

PLASTICIDADE DA CULTURA DA SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill) EM DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS

Líliá Sichmann Heiffig¹

Gil Miguel de Sousa Câmara¹

Luciana Aparecida Marques¹

Daniel Botelho Pedroso¹

Sônia Maria De Stéfano Piedade²

RESUMO

O presente experimento teve por objetivos, avaliar a maneira como a planta de soja se adapta a diferentes arranjos espaciais (plasticidade) e identificar o arranjo espacial que melhor represente ou possibilite associar o manejo do cultivar Conquista com alta produtividade agrícola. O experimento foi conduzido em área experimental da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP), no município de Piracicaba - SP, durante o ano agrícola de 2001/2002. Os tratamentos constaram de diferentes arranjos espaciais, variando-se e combinando-se 6 níveis do fator espaçamento entre linhas (0,20; 0,30; 0,40; 0,50; 0,60 e 0,70 m) e 5 níveis do fator densidade de plantas na linha visando as populações de 70.000; 140.000; 210.000; 280.000 e 350.000 plantas/ha, totalizando 30 tratamentos, delineados em blocos ao acaso com parcelas subdivididas e com três repetições. Foram avaliados: altura final de planta; altura de inserção da primeira vagem; número de ramificações; número de vagens por planta; número de grãos por planta; grau de acamamento; massa de 1000 sementes e produtividade agrícola. Conclui-se: a) para a faixa populacional estudada, o aumento populacional por meio da redução do espaçamento

¹ Departamento de Produção Vegetal da USP/ESALQ, Av. Pádua Dias, 11, Piracicaba, SP, CEP. 13418-970. e-mail: lsheiffi@esalq.usp.br

² Departamento de Ciências Exatas da USP/ESALQ.

entre linhas ou do aumento da densidade de plantas na linha, constitui-se em estratégia de manejo para aumentar a altura de planta e de inserção de 1ª vagem, possibilitando porte mais compatível com a colheita mecanizada da cultura; b) o cultivar MG/BR 46 (Conquista) apresenta ampla plasticidade, ajustando os seus componentes de produção aos diferentes arranjos espaciais, sem que ocorram significativas diferenças de produtividade; c) para cada combinação entre o espaçamento entre linhas e a densidade de plantas na linha existe uma população de plantas mais bem ajustada, que possibilita maior produtividade de grãos.

Palavras-chave: soja, população de plantas, espaçamento entre linhas, componentes da produção, produtividade agrícola.

THE PLASTICITY OF SOYBEAN (*Glycine max* (L.) Merrill) IN DIFFERENT SPACE ARRANGEMENTS

ABSTRACT

This research had as purposes to evaluate the soybean plant adaptations (plasticity) to different space arrangements and identify the best space arrangements for higher yields of cultivar Conquista. The experiment was carried out at the experimental fields of Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (USP/ESALQ), São Paulo State University, in Piracicaba-SP, during the 2001/2002 growing season. The 30 treatments consisted of different space arrangements, combining 6 row spacing (0,20; 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 0,70 m) with 5 different population (70.000; 140.000; 210.000; 280.000; 350.000 plants/ha), in a complete randomized blocks design with subdivided plots and three replications. The evaluated characteristics were: final plant height; height of the first pod; number of branches per plant; number of pods per plant; number of grains per plant; lodging; mass of 1,000 grains and yield. It was concluded: a) for the studied population band, the population increase by means of the reduction of the

row spacing between lines or the increase of the plants density in the line, consists in handling strategy to increase final plant height and height of the first pod, being made possible more compatible with the mechanized harvest of the culture; b) the number of pods is the best related component to yield per plant, being directly influenced by plant population; c) the cultivar MG/BR - 46 (Conquista) presents wide plasticity, adjusting its yield components to the different space arrangements, without significant yield changes; d) for each row spacing there is a better plant population to achieve higher yield.

Key-words: soybean; plants population; row spacing; yield components; yield.

INTRODUÇÃO

Altas produtividades só são obtidas quando as condições ambientais são favoráveis em todos os estádios de crescimento da soja. Porém, para que se obtenham tais produtividades, é necessário conhecer práticas culturais compatíveis com produção econômica, aplicáveis para maximizar a taxa de acúmulo de matéria seca no grão (Ritchie et al., 1994). Para isto, é importante que o produtor conheça a planta e seus diferentes estádios de desenvolvimento, para que possa avaliar o desempenho da soja e adotar práticas culturais específicas nos estádios em que há maior possibilidade de planta responder favoravelmente (Câmara, 1998a e 1998b).

A população é fator determinante para o arranjo das plantas no ambiente de produção e influencia o crescimento da soja. Dessa forma, a melhor população de plantas deve possibilitar além da alta produtividade agrícola, altura de planta e de inserção de primeira vagem adequada a colheita mecanizada e plantas que não acamem (Reis et al., 1977; Gaudêncio et al., 1990). Estas características agrônômicas são influenciadas pelo espaçamento e densidade de semeadura, como comprovado em vários

trabalhos (Lam-Sanchez & Veloso, 1974a e 1974b; Reis et al., 1977; Rosolem et al., 1983; Nakagawa et al., 1986a e 1986b; Nakagawa et al., 1987).

Teoricamente, para uma planta atingir o seu potencial máximo de produção, é necessário que, além de encontrar as melhores condições de solo e clima, sofra o mínimo de competição. Estudos do arranjo de plantas com novas disposições na lavoura permitem minimizar a competição intraespecífica e maximizar o aproveitamento dos recursos ambientais. As modificações no arranjo podem ser feitas por meio da variação do espaçamento entre as plantas dentro da linha de semeadura e da distância entre linhas (Pires et al., 1998). A soja tolera uma ampla variação na população de plantas, alterando mais sua morfologia que o rendimento de grãos (Barni et al., 1985; Gaudêncio et al., 1990). A menor resposta da soja à população se deve à sua capacidade de compensação no uso do espaço entre plantas (Peixoto et al., 2000).

Recentemente, como estratégia para redução dos custos de produção, alguns produtores vêm diminuindo o espaçamento entre as linhas da cultura, de maneira a aumentar a eficiência cultural no processo de competição com as plantas daninhas e reduzir as doses e o número de aplicações de herbicidas de ação pós-emergente. Ao reduzir o espaçamento entrelinhas com esses novos genótipos, sem o devido ajuste da densidade de plantas na linha, o produtor poderá estar contribuindo para o acamamento da cultura. Por outro lado, se o ajuste da densidade resultar em poucas plantas por metro, os cultivares poderão crescer menos em altura e ramificar mais, porém, com maior probabilidade de aumentar as perdas de colheita, reduzindo a produção.

Dessa forma, a faixa populacional de 300.000 a 400.000 plantas de soja por hectare, oficialmente recomendada para o Brasil desde os anos 80, em

algumas regiões vem diminuindo para valores entre 200.000 e 300.000 plantas por hectare, ora mantendo, ora perdendo produtividade, conforme a combinação dos fatores cultivar, época de semeadura e população de plantas (espaçamento x densidade de plantas), adotada pelo produtor.

Em função dos fatos expostos, desenvolveu-se o presente trabalho, cujos principais objetivos foram avaliar a maneira como a planta de soja se adapta a diferentes arranjos espaciais (plasticidade) e identificar o arranjo espacial que melhor representasse ou possibilitasse associar o manejo de um cultivar moderno com alta produtividade agrícola.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em área experimental da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), no município de Piracicaba - SP, localizada a 22° 41’ 30’’ de latitude Sul, 47° 38’ 30’’ de longitude Oeste e 546 m de altitude. A instalação do experimento ocorreu em 4 de dezembro de 2001, colhendo-se as parcelas em 26 de abril de 2002. Foi utilizado o cultivar MG/BR - 46 (Conquista).

O solo da área experimental é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argiloso, profundo, com boa drenagem e textura muito argilosa. A adubação de base foi dimensionada em função dos resultados da análise química e da produtividade do cultivar, estimada para 2.500 kg/ha. Aplicou-se o equivalente a 300 kg ha⁻¹ da fórmula fertilizante 00-20-20, correspondendo a 60 kg de P₂O₅ e 60 kg K₂O, tendo-se como fontes, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. O nitrogênio foi fornecido através da fixação simbiótica do N₂ via inoculação das sementes com inoculante turfoso, na dose equivalente a 250 g por 50 kg de sementes.

Adotou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso com parcelas subdivididas e repetidas três vezes, constando de seis níveis do fator espaçamento entre linhas (0,20; 0,30; 0,40; 0,50; 0,60 e 0,70 m) (parcelas) e cinco níveis do fator população de plantas (70.000; 140.000; 210.000; 280.000 e 350.000 plantas/ha) (subparcelas), resultando em 30 arranjos espaciais (tratamentos). O número de linhas por unidade experimental foi variável, conforme a combinação entre espaçamentos e densidades de plantas na linha.

Em solo preparado convencionalmente, as parcelas foram instaladas por meio de sulcação e semeadura manuais. A profundidade de sulcação foi de aproximadamente 0,10 m para distribuição manual dos fertilizantes a serem aplicados na adubação de base. Após a distribuição do adubo, foi promovida a mistura deste com a terra do fundo do sulco, para evitar o contato direto das sementes com as partículas de fertilizante. Em seguida, as sementes previamente tratadas com fungicida e inoculadas com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum*, foram distribuídas manualmente no fundo dos sulcos, por meio de régua de semeadura, respeitando-se para cada parcela, a respectiva densidade de semeadura sorteada. Feita a semeadura a 0,05 m de profundidade, os sulcos foram cobertos com terra.

O fungicida utilizado no tratamento das sementes de soja foi o thiran + thiabendazole, na dose recomendada de 70 + 17 g de i.a. por 100 kg de sementes, respectivamente. Como a área experimental possui histórico de soja inoculada, as sementes receberam inoculante turfoso esterilizado na dose equivalente a 400 g/ 40 kg de sementes.

Uma vez instalada, a área experimental foi sistematicamente monitorada por meio de visitas rotineiras para a coleta de dados. Na medida em que foram necessários, foram adotados os tratos culturais e o controle fitossanitário recomendados para a condução da cultura da soja.

Identificada a maturidade de campo e realizadas as últimas coletas de dados, foi providenciada a colheita das áreas úteis de cada parcela, por meio de roçadora costal motorizada munida de disco rotativo com 80 dentes. As plantas cortadas foram enfeixadas, etiquetadas e encaminhadas para a trilha mecanizada. Posteriormente, as sementes foram limpas e acondicionadas em sacos de papel e encaminhadas ao laboratório para determinação da produtividade agrícola.

As características avaliadas foram: altura final de planta e de inserção de 1ª vagem, número de ramificações, de vagens chochas e de grãos por vagem, número total de vagens e de grãos, massa de 1000 grãos e produtividade agrícola.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante a fase vegetativa das plantas, iniciada a partir da emergência epígea em 10 de dezembro de 2001 e finalizada com o início do florescimento (estádio R₁), o ambiente disponibilizou considerável quantidade de energia na forma de luz e por meio de sua dissipação como calor, favorecendo o crescimento e desenvolvimento das plantas. Da mesma forma, também houve boa disponibilidade e distribuição das chuvas ao longo da fase vegetativa das plantas (Figura 1).

Com relação à fase reprodutiva, houve um aumento na disponibilidade de energia para o ambiente de experimentação, tanto em relação à radiação solar, como em relação às temperaturas. Para os 60 dias de fase vegetativa a disponibilidade média diária de energia na forma de radiação solar foi de 410,6 cal cm⁻² dia⁻¹. Para os 83 dias de fase reprodutiva, a disponibilidade média diária de energia foi de 587,5 cal cm⁻² dia⁻¹, associada também, a maiores valores de energia térmica.

Entretanto, com relação à quantidade de chuva, constata-se que a disponibilidade de água diminuiu para os eventos fisiológicos do florescimento e frutificação da soja, até o início da granação (estádio R₅). A partir deste último estágio iniciado em 7 de março de 2002, constatou-se a precipitação total de 255 mm, porém, mal distribuída, de maneira a comprometer os estádios intermediários e finais da granação (Figura 1).

