

Influência do espaçamento e população de plantas sobre doenças de final de ciclo e oídio e caracteres agrônômicos em soja

Jorge Luiz Knebel¹, Vandeir Francisco Guimarães^{2*}, Marcelo Andreotti³ e José Renato Stangarlin²

¹Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná. ²Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Rua Pernambuco, 1777, Cx. Postal 1008, 85960-000, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil. ³Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus de Ilha Solteira. *Autor para correspondência. e-mail: vandeirfg@yahoo.com.br

RESUMO. Este trabalho foi conduzido em Cascavel, Estado do Paraná, na safra de 2004/2005, utilizando a cultivar de soja CD 202, para avaliar a influência do espaçamento e da população de plantas sobre a severidade de (DFC) doenças de final de ciclo (*Septoria glycines* e *Cercospora kikuchii*) e oídio da soja (*Microsphaera diffusa*) e caracteres agrônômicos da cultura. Os tratamentos foram 3 espaçamentos (22,5; 45,0 e 67,5 cm) e 3 populações (200; 400; e 600 mil plantas ha⁻¹). As DFC tiveram menor severidade no espaçamento reduzido e na população mais baixa, enquanto a ocorrência de oídio não se alterou. Em todos os espaçamentos, quanto maior a população de plantas, maior a altura final e, conseqüentemente, maior o acamamento de plantas. O número de legumes/planta foi superior no maior espaçamento e reduziu com o aumento da população; o número de grãos/planta diminuiu com o aumento da população; e a produtividade foi superior no menor espaçamento.

Palavras-chave: doenças soja, DFC, oídio, espaçamento, densidade.

ABSTRACT. Influence of row spacing and plant population on late season disease severity, powdery mildew and agronomic characters in soybean. This study was carried out in Cascavel, Paraná State, during the growing season 2004/2005, using soybean cultivar CD 202. The aim was to evaluate the influence of row-spacing and plant population on late season disease severity (*Septoria glycines* and *Cercospora kikuchii*), soybean powdery mildew (*Microsphaera diffusa*) and agronomic characters of the culture. The treatments were three row spacing (22.5; 45.0 and 67.5 cm) and three plant populations (200; 400; and 600 thousand plants ha⁻¹). Late season disease had smaller severity in the reduced spacing and in the lowest population, while the powdery mildew occurrence did not modify with these factors. In all spacing, as larger the plants density, larger the plants height and consequently larger the plants fallen. The number pods per plant was higher with the largest spacing and it decreased with the population increase; the number of grains per plant decreased with the population increase; and the productivity was higher in the smallest spacing.

Key words: soybean diseases, row spacing, density, plant population.

Introdução

Entre os principais fatores que limitam a obtenção de altas produtividades em soja estão as doenças. Aproximadamente 40 doenças causadas por fungos, bactérias, nematóides e vírus já foram identificados nessa cultura, no Brasil. Esse número continua aumentando como conseqüência da expansão da cultura para novas áreas e do monocultivo. A importância econômica de cada doença varia em função do ano e da região, dependendo das condições climáticas de cada safra e influenciada também pelo espaçamento e população de plantas. As perdas anuais de produção por doenças são estimadas em 15 a 20%, entretanto, algumas doenças podem ocasionar perdas de quase 100% (Embrapa, 2004).

Sob condições favoráveis, as doenças foliares de final de ciclo, causadas por *Septoria glycines* (mancha parda) e *Cercospora kikuchii* (crestamento foliar de Cercospora), podem causar reduções de produtividade de mais de 20%. Ambas ocorrem na mesma época e, devido às dificuldades para avaliá-las individualmente, são consideradas como o "complexo de doenças de final de ciclo (DFC)" (Embrapa, 2004).

De maneira geral, as doenças estão intimamente ligadas às condições climáticas, ou seja, temperatura e umidