípica da soja, a qual é definida como a capacidade de a planta alterar sua morfologia e componentes de rendimento a fim de adequá-los às condições impostas pelo arranjo espacial dos indivíduos (COOPERATIVE EXTENSION SERVICE AMES, 1994). Em relação ao efeito do espaçamento entre as fileiras, há resultados discrepantes na literatura (RAMBO et al., 2003; HEIFFIG et al., 2006), pois essa resposta é dependente das cultivares e do ambiente de cultivo. É importante ressaltar que praticamente todos esses trabalhos disponíveis na literatura foram realizados com cultivares de soja de hábito de crescimento determinado, com folíolos grandes e horizontais, bem como com alta capacidade de ramificação, ou seja, características que estão cada vez mais se distanciando das seleções realizadas nos atuais programas de melhoramento com a cultura da soja no Brasil.

A escolha do genótipo passa a ser preponderante para a definição do arranjo de plantas na área, levando em conta que algumas cultivares respondem ao adensamento e outras, não (EDWARDS; PURCELL, 2005). Norsworthy e Shipe (2005) ratificam essa informação, salientando a necessidade de se agruparem genótipos que respondam ou não às variações de arranjos de plantas, otimizando o potencial da cultivar.

Nos últimos anos, alguns agricultores vêm testando uma técnica de semeadura denominada ‘plantio cruzado’, no qual se realiza uma operação de semeadura posicionando metade da densidade de sementes, seguida de outra operação similar no sentido perpendicular à primeira. O plantio cruzado surgiu no Brasil pela observação dos arremates dos talhões de soja, onde algumas linhas se cruzavam e formava-se um ‘xadrez’. Alguns produtores começaram a observar um aumento da produção de grãos por área nessa situação e resolveram fazer pequenos testes em suas propriedades. Essa técnica foi usada por alguns ganhadores do concurso de produtividade promovido pelo Comitê Estratégico Soja Brasil (CESB), nas safras 2010/11

e 2011/12. No entanto, na literatura científica, há carência de informações sobre os efeitos dessa técnica na produtividade da soja e a sua relação com cultivares e outras práticas de manejo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento e a produtividade de grãos da cultivar de soja de hábito de crescimento indeterminado BRS 359 RR, em diferentes arranjos espaciais de plantas, constituídos por densidades de semeadura, espaçamentos entre fileiras e forma de plantio (cruzado e não cruzado).

2 Material e Métodos

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental da Embrapa Soja, em Londrina-PR, de outubro de 2011 a março de 2012. O solo da área experimental foi identificado como Latossolo Vermelho distroférrico (SANTOS et al., 2006) e apresentava os seguintes atributos antes da implantação do experimento: 21,4 g dm⁻³ de M.O.; 4,8 de pH em CaCl₂; 8,6 mg dm⁻³ de P; 0,55 cmol_c dm⁻³ de K; 3,7 cmol_c dm⁻³ de Ca; 1,39 cmol_c dm⁻³ de Mg; 48,4% de saturação de bases (V%).

A aveia-preta presente na área experimental foi manejada mecanicamente 11 dias antes da semeadura da soja, utilizando-se um triturador de restos culturais (triton). Nove dias após essa operação, a vegetação remanescente na área foi dessecada quimicamente com glyphosate (1.080 g ha⁻¹) e carfentrazone-ethyl (30 g ha⁻¹).

O delineamento experimental foi em blocos completos ao acaso, em esquema fatorial 2 × 2 × 2, com três repetições. Os tratamentos foram formados pela combinação de dois espaçamentos entre fileiras (0,4 e 0,6 m), de duas densidades de semeadura (375.000 e 562.500 sementes ha⁻¹, com poder germinativo de 81%) e de duas formas de plantio (plantio cruzado e não cruzado). As parcelas mediam 8,0 m de comprimento e 4,8 m de largura, totalizando 38,4 m². A área utilizada nas avaliações foi de 14,4 m² (6 m de comprimento por 2,4 m de largura).