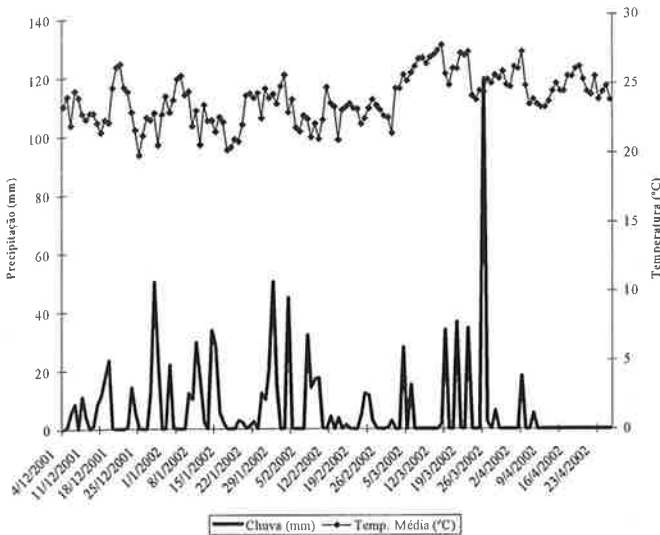


Figura 1 - Distribuição pluvial e temperatura média diária do ar, durante o período de experimentação em campo. Piracicaba, SP, 2002.

Dessa forma, uma leve compactação subsuperficial do solo associada a menor precipitação pluvial na fase mediana e final da formação dos grãos, poderia justificar as produtividades agrícolas observadas em níveis aquém da produtividade média esperada para o cultivar Conquista.

Avaliando-se as características agronômicas, na tabela 1, verifica-se que sob os tratamentos onde os espaçamentos são menores e as populações maiores, a altura final de plantas foi maior, enquanto que para os

tratamentos onde os espaçamentos são maiores e as populações menores, a altura final de plantas foi menor.

Observa-se, também, que as variáveis, altura de inserção de 1ª vagem e número de ramificações por planta são inversamente proporcionais, sendo que os tratamentos referentes às menores populações propiciaram uma menor altura de inserção de 1ª vagem e, portanto, maior número de ramificações por planta. Sendo o inverso verdadeiro para os tratamentos referentes às maiores populações.

Avaliando-se os tratamentos em relação ao fator população, observa-se que na população de 350.000 plantas por hectare, as plantas, praticamente, não apresentam ramificações, apresentando altura de inserção de 1ª vagem e final de planta maiores e mais uniformes. Já, a população de 70.000 plantas por hectare, não importando o espaçamento, apresenta grande número de ramificações por planta, altura final de planta média e baixa altura de inserção de 1ª vagem e número de ramificações por planta (Tabela 1).

O teste de Tukey para comparação de médias não revelou diferenças significativas para altura final de planta e altura de inserção na 1ª vagem quanto ao espaçamento entre linhas adotado (Tabela 2). Avaliando-se os tratamentos em relação ao fator espaçamento entre linhas, observa-se na tabela 1, que há variações no número de ramificações por planta, conforme a densidade de plantas na linha aumenta, mantendo-se o mesmo espaçamento. Alterando-se a densidade de semeadura, altera-se a densidade de plantas na linha, de maneira que, por meio do manejo populacional modifica-se a altura final de planta e a altura de inserção de 1ª vagem.

Enquanto as alturas de inserção de 1ª vagem e final não variaram significativamente com as variações de espaçamentos entre linhas, o número de ramificações por planta diminuiu com a abertura do espaçamento, tendo o espaçamento de 0,70 m proporcionado menor número

de ramificações por planta do que o espaçamento de 0,50 m entre linhas (Tabela 2).

Tabela 1. Valores médios observados para estande inicial e final (plantas/linha), altura de inserção da 1ª vagem e final de planta, número de ramificações, apresentados por tratamento

Trat.	Esp. (m)	Dens. (pl m ⁻¹)	Pop. (pl ha ⁻¹)	Estande Inicial	Alt. Final Planta (cm)	Alt. Inserção 1ª vagem	Nº Ramif.	Estande Final
T1	0,20	1,4	70.000	7	40,8	8,5	3,7	6
T2	0,20	2,8	140.000	14	44,5	13,7	2,7	11
T3	0,20	4,2	210.000	21	43,6	13,9	2,0	17
T4	0,20	5,6	280.000	28	47,1	16,0	2,0	22
T5	0,20	7,0	350.000	35	52,7	20,3	1,0	28
T6	0,30	2,1	70.000	11	39,7	9,3	3,7	8
T7	0,30	4,2	140.000	21	45,0	11,7	3,0	17
T8	0,30	6,3	210.000	32	50,0	17,1	2,3	26
T9	0,30	8,4	280.000	42	53,1	17,8	2,0	35
T10	0,30	10,5	350.000	53	53,8	21,5	1,0	42
T11	0,40	2,8	70.000	14	43,2	8,5	4,0	12
T12	0,40	5,6	140.000	28	45,8	12,0	2,7	23
T13	0,40	8,4	210.000	42	54,3	15,5	2,7	36
T14	0,40	11,2	280.000	56	51,2	15,7	2,0	47
T15	0,40	14,0	350.000	70	63,9	19,7	1,7	56
T16	0,50	3,5	70.000	18	43,7	7,4	3,7	14
T17	0,50	7,0	140.000	35	53,3	14,6	2,7	29
T18	0,50	10,5	210.000	53	58,7	17,5	2,3	44
T19	0,50	14,0	280.000	70	62,5	19,1	1,7	58
T20	0,50	17,5	350.000	88	59,4	19,8	1,3	72
T21	0,60	4,2	70.000	21	42,3	7,8	3,0	18
T22	0,60	8,4	140.000	41	47,5	12,7	2,7	37
T23	0,60	12,6	210.000	63	53,8	14,6	2,0	53
T24	0,60	16,8	280.000	84	53,2	14,0	1,7	70
T25	0,60	21,0	350.000	105	54,7	17,2	1,0	90
T26	0,70	4,9	70.000	24	38,9	9,1	3,0	20
T27	0,70	9,8	140.000	49	46,2	10,9	1,7	43
T28	0,70	14,7	210.000	74	52,7	13,5	2,0	57
T29	0,70	19,6	280.000	98	52,5	16,8	1,3	85
T30	0,70	24,5	350.000	123	52,5	15,6	1,0	90

Tabela 2. Valores médios observados para altura final de planta, altura de inserção da 1ª vagem e número de ramificações, apresentados por espaçamento entre linhas

Espaçamentos entre linhas (m)	Alt. Final de Planta (cm)	Alt. Inserção 1ª vagem	Nº Ramificações
0,20	45,8 a	14,5 a	2,3 ab
0,30	48,3 a	15,5 a	2,4 ab
0,40	51,7 a	14,3 a	2,6 a
0,50	55,5 a	15,7 a	2,3 ab
0,60	50,3 a	13,2 a	2,1 ab
0,70	48,6 a	13,2 a	1,8 b
D.M.S.	10,31	3,25	0,70
C.V. (%)	7,27	7,97	10,99

Na tabela 3, observa-se que para a população de 70.000 plantas por hectare, não importando o espaçamento, não houve diferenças significativas para altura final de planta, altura de inserção de 1ª vagem e número de ramificações. Porém, avaliando-se os arranjos espaciais que determinaram a população de 70.000 plantas por hectare, observa-se que as plantas, em relação as demais, apresentaram menor altura final e de inserção de 1ª vagem e maior número de ramificações. Isto devido a uma menor competição intraespecífica, uma baixa densidade de plantas. Segundo Gilioli et al. (1988), a densidade de plantas na linha é fator modificador da arquitetura da planta, permitindo que esta se adapte a certas condições, como por exemplo, à mecanização da colheita.

Para as populações de 140.000 plantas por hectare, não se observaram diferenças significativas quanto à altura final de planta e de inserção de 1ª vagem, o mesmo não sendo observado para o número de ramificações por planta, sendo que o maior espaçamento produziu menor número de ramificações, de onde se pode inferir que a competição na linha ou a

densidade de plantas na linha de semeadura é que determina o número de ramificações.

Ainda na tabela 3, diferenças estatisticamente significativas quanto à altura final de planta podem ser observadas para as populações de 210.000 e 280.000 plantas por hectare. Para o menor espaçamento entre linhas (0,20 m), observam-se plantas de menor porte, o que não acarretou variações significativas na altura de inserção de 1ª vagem. Para ambas as populações em questão, o maior porte de plantas é observado no espaçamento de 0,50 m entre linhas.

Reis et al. (1977) constataram que não houve efeito dos espaçamentos sobre as características estudadas, porém as densidades tiveram efeito, altamente significativo, sobre a altura das plantas e altura da primeira vagem, isto tendo sido constatado também por Nakagawa et al. (1986) para o número de ramificações por planta. Segundo Câmara (1998a) e Martins et al. (1999), alterando-se a densidade de semeadura, altera-se a densidade de plantas na linha, de maneira que, por meio do manejo populacional modifica-se a altura da planta.

A competição intraespecífica das plantas de soja pelos fatores do ambiente irá determinar maior ou menor porte de planta, maior ou menor número de ramificações, fatores estes inversamente proporcionais. Sob maiores densidades de plantas na linha, há uma menor disponibilidade de produtos da fotossíntese para o crescimento vegetativo, com menor formação de ramos, sendo os fotossimilados destinados ao crescimento das plantas em altura.

Avaliando-se o grau de acamamento, obteve-se para todos os tratamentos nota 1, o que indica que os arranjos espaciais adotados para o presente experimento foram adequados.

Tabela 3. Valores médios observados para estande inicial e final (plantas/linha), altura de inserção da 1ª vagem e final de planta, número de ramificações, apresentados por população

Trat.	Esp. (m)	Dens. (pl m ⁻¹)	Pop. (pl ha ⁻¹)	Estande Inicial	Alt. Final Planta (cm)	Alt. Inserção 1ª vagem	Nº Ramif.	Estande Final
T1	0,20	1,4	70.000	7	40,8 a	8,5 a	3,7 a	6
T6	0,30	2,1	70.000	11	39,7 a	9,3 a	3,7 a	8
T11	0,40	2,8	70.000	14	43,2 a	8,5 a	4,0 a	12
T16	0,50	3,5	70.000	18	43,7 a	7,4 a	3,7 a	14
T21	0,60	4,2	70.000	21	42,3 a	7,8 a	3,0 a	18
T26	0,70	4,9	70.000	24	38,9 a	9,1 a	3,0 a	20
T2	0,20	2,8	140.000	14	44,5 a	13,7 a	2,7 ab	11
T7	0,30	4,2	140.000	21	45,0 a	11,7 a	3,0 a	17
T12	0,40	5,6	140.000	28	45,8 a	12,0 a	2,7 ab	23
T17	0,50	7,0	140.000	35	53,3 a	14,6 a	2,7 ab	29
T22	0,60	8,4	140.000	41	47,5 a	12,7 a	2,7 ab	37
T27	0,70	9,8	140.000	49	46,2 a	10,9 a	1,7 b	43
T3	0,20	4,2	210.000	21	43,6 b	13,9 a	2,0 a	17
T8	0,30	6,3	210.000	32	50,0 ab	17,1 a	2,3 a	26
T13	0,40	8,4	210.000	42	54,3 ab	15,5 a	2,7 a	36
T18	0,50	10,5	210.000	53	58,7 a	17,5 a	2,3 a	44
T23	0,60	12,6	210.000	63	53,8 ab	14,6 a	2,0 a	53
T28	0,70	14,7	210.000	74	52,7 ab	13,5 a	2,0 a	57
T4	0,20	5,6	280.000	28	47,1 b	16,0 a	2,0 a	22
T9	0,30	8,4	280.000	42	53,1 ab	17,8 a	2,0 a	35
T14	0,40	11,2	280.000	56	51,2 ab	15,7 a	2,0 a	47
T19	0,50	14,0	280.000	70	62,5 a	19,1 a	1,7 a	58
T24	0,60	16,8	280.000	84	53,2 ab	14,0 a	1,7 a	70
T29	0,70	19,6	280.000	98	52,5 ab	16,8 a	1,3 a	85
T5	0,20	7,0	350.000	35	52,7 a	20,3 ab	1,0 a	28
T10	0,30	10,5	350.000	53	53,8 a	21,5 a	1,0 a	42
T15	0,40	14,0	350.000	70	63,9 a	19,7 ab	1,7 a	56
T20	0,50	17,5	350.000	88	59,4 a	19,8 ab	1,3 a	72
T25	0,60	21,0	350.000	105	54,7 a	17,2 ab	1,0 a	90
T30	0,70	24,5	350.000	123	52,5 a	15,6 b	1,0 a	90
C.V. (%)				-	10,07	13,92	21,78	-

Reis et al. (1977) obtiveram resultados significativos quanto a influência dos espaçamentos sobre o grau de acamamento.