Foi utilizada a cultivar BRS 359 RR, que possui hábito de crescimento indeterminado, grupo de maturidade relativa de 6.0 e resistência ao herbicida glyphosate. A semeadura foi realizada no dia 19/out./2011, a uma velocidade média de 5 km h⁻¹, por meio de uma semeadora-adubadora, marca Semeato, modelo SHM 11/13, equipada com sulcadores do tipo facão-guilhotina para o adubo e disco duplo defasado para a semente, e dosadores do tipo disco perfurado com dupla fileira de furos para a semente. As sementes de soja foram tratadas com Vitavax-Thiran 200SC® (150 mL para 50 kg de sementes), Co-Mo Platinum® (100 mL para 50 kg de sementes) e inoculante líquido Gelfix 5® (100 mL para 50 kg de sementes). A adubação de base constou da aplicação de 600 kg ha⁻¹ de superfosfato simples, aplicados a lanço. Em cobertura, foram aplicados 250 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio a lanço, 16 dias após a semeadura. O controle de pragas, doenças e plantas daninhas foi efetuado conforme as indicações técnicas para a cultura. A colheita dos grãos foi realizada no dia 27/fev./2012. Os dados de precipitação pluvial e temperatura média do ar, durante o período entre a semeadura e a colheita, estão apresentados na Figura 1.

Durante a fase vegetativa, foram realizadas as seguintes avaliações: a) massa seca de folhas e ramos por planta e

por metro quadrado, aos 85 dias após a semeadura (DAS), amostrando-se dez plantas ao acaso por parcela; b) altura de plantas aos 36 e 50 DAS, determinada em 15 plantas por parcela.

Na colheita, foram realizadas as seguintes avaliações, amostrando-se 15 plantas por parcela: a) altura de inserção da primeira vagem; b) altura de plantas; c) diâmetro da região do colo da haste principal; d) número de nós na haste principal; e) comprimento médio do internódio; f) número de ramos por planta e por metro quadrado; g) massa seca da haste + ramos + vagens sem grãos por planta e por metro quadrado; h) índice de colheita aparente, estimado por meio da divisão da massa seca de grãos das 15 plantas amostradas pela massa seca total da parte aérea.

Foram avaliadas, ainda, a densidade de plantas, contabilizando-se todas as plantas colhidas na área útil das parcelas, e a produtividade de grãos, com padronização da umidade em 13%; também foram avaliados os seguintes componentes do rendimento, amostrando-se 15 plantas por parcela: a) número de vagens por planta e por metro quadrado provenientes das hastes; b) número de grãos por planta e por metro quadrado provenientes das hastes; c) número de grãos por vagem provenientes das hastes; d) massa de grãos por planta e por metro quadrado provenientes das hastes; e) massa de mil grãos provenientes das hastes; f) número de vagens por planta e por metro quadrado provenientes dos ramos;

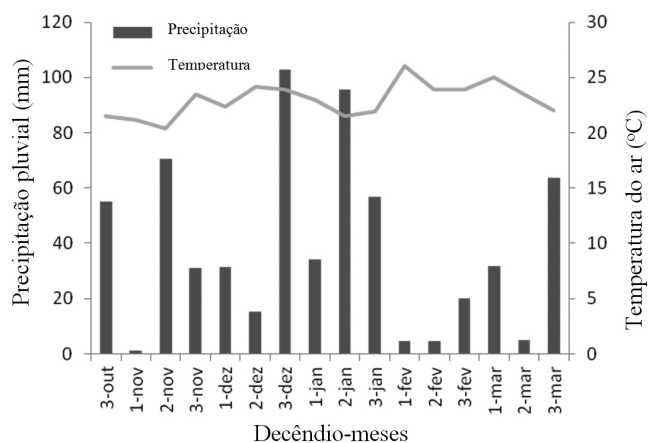


Figura 1. Precipitação pluvial e temperatura média do ar durante o ciclo de desenvolvimento da cultura da soja.

g) porcentagem de vagens provenientes dos ramos; h) número de grãos por planta e por metro quadrado provenientes dos ramos; i) porcentagem do número dos grãos provenientes dos ramos; j) número de grãos por vagem provenientes dos ramos; k) massa de grãos por planta e por metro quadrado provenientes dos ramos; l) porcentagem da massa de grãos provenientes dos ramos; m) massa de mil grãos provenientes dos ramos.