Um dos componentes da produção da planta que contribui para a maior tolerância em produtividade à variação na população é o número de vagens por planta que varia inversamente ao aumento ou redução da população (Peixoto et al., 2000).

Nas tabelas 4, 5 e 6, observa-se que dentro de cada espaçamento, as menores populações (70.000 e 140.000 plantas por hectare) proporcionaram maiores valores para o número total de vagens e número total de grãos por planta. Decompondo-se o número total de vagens nas categorias estudadas, constata-se, de maneira geral, maior participação numérica das vagens com 3 e 2 grãos, seguidas de vagens chochas e com apenas 1 grão. Na categoria vagens chochas, dentro de cada espaçamento observa-se maior chochamento de vagens nas menores populações. Nakagawa et al. (1986), assim como Costa & Pendleton (1979), observaram menores porcentagens de vagens granadas nos tratamentos relativos a menores densidades de plantas na linha, o que indica que nestas condições, um maior número de vagens formadas, em função da competição nutricional entre as inflorescências dentro da planta, não desenvolveu suas sementes.

Na tabela 4, observam-se maiores valores para o número total de grãos (acima de 100 grãos por planta) para as populações de 70.000 e 140.000 plantas por hectare. Proporcionalmente ao aumento da população de plantas, observa-se redução tanto no número total de grãos, quanto no número total de vagens formadas por planta. Decompondo-se esta última, notam-se duas situações: a) maior participação de vagens com 3 e 2 grãos seguidos de vagens chochas e de vagens com apenas 1 grão; b) todas as categorias avaliadas diminuem em quantidade proporcionalmente ao aumento da população de plantas.

Tabela 4. Valores médios, em dez plantas, para número de vagens chochas, com 1 grão (C/1), com 2 grãos (C/2) e com três grãos (C/3), número total de vagens e de grãos por planta e número de grãos por vagem, apresentados por tratamento

Trat.	Esp. (m)	Dens. (pl m ⁻¹)	Pop. (pl ha ⁻¹)	Vagens Chochas	C/1	C/2	C/3	Total Vagens	Total Grãos	Grãos Vagem
T1	0,20	1,4	70.000	12,0	4,7	45,3	44,3	106,0	199,7	1,9
T2	0,20	2,8	140.000	5,7	2,3	29,7	30,7	68,7	136,7	2,0
T3	0,20	4,2	210.000	4,0	1,7	20,7	24,0	50,0	99,3	2,0
T4	0,20	5,6	280.000	4,3	2,0	18,7	20,0	44,7	86,3	1,9
T5	0,20	7,0	350.000	2,0	0,7	11,3	13,7	28,7	56,3	2,0
T6	0,30	2,1	70.000	8,7	4,3	43,7	40,3	96,3	183,7	1,9
T7	0,30	4,2	140.000	6,0	2,0	32,7	30,3	71,0	139,3	2,0
T8	0,30	6,3	210.000	4,7	1,3	18,3	21,3	45,3	85,3	1,9
T9	0,30	8,4	280.000	3,3	1,3	18,0	20,3	42,7	88,0	2,1
T10	0,30	10,5	350.000	2,0	0,7	11,0	11,3	25,0	50,0	2,0
T11	0,40	2,8	70.000	7,7	4,3	51,3	44,0	107,0	216,7	2,0
T12	0,40	5,6	140.000	5,7	2,0	31,0	28,0	66,3	130,7	2,0
T13	0,40	8,4	210.000	4,7	2,3	21,3	25,7	54,0	107,7	2,0
T14	0,40	11,2	280.000	4,0	1,3	19,3	18,0	42,7	80,7	1,9
T15	0,40	14,0	350.000	3,0	1,3	18,3	17,0	39,3	77,7	2,0
T16	0,50	3,5	70.000	8,3	4,3	48,3	38,7	100,0	193,7	1,9
T17	0,50	7,0	140.000	6,3	2,3	30,7	33,0	72,0	141,7	2,0
T18	0,50	10,5	210.000	4,3	1,3	22,3	22,3	50,0	98,7	2,0
T19	0,50	14,0	280.000	4,0	1,3	15,3	18,3	38,3	76,3	2,0
T20	0,50	17,5	350.000	2,7	0,0	14,0	14,3	31,0	60,7	2,0
T21	0,60	4,2	70.000	6,0	5,7	51,7	39,3	102,7	203,0	2,0
T22	0,60	8,4	140.000	5,7	2,3	33,0	29,7	70,7	140,7	2,0
T23	0,60	12,6	210.000	5,3	1,7	22,0	21,3	50,0	94,0	1,9
T24	0,60	16,8	280.000	5,0	1,7	20,0	18,0	44,7	80,3	1,8
T25	0,60	21,0	350.000	2,7	0,7	15,7	12,3	31,7	59,7	1,9
T26	0,70	4,9	70.000	6,0	3,0	34,0	31,3	74,3	147,7	2,0
T27	0,70	9,8	140.000	4,3	1,7	21,3	21,3	48,0	96,0	2,0
T28	0,70	14,7	210.000	3,0	1,3	22,7	21,0	48,3	97,3	2,0
T29	0,70	19,6	280.000	2,3	1,0	17,3	13,3	34,0	68,0	2,0
T30	0,70	24,5	350.000	1,7	0,7	10,7	10,0	22,7	43,7	1,9

Estes resultados confirmam a maior competição intraespecífica pelos fotoassimilados para o maior crescimento das plantas em altura, em detrimento do aumento de ramificações produtivas por planta, fato este também observado por Câmara (1998a), Peixoto (1998) e Martins et al. (1999).

Os espaçamentos entre linhas estudados não mostraram diferenças significativas quanto ao número de vagens chochas, com 1, com 2 e com 3 grãos, o mesmo não ocorrendo para o número total de vagens e de grãos por planta. Para todos os espaçamentos entre linhas manteve-se uma proporção relativamente constante entre número de vagens chochas, com 1, 2 e 3 grãos (Tabela 5).

Na tabela 4, apresenta-se também, o número médio de grãos por vagem, calculado a partir da razão entre o número total de grãos e o número total de vagens por planta. Nota-se que essa característica não variou em função dos tratamentos, indicando que o número de grãos por vagem no cultivar MG/BR 46 (Conquista) é uma característica tipicamente genética e que não sofreu nenhuma influência dos diferentes arranjos espaciais utilizados.

Na tabela 6 são observadas diferenças significativas na população de 70.000 plantas por hectare para número de vagens chochas, com 1 grão, com 2 grãos, total de vagens e de grãos. O espaçamento de 0,20 m entre linhas somado a baixa densidade de plantas na linha fez com que as plantas produzissem uma elevada quantidade de vagens chochas, o que, porém, não determinou decréscimo na produção total de grãos por planta. A maior produção de vagens viáveis, conseqüentemente uma maior produção de grãos por planta, é observada no espaçamento de 0,40 m entre linhas.

O número total de grãos, estando estreitamente relacionado com o número total de vagens, apresenta variação semelhante a este, de forma que também diminui com o aumento da população (Val et al., 1971).

Tabela 5. Valores médios, em dez plantas, para número de vagens chochas, com 1 grão (C/1), com 2 grãos (C/2) e com três grãos (C/3) e número total de vagens e de grãos por planta, apresentados por espaçamento entre linhas

Espaçamentos entre linhas (m)	Vagens Chochas				Total	Total
		C/ 1	C/2	C/3	Vagens	Grãos
0,20	5,6 a	2,3 a	25,1 a	26,5 a	59,6 a	115,7 a
0,30	4,9 a	1,9 a	24,7 a	24,7 a	56,1 a	109,3 a
0,40	5,0 a	2,3 a	28,3 a	26,5 a	61,9 a	122,7 a
0,50	5,1 a	1,9 a	26,1 a	25,3 a	58,3 a	114,2 a
0,60	4,9 a	2,4 a	28,5 a	24,1 a	59,9 a	115,5 a
0,70	3,5 a	1,5 a	21,2 a	19,4 a	45,5 a	90,5 a
D.M.S.	3,62	1,20	9,19	8,77	18,75	39,67
C.V. (%)	26,38	20,73	12,64	12,66	11,63	12,57

Observa-se ainda que quanto maior a competição intraespecífica, determinada pelo maior número de plantas na linha, menor é a produtividade por planta, o que é compensado ao final pelo número total de plantas por unidade de área. Nakagawa et al. (1986) estudando o desempenho de dois cultivares de soja sob densidades de 7, 14 e 21 plantas por metro, constataram que o número de plantas por unidade de área compensou a menor produção por planta, originando maior produtividade. O mesmo foi verificado por diversos pesquisadores, que constataram que muitos cultivares de soja suportam ampla variação na população de plantas, sem apresentarem mudanças apreciáveis na produtividade (Queiroz, 1975).

Tabela 6. Valores médios, em dez plantas, para número de vagens chochas, com 1 grão (C/1), com 2 grãos (C/2) e com três grãos (C/3) e número total de vagens e grãos por planta, por população

Trat.	Esp. (m)	Dens. (pl m ⁻¹)	Pop. (pl ha ⁻¹)	Vagens Chochas	C/1	C/2	C/3	Total Vagens	Total Grãos
T1	0,20	1,4	70.000	12,0 a	4,7 ab	45,3 ab	44,3 a	106,0 a	199,7 ab
T6	0,30	2,1	70.000	8,7 ab	4,3 ab	43,7 ab	40,3 a	96,3 ab	183,7 ab
T11	0,40	2,8	70.000	7,7 ab	4,3 ab	51,3 a	44,0 a	107,0 a	216,7 a
T16	0,50	3,5	70.000	8,3 ab	4,3 ab	48,3 a	38,7 a	100,0 ab	193,7 ab
T21	0,60	4,2	70.000	6,0 b	5,7 a	51,7 a	39,3 a	102,7 ab	203,0 ab
T26	0,70	4,9	70.000	6,0 b	3,0 b	34,0 b	31,3 a	74,3 b	147,7 b
T2	0,20	2,8	140.000	5,7 a	2,3 a	29,7 a	30,7 a	68,7 a	136,7 a
T7	0,30	4,2	140.000	6,0 a	2,0 a	32,7 a	30,3 a	71,0 a	139,3 a
T12	0,40	5,6	140.000	5,7 a	2,0 a	31,0 a	28,0 a	66,3 a	130,7 a
T17	0,50	7,0	140.000	6,3 a	2,3 a	30,7 a	33,0 a	72,0 a	141,7 a
T22	0,60	8,4	140.000	5,7 a	2,3 a	33,0 a	29,7 a	70,7 a	140,7 a
T27	0,70	9,8	140.000	4,3 a	1,7 a	21,3 a	21,3 a	48,0 a	96,0 a
T3	0,20	4,2	210.000	4,0 a	1,7 a	20,7 a	24,0 a	50,0 a	99,3 a
T8	0,30	6,3	210.000	4,7 a	1,3 a	18,3 a	21,3 a	45,3 a	85,3 a
T13	0,40	8,4	210.000	4,7 a	2,3 a	21,3 a	25,7 a	54,0 a	107,7 a
T18	0,50	10,5	210.000	4,3 a	1,3 a	22,3 a	22,3 a	50,0 a	98,7 a
T23	0,60	12,6	210.000	5,3 a	1,7 a	22,0 a	21,3 a	50,0 a	94,0 a
T28	0,70	14,7	210.000	3,0 a	1,3 a	22,7 a	21,0 a	48,3 a	97,3 a
T4	0,20	5,6	280.000	4,3 a	2,0 a	18,7 a	20,0 a	44,7 a	86,3 a
T9	0,30	8,4	280.000	3,3 a	1,3 a	18,0 a	20,3 a	42,7 a	88,0 a
T14	0,40	11,2	280.000	4,0 a	1,3 a	19,3 a	18,0 a	42,7 a	80,7 a
T19	0,50	14,0	280.000	4,0 a	1,3 a	15,3 a	18,3 a	38,3 a	76,3 a
T24	0,60	16,8	280.000	5,0 a	1,7 a	20,0 a	18,0 a	44,7 a	80,3 a
T29	0,70	19,6	280.000	2,3 a	1,0 a	17,3 a	13,3 a	34,0 a	68,0 a
T5	0,20	7,0	350.000	2,0 a	0,7 a	11,3 a	13,7 a	28,7 a	56,3 a
T10	0,30	10,5	350.000	2,0 a	0,7 a	11,0 a	11,3 a	25,0 a	50,0 a
T15	0,40	14,0	350.000	3,0 a	1,3 a	18,3 a	17,0 a	39,3 a	77,7 a
T20	0,50	17,5	350.000	2,7 a	0,0 a	14,0 a	14,3 a	31,0 a	60,7 a
T25	0,60	21,0	350.000	2,7 a	0,7 a	15,7 a	12,3 a	31,7 a	59,7 a
T30	0,70	24,5	350.000	1,7 a	0,7 a	10,7 a	10,0 a	22,7 a	43,7 a
C.V. (%)				46,72	42,20	18,74	22,64	19,62	18,90