Os resultados foram submetidos à Análise de Variância e Teste F ($p \leq 0,05$). Para a realização da análise estatística, foi utilizado o programa SISVAR (FERREIRA, 2008).

3 Resultados e Discussão

A massa seca de folhas e ramos, avaliada aos 85 DAS, foi afetada pela densidade de semeadura e pela forma de plantio (Tabela 1). A massa seca de folhas e ramos por planta foi maior na densidade de 375 mil sementes ha^{-1} , comparativamente à densidade de 562,5 mil sementes ha^{-1} . Isso decorre da menor competição entre as plantas de soja por água, luz e nutrientes, permitindo maior crescimento por planta em menor população. Contudo, a massa seca de folhas e ramos por área foi maior na densidade mais alta, pois o aumento do número de indivíduos por área foi mais relevante do que o menor acúmulo de massa por planta observada na maior densidade. Tal fato ocorreu porque a cultivar BRS 359 RR possui plantas compactas, com ramificação próxima à haste, o que permite maior acúmulo de massa seca da parte aérea por área com o aumento da densidade de plantas.

A massa seca de folhas e ramos por planta não foi afetada pela utilização do plantio cruzado (Tabela 1). No entanto, a massa seca de folhas e ramos por área foi maior na semeadura não cruzada em relação à cruzada (Tabela 1). Possivelmente, isso ocorreu em razão da redução na emergência ou na sobrevivência de plantas no plantio cruzado, pois houve redução da densidade de plantas, avaliada no momento da colheita. Com o cruzamento das linhas, a segunda semeadura, transversal à primeira, prejudicou a qualidade da primeira operação, em virtude do revolvimento do solo ocasionado pela segunda passagem da semeadora e da compactação adicional imposta pelo rodado do trator e da semeadora. Na prática, essa é uma informação relevante, já que, para se ter a mesma densidade de plantas por hectare no plantio cruzado, há necessidade de maior gasto de sementes em relação ao plantio tradicional, sem cruzamento das linhas.

A altura de plantas, avaliada aos 36 DAS (média=18,1 cm e CV=11,7%), aos 50 DAS (média=38,1 cm e CV=5,3%) e na

Tabela 1. Massa seca de folhas e de ramos de plantas de soja aos 85 dias após a semeadura, em diferentes densidades de semeadura e formas de plantio.

Variáveis	Densidades de semeadura (sementes ha^{-1})		Formas de Plantio		CV (%)
	375.000	562.500	Cruzado	Não cruzado	
Massa seca de folhas (g/planta)	7,23 a ¹	5,85 b	6,79 a	6,28 a	12,7
Massa seca de folhas (g m^{-2})	178 b	208 a	172 b	214 a	17,0
Massa seca de ramos (g/planta)	10,25 a	8,86 b	9,97 a	9,13 a	13,7
Massa seca de ramos (g m^{-2})	253 b	312 a	254 b	311 a	17,5
Densidade de plantas na colheita (mil ha^{-1})	-	-	260 b	344 a	7,7

¹Médias seguidas pelas mesmas letras, nas linhas, não diferem entre si pelo Teste F a 5% de probabilidade.

colheita (média=89,7 cm e CV=5,3%), não foi influenciada por espaçamentos entre fileiras, densidades de semeadura e formas de plantio, e pela interação entre esses fatores. Da mesma forma, a altura de inserção da primeira vagem (média=19,2 cm e CV=6,2%) não foi afetada pelos tratamentos (dados não apresentados).

A produtividade de grãos de soja não foi afetada pelos tratamentos (Tabela 2), indicando que a cultivar BRS 359 RR, embora se caracterize por plantas compactas, apresenta plasticidade fenotípica suficiente para alterar a sua morfologia e os componentes de rendimento, a fim de compensar o menor número de plantas por área pela maior produção por planta. As produtividades observadas, apesar de estarem acima da média nacional, foram aquém das desejadas, em virtude, principalmente, da baixa precipitação pluvial ocorrida nos dois primeiros decêndios de dezembro e no mês de fevereiro (Figura 1). Salienta-se que o aumento da densidade de plantas de soja pode acentuar as perdas de produtividade de grãos decorrentes do déficit hídrico (WALKER et al., 2010). Por outro lado, é possível que, em um ambiente com maior disponibilidade de água, haja algum ganho de produtividade de grãos na cultivar testada, com o aumento da densidade de plantas.