Entre os componentes da produção da planta tem-se o número de vagens por planta, o número de sementes por vagem e a massa da semente. Todos possuem controle genético, porém, em função da planta de soja ajustar-se ao espaço disponível, ora aumentando, ora diminuindo a sua altura e, principalmente, o número de ramificações da haste principal, tem-se que o número de vagens por planta, principalmente o número de vagens granadas, é o componente da produção da planta mais influenciável pelas condições de manejo e do ambiente de produção (Cooperative, 1994; Câmara, 1998a; Marchiori, 1998; Thomas et al., 1998; Martins et al., 1999; Peixoto et al., 1999; Pires et al., 2000)

Quanto a produtividade agrícola, numericamente, apenas cinco tratamentos proporcionaram produtividades superiores a 2.600 kg/ha, a saber: T14 com 2.740,1 kg/ha (280.000 plantas/ha); T20 com 2.677,3 kg/ha (350.000 plantas/ha); T7 com 2.659,9 kg/ha (140.000 plantas/ha); T9 com 2.635,3 kg/ha (280.000 plantas/ha) e T10 com 2.608,3 kg/ha (350.000 plantas/ha).

Na tabela 7, nota-se que a produtividade agrícola cresce proporcionalmente com o aumento da população de plantas e, dentro de cada grupo populacional, destaca-se o espaçamento de 0,30 m entre linhas, com exceção para a menor população de plantas de soja por hectare. Em seguida, destaca-se o espaçamento de 0,40 m entre linhas, principalmente, dentro das populações de 70.000, 280.000 e 350.000 plantas por hectare, com as densidades de 2,8; 11,2 e 14,0 plantas por metro de linha, respectivamente.

Estatisticamente, não foram constatadas diferenças significativas entre os espaçamentos entre linhas, para massa de 1000 grãos e produtividade agrícola (Tabela 8).

Tabela 7. Valores médios para massa de 1000 grãos e produtividade agrícola, ambas corrigidas a 13% de umidade, apresentados por população

Trat.	Esp. (m)	Dens. (pl m ⁻¹)	Pop. (pl ha ⁻¹)	Massa 1000 grãos (g)	Produtividade Agrícola (kg ha ⁻¹)
T1	0,20	1,4	70.000	182,93 ab	1818,19 a
T6	0,30	2,1	70.000	180,52 b	1699,80 a
T11	0,40	2,8	70.000	201,25 a	2256,26 a
T16	0,50	3,5	70.000	188,68 ab	2072,53 a
T21	0,60	4,2	70.000	186,18 ab	1956,82 a
T26	0,70	4,9	70.000	183,79 ab	1533,39 a
T2	0,20	2,8	140.000	182,90 a	2366,11 a
T7	0,30	4,2	140.000	183,53 a	2659,89 a
T12	0,40	5,6	140.000	182,62 a	2478,84 a
T17	0,50	7,0	140.000	180,94 a	2530,95 a
T22	0,60	8,4	140.000	183,70 a	2114,03 a
T27	0,70	9,8	140.000	186,00 a	2058,63 a
T3	0,20	4,2	210.000	181,76 a	2261,88 a
T8	0,30	6,3	210.000	178,96 a	2296,05 a
T13	0,40	8,4	210.000	186,90 a	2295,38 a
T18	0,50	10,5	210.000	183,29 a	2529,38 a
T23	0,60	12,6	210.000	180,42 a	1972,24 a
T28	0,70	14,7	210.000	181,58 a	2174,03 a
T4	0,20	5,6	280.000	182,22 a	2376,37 a
T9	0,30	8,4	280.000	185,22 a	2635,30 a
T14	0,40	11,2	280.000	184,95 a	2740,10 a
T19	0,50	14,0	280.000	180,34 a	2263,77 a
T24	0,60	16,8	280.000	183,57 a	2145,34 a
T29	0,70	19,6	280.000	175,87 a	2201,03 a
T5	0,20	7,0	350.000	177,36 a	2233,36 a
T10	0,30	10,5	350.000	182,33 a	2608,28 a
T15	0,40	14,0	350.000	183,15 a	2663,48 a
T20	0,50	17,5	350.000	186,35 a	2677,32 a
T25	0,60	21,0	350.000	181,58 a	2091,72 a
T30	0,70	24,5	350.000	185,58 a	2549,13 a
C.V.(%)				4,42	12,06

Tabela 8. Valores médios para número total de grãos por planta, massa de 1000 grãos e produtividade agrícola, ambas corrigidas a 13% de umidade, apresentados por espaçamento entre linhas

Espaçamentos entre linhas (m)	Massa 1000 grãos (g)	Produtividade Agrícola (kg ha ⁻¹)
0,20	181,44 a	2211,18 a
0,30	182,11 a	2379,86 a
0,40	187,78 a	2486,81 a
0,50	183,92 a	2414,79 a
0,60	183,09 a	2056,03 a
0,70	182,56 a	2103,24 a
D.M.S.	9,44	737,72
C.V. (%)	1,82	11,44

O efeito da população sobre a massa de grãos é variável. Val et al. (1971), dentre outros pesquisadores, afirmam que a massa de 1000 sementes não sofre variação com a mudança na densidade de plantas na linha. Em contrapartida, autores como Weber et al. (1966), afirmam ter encontrado aumento desta característica relacionado ao aumento da população de plantas. Peixoto (1998) obteve resultados em que o aumento da densidade de plantas na linha aumentou linearmente a massa de grãos.