Esperava-se maior produtividade de grãos no espaçamento de 0,4 m em relação a 0,6 m, pois a cultivar utilizada apresenta plantas compactas. Vários trabalhos têm demonstrado a

possibilidade de aumentar a produtividade de grãos com esse tipo de cultivar, sobretudo porque a redução do espaçamento melhora o aproveitamento da radiação solar nas fases iniciais do desenvolvimento da cultura, refletindo-se em maior produção de fitomassa (TAYLOR et al., 1982; WELLS, 1991); maior índice de área foliar (COX; CHERNEY, 2011); aumento do número de flores por área (VENTIMIGLIA et al., 1999), e maior produtividade de grãos (RAMBO et al., 2003; BRUIN; PEDERSEN, 2008; HANNA et al., 2008).

Frente às características da cultivar utilizada, às condições edafoclimáticas e ao manejo adotado, o sistema de plantio cruzado não foi uma prática relevante para se alcançarem maiores produtividades de grãos. É necessário enfatizar que o plantio cruzado reduz a capacidade operacional pela metade, o que pode acarretar em atraso na semeadura da soja e da cultura subsequente. Para a semeadura de grandes áreas, dentro dos períodos indicados pelo zoneamento agrícola, o investimento em máquinas necessitaria ser intensificado significativamente. Além disso, a compactação do solo no plantio cruzado tende a aumentar, pois ocorre o dobro do trânsito de máquinas na área. Esse fato é de alta relevância, pois os casos de compactação em áreas conduzidas em sistema plantio direto vêm se agravando ao longo dos anos. O sentido das linhas de semeadura também chama a atenção, pois as linhas de uma das passadas vão apresentar sentido contrário às curvas de nível, favorecendo o processo erosivo principalmente em áreas com maior declividade. Finalmente, ressalva-se que, no plantio cruzado, há maior revolvimento e exposição do solo, o que pode favorecer a erosão e a emergência de plantas daninhas nas linhas de semeadura.

O espaçamento entre as fileiras não afetou o desempenho agrônomico da soja, pois o aumento da produção de grãos nas hastes das plantas, decorrente da redução do espaçamento de 0,6 para 0,4 m, foi compensado pela redução da produção nos ramos no menor espaçamento testado (Tabela 3). Isso reforça a teoria de que a soja possui alta capacidade de modular seu crescimento de acordo com as condições de ambiente, tornando a produtividade de grãos pouco sensível às mudanças de espaçamento, como discutido por Gan et al. (2002) e Heiffig et al. (2006).

O aumento da densidade de plantas provocou redução no diâmetro da haste na região do colo, no número de nós nas

Tabela 2. Produtividade de grãos de soja em diferentes espaçamentos entre fileiras, densidades de semeadura e formas de plantio.

Densidades de semeadura (sementes ha ⁻¹)	Espaçamentos entre fileiras (m)	
	0,4	0,6
Semeadura cruzada		
375.000	3.394 ^{ns}	3.677
562.500	3.457	3.464
Semeadura não cruzada		
375.000	3.524 ^{ns}	3.214
562.500	3.475	3.224
CV (%)	8,1	

^{ns} = Diferenças não significativas pelo Teste F a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Variáveis agrônomicas da soja em diferentes espaçamentos entre fileiras (médias de duas densidades de semeadura e semeadura cruzada e não cruzada).

Variáveis agrônomicas	Espaçamentos entre fileiras (m)		CV(%)
	0,4	0,6	
Porcentagem de vagens provenientes de ramos	23,7 b ¹	29,4 a	20,3
Número de grãos m ⁻² provenientes de ramos	484 b	601 a	19,0
Porcentagem de grãos provenientes de ramos	21,3 b	27,2 a	18,9
Massa de grãos provenientes de ramos g planta ⁻¹	2,73 b	3,84 a	30,7
Massa de grãos provenientes de ramos g m ⁻²	79,6 b	97,2 a	19,8
Porcentagem da massa de grãos provenientes de ramos	20,9 b	26,8 a	18,5
Massa de grãos provenientes de hastes g m ⁻²	308 a	270 b	14,3

¹Médias seguidas pelas mesmas letras, nas linhas, não diferem entre si pelo Teste F a 5% de probabilidade.

hastes e no número de ramos por área (Tabela 4), o que pode ser atribuído à diminuição da disponibilidade de recursos ambientais para cada indivíduo. Por outro lado, o aumento da densidade proporcionou aumento do comprimento dos entrenós. Possivelmente, isso ocorreu em função da redução da qualidade da luz decorrente do aumento no número de plantas por área. Em baixa qualidade da luz, as plantas de soja tendem a aumentar o comprimento dos entrenós, a fim de interceptar esse recurso, além de emitir menor quantidade de ramos (BOARD, 2000). Esse padrão de mudança morfológica da soja frente ao aumento da densidade de plantas também foi detectado por Martins et al. (1999).

Maior produção de vagens e grãos nos ramos foi observada na menor densidade de semeadura (Tabela 4). Nessa densidade, 31,4% da massa total de grãos foi proveniente dos ramos, enquanto que, na maior densidade, apenas 16,3% da massa total de grãos foi oriunda das ramificações. Por outro lado, na densidade de 375 mil sementes ha⁻¹, houve menor produção nas hastes, compensando a maior produção nos ramos, de forma a conferir a mesma produtividade de grãos nas duas densidades de semeadura (Tabela 2), o que corrobora a teoria da alta plasticidade fenotípica da soja.

No momento da colheita, a massa de hastes + ramos + vagens sem grãos por planta foi maior na densidade de 375 mil sementes ha⁻¹ (Tabela 4), concordando com os dados de produção de massa seca na parte aérea, avaliada aos 85 DAS (Tabela 1). Todavia, a massa seca dessas estruturas da parte aérea por área foi maior na densidade mais alta. Ou seja, em termos de produção final de massa seca, o aumento do número de plantas foi mais importante do que a maior produção por planta observada na menor densidade. Isso não se refletiu em aumento de produtividade de grãos porque o índice de

colheita na maior densidade foi inferior ao observado na menor densidade (Tabela 4). Assim, na presente pesquisa, a menor densidade avaliada conferiu maior alocação de fotoassimilados nos grãos em detrimento das hastes, dos ramos e das vagens sem grãos.

Foi constatada interação significativa entre a densidade de semeadura e o espaçamento entre as fileiras para algumas variáveis agronômicas (Tabela 5). Na menor densidade de semeadura, constatou-se maior ramificação por planta no espaçamento de 0,6 m, em relação ao espaçamento de 0,4 m e, na maior densidade, a ramificação foi similar entre os dois espaçamentos. Nos dois espaçamentos, maior número de ramos por planta ocorreu na menor densidade. Na menor densidade, houve maior número de vagens por planta e por área, bem como maior número de grãos por planta provenientes dos ramos no espaçamento de 0,6 m; entretanto, na maior densidade, não houve diferença para essas variáveis entre os espaçamentos. Ou seja, os ramos se tornam mais importantes na produção final, quando se associam menores densidades de semeadura com espaçamentos entre fileiras mais amplos.

O cruzamento das linhas aumentou a produção de grãos nos ramos (Tabela 6). Isso se deve, principalmente, à redução da densidade de plantas provocada por essa técnica (Tabela 1), aumentando a disponibilidade de recursos a serem utilizados na formação de ramos. No entanto, o cruzamento das linhas provocou redução da produção de grãos provenientes das hastes. Ou seja, novamente constatou-se a compensação entre a produção nos ramos e a produção nas hastes. O plantio cruzado também propiciou maior produção de hastes + ramos + vagens sem grãos por planta, mas menor produção desses componentes por área.

Tabela 4. Variáveis agronômicas da soja em diferentes densidades de semeadura (médias de dois espaçamentos entre fileiras e de duas formas de plantio).