Apenas para a população de 70.000 plantas por hectare, o arranjo espacial determinado pelo espaçamento entre linhas de 0,40 m com 2,8 plantas por metro de linha, proporcionou, numericamente, a maior produtividade agrícola de grãos (2.256,3 kg/ha) e a maior massa de 1000 grãos (201,3 g), significativamente superior a massa de 1000 grãos proporcionada pela combinação de 0,30 m entre linhas com 2,1 plantas por metro de linha.

Na tabela 8, nota-se que a massa de 1000 grãos e a produtividade agrícola crescem, numericamente, do menor espaçamento entre linhas (0,20

m) para os espaçamentos intermediários (0,40 e 0,50 m), decrescendo para os maiores espaçamentos entre fileiras de plantas (0,60 e 0,70 m).

Esses desempenhos indicam que, provavelmente, nos menores espaçamentos entre linhas haja maior competição entre as plantas pelos fatores de crescimento presentes no meio, diminuindo a massa dos grãos, enquanto nos maiores espaçamentos, a menor competição entre as plantas e, principalmente, o menor número de indivíduos por unidade de área, contribuam para as menores produtividades observadas.

CONCLUSÕES

Para a faixa populacional de 70.000 a 350.000 plantas de soja por hectare, o aumento populacional por meio da redução do espaçamento entre linhas ou do aumento da densidade de plantas na linha, constitui-se em estratégia de manejo para aumentar a altura de planta e a altura de inserção de 1ª vagem, possibilitando porte mais compatível com a colheita mecanizada da cultura, sem risco de acamamento de plantas.

O número de vagens é o mais importante dos componentes da produção por planta, por ser diretamente influenciado pelo arranjo populacional das plantas na área de produção.

O cultivar de soja MG/BR 46 (Conquista) apresenta ampla plasticidade, ajustando os seus componentes da produção aos diferentes arranjos espaciais, sem que ocorram significativas diferenças de produtividade.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP e aos funcionários do Departamento Vegetal da USP/ESALQ.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARNI, N.A.; GOMES, J.E.S.; GONÇALVES, J.C. Efeito da época de semeadura, espaçamento e população de plantas sobre o desempenho da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), em solo hidromórfico. **Agronomia Sulriograndense**, v. 21, n. 2, p. 245 - 296, 1985.
- BARNI, N.A.; BERGAMASCHI, H. Alguns princípios técnicos para a semeadura. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. (Ed.). **A soja no Brasil**. Campinas: ITAL, 1981. p. 453-685.
- BOARD, J.E.; HARVILLE, B.G. Explanations for greater light interception in narrow vs. wide-row soybean. **Crop Science**, v. 32, n. 1, p. 198 - 202, 1992.
- CÂMARA, G.M.S.; HEIFFIG, L.S. Fisiologia, ambiente e rendimento da cultura da soja. In: CÂMARA, G.M.S. (Ed.). **Soja: tecnologia da produção**. Piracicaba: ESALQ/LPV, 2000. p. 81-120.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa da Soja. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região Central do Brasil**. Londrina: Embrapa, 2000. 245 p.
- GAUDÊNCIO, C.A.A.; GAZZIERO, D.L.P.; JASTER, F.; GARCIA, A.; WOBETO, C. População de plantas de soja no sistema de semeadura direta para o Centro-Sul do Estado do Paraná. Londrina: Embrapa, CNPSo, 1990. 4 p. (Comunicado Técnica, 47)
- GAZZIERO, D.L.P.; SOUZA, I.F. Manejo integrado de plantas daninhas. In: ARANTES, N.E.; SOUZA, P.I.M. (Ed.). **Cultura da soja nos Cerrados**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 183 - 208.

- GAZZONI, D.L. Avaliação do efeito de três níveis de desfolhamento aplicado em quatro estádios de crescimento de dois cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) sobre a produção e a qualidade do grão. Porto Alegre, 1974. 70 p. Dissertação (Mestrado) – UFRGS.
- GONZÁLEZ, A.; AGUDELO, O.; ROJAS, H. **Alteración de las variables fisiológicas de la soya bajo diferentes sistemas de labranza**. Palmira: ICA, 1988. 22 p.
- MÜLLER, L. Fisiologia. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.L. (Ed.). **A soja no Brasil**. Campinas, 1981. p. 109 - 129.
- PEIXOTO, C.P. P. Análise de crescimento e rendimento de três cultivares de soja em três épocas de semeadura e três densidades de plantas. Piracicaba, 1998. 151 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- PEIXOTO, C.P.; CÂMARA, G.M.S.; MARTINS, M.C.; MARCHIORI, L.F.S.; GUERZONI, R.A.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I. Componentes da produção e rendimentos de grãos. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 1, p. 89 - 96, 2000.
- PIRES, J.L.F.; 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. 89 - 92, 1998.
- PORRAS, C.A.; CAYÓN, D.G.; DELGADO, O.A. Comportamento fisiológico de genótipos de soja en diferentes arreglos de siembra. **Acta Agronómica**, v. 47, n. 1, p. 9 - 15, 1997.
- SCOTT, W.O.; ALDRICH, S.R. **Produccion moderna de la soja**. Buenos Aires: Hemisferio Sur, 1975. 192 p.
- SHAW, R.H.; WEBER, C.R. Effects of canopy arrangements on light interception and yield of soybeans. **Agronomy Journal**, v. 59, n. 2, p. 155 - 159, 1967.

- SHIBLES, R.M.; WEBER, C.R. leaf area, solar radiation interception and dry matter production by soybeans. **Crop Science**, v. 5, p. 575 - 577, 1965.
- VAL, W.M.C.; BRANDÃO, S.S.; GALVÃO, J.D.; GOMES, F.R. Efeito do espaçamento entre fileiras e da densidade na fileira sobre a produção de grãos e outras características agrônômicas da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Experimentiae**, v. 12, n. 12, p. 431 - 475, dez. 1971.
- WEBER, C.R.; SHIBLES, R.M.; BYTH, D.E. Effect of plant population and row spacing on soybean development and production. **Agronomy Journal**, v. 58, p. 99 - 102, 1966.
- WELLS, R. Dynamics of soybean growth in variable planting patterns. **Agronomy Journal**, v. 1, n. 81, p. 44 - 48, 1993.
- WELLS, R. Soybean growth response to plant density: relationships among photosynthesis, leaf area, and light interception. **Crop Science**, v. 31, n. 3, p. 755 - 756, 1991.