Variáveis agronômicas	Densidades de semeadura (sementes ha ⁻¹)		CV(%)
	375.000	562.500	
Diâmetro do caule da haste na região do colo (mm)	0,67 a ¹	0,61 b	6,7
Número de nós na haste	17,4 a	16,7 b	2,9
Comprimento do entrenó (cm)	5,08 b	5,43 a	3,6
Número de ramos m ⁻²	69,3 a	56,3 b	15,1
Porcentagem de vagens provenientes dos ramos	34,5 a	18,6 b	20,3
Número de grãos m ⁻² provenientes de ramos	693 a	392 b	19,0
Porcentagem do número de grãos provenientes de ramos	32,0 a	16,5 b	18,9
Número de grãos por vagem provenientes de ramos	1,70 a	1,60 b	6,2
Massa de grãos provenientes de ramos (g planta ⁻¹)	4,72 a	1,86 b	30,7
Massa de grãos provenientes de ramos (g m ⁻²)	112,2 a	64,2 b	19,8
Porcentagem da massa de grãos provenientes de ramos	31,4 a	16,3 b	18,5
Número de vagens m ⁻² provenientes de hastes	773 b	1.093 a	17,0
Número de grãos m ⁻² provenientes de hastes	1.479 b	1.998 a	15,3
Massa de grãos provenientes de hastes (g m ⁻²)	245 b	333 a	14,3
Massa de hastes + ramos + vagens sem grãos (g planta ⁻¹)	16,0 a	13,0 b	11,2
Massa de hastes + ramos + vagens sem grãos (g m ⁻²)	394 b	461 a	14,4
Índice de Colheita (IC)	0,48 a	0,46 b	2,6

¹Médias seguidas pelas mesmas letras, nas linhas, não diferem entre si pelo Teste F a 5% de probabilidade.

Tabela 5. Variáveis agronômicas da soja cultivada em dois espaçamentos entre fileiras e em duas densidades de plantas (médias das duas formas de plantio).

Densidades de semeadura (sementes ha ⁻¹)	Espaçamentos entre fileiras (m)	
	0,4	0,6
	Número de ramos/planta	
375.000	2,47 b A ¹	3,27 a A
562.500	1,55 a B	1,68 a B
CV (%)	16,7	
	Número de vagens/planta provenientes de ramos	
375.000	13,1 b A	20,4 a A
562.500	6,8 a B	7,3 a B
CV (%)	27,5	
	Número de vagens m ⁻² provenientes de ramos	
375.000	340 b A	464 a A
562.500	244 a B	243 a B
CV (%)	18,5	
	Número de grãos/planta provenientes de ramos	
375.000	22,6 b A	35,4 a A
562.500	10,6 a B	12,1 a B
CV (%)	29,8	

¹Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo Teste F a 5% de probabilidade.

Tabela 6. Variáveis agronômicas da soja cultivada em duas formas de plantio (médias de dois espaçamentos entre fileiras e de duas densidades de semeadura).

Variáveis agronômicas	Formas de Plantio		CV(%)
	Cruzado	Não cruzado	
Porcentagem do número de grãos provenientes de ramos	26,5 a ¹	22,0 b	18,9
Massa de grãos provenientes de ramos (g/planta)	3,75 a	2,82 b	30,7
Porcentagem da massa de grãos provenientes de ramos	26,1 a	21,6 b	18,5
Massa de mil grãos provenientes dos ramos	164 a	161 b	1,8
Número de vagens m ⁻² provenientes de hastes	810 b	1.056 a	17,0
Número de grãos m ⁻² provenientes de hastes	1.511 b	1.966 a	15,3
Massa de grãos provenientes de hastes (g m ⁻²)	253 b	325 a	14,3
Massa de hastes + ramos + vagens sem grãos (g/planta)	15,3 a	13,7 b	11,2
Massa de hastes + ramos + vagens sem grãos (g m ⁻²)	390 b	464 a	14,4

¹Médias seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem entre si pelo Teste F a 5% de probabilidade.

4 Conclusões

O plantio cruzado reduz a densidade de plantas avaliada na colheita, mas não afeta a produtividade.

O aumento da densidade de semeadura provoca menor acúmulo de fitomassa e produção de grãos de soja por indivíduo, fato compensado pela maior quantidade de plantas, não afetando a produtividade de grãos na cultivar BRS 359 RR.

A maior densidade de plantas ou a redução do espaçamento entre fileiras aumentam a produção de grãos de soja nas hastes, mas reduzem tal produção nos ramos; por isso, a produtividade não foi alterada.

Nas condições edafoclimáticas da presente pesquisa, a alteração do arranjo espacial das plantas tem pouca importância na determinação da produtividade de grãos da cultivar BRS 359 RR.

Referências

- BOARD, J. Light interception efficiency and light quality affect yield compensation of soybean at low plant population. *Crop Science*, v. 40, n. 5, p. 1285-1294, 2000. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2000.4051285x>
- BRUIN, J. L.; PEDERSEN, P. Effect of row spacing and seeding rate on soybean yield. *Agronomy Journal*, v. 100, n. 3, p. 704-710, 2008. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2007.0106>
- COOPERATIVE EXTENSION SERVICE AMES. *How a soybean plant develops*. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1994. 20 p.
- COX, W. J.; CHERNEY, J. H. Growth and yield responses of soybean to row spacing and seeding rate. *Agronomy Journal*, v. 103, n. 1, p. 123-128, 2011. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2010.0316>

- EDWARDS, J. T.; PURCELL, L. C. Soybean yield and biomass responses to increasing plant population among diverse maturity groups. *Crop Science*, v. 45, n. 5, p. 1770-1777, 2005. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2004.0564>
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium*, v. 6, n. 2, p. 36-41, 2008.
- GAN, Y.; STULEN, I.; VAN KEULEN, H.; KUIPER, P. J. C. Physiological response of soybean to plant density. *Field Crops Research*, v. 74, n. 2-3, p. 231-241, 2002. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4290\(01\)00212-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4290(01)00212-X)
- HANNA, S.; CONLEY, S. P.; SHANER, G. E.; SANTINI, J. B. Fungicide application timing and row spacing effect on soybean canopy penetration and grain yield. *Agronomy Journal*, v. 100, n. 5, p. 1488-1492, 2008. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2007.0135>
- 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. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052006000200010>
- MARTINS, M. C.; CÂMARA, G. M. S.; PEIXOTO, C. P.; MARCHIORI, L. F. S.; LEONADO, V.; MATTIAZZI, P. Época de semeadura, densidade de plantas e desempenho vegetativo de cultivares de soja. *Scientia Agricola*, v. 56, n. 4, p. 851-858, 1999.
- NORSWORTHY, J. K.; SHIPE, E. R. Effect of row spacing and soybean genotype on main stem and branch yield. *Agronomy Journal*, v. 97, n. 3, p. 919-923, 2005. <http://doi: 10.2134/agronj2004.0271>
- PIRES, J. L.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L. Rendimento de grãos de soja influenciado pelo arranjo de plantas e níveis de adubação. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, v. 4, n. 2, p. 183-188, 1998.
- 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.
- RAMBO, L.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F. G. Estimativa do potencial de rendimento por estrato do dossel da soja, em diferentes arranjos de plantas. *Ciência Rural*, v. 34, n. 1, p. 33-40, 2004.
- 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.
- SOUZA, C. A.; GAVA, F.; CASA, R. T.; BOLZAN, J. M.; KUHNEM JUNIOR, P. R. Relação entre densidade de plantas e genótipos de soja Roundup Ready™. *Planta Daninha*, v. 28, n. 4, p. 887-896, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582010000400022>
- TAYLOR, H. M.; MASON, W. K.; BENNIE, A. T. P.; ROWSE, H. R. Responses of soybeans to row spacings and two soil water levels. I. An analysis of biomass accumulation, canopy development, solar radiation interception and components of seed yield. *Field Crops Research*, v. 5, n. 1, p. 1-14, 1982.
- VENTIMIGLIA, L. A.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L.; PIRES, J. L. F. Potencial de rendimento da soja em razão da disponibilidade de fósforo no solo e dos espaçamentos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 34, n. 2, p. 195-199, 1999. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X1999000200007>
- WALKER, E. R.; MENGISTU, A.; BELLALLOU, N.; KOGER, C. H.; ROBERTS, R. K.; LARSON, J. A. Plant population and row-spacing effects on maturity group III soybean. *Agronomy Journal*, v. 102, n. 3, p. 821-826, 2010. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2009.0219>
- WELLS, R. Soybean growth response to plant density: relationship among canopy photosyntheses, leaf area, and light interception. *Crop Science*, v. 31, n. 3, p. 755-761, 1991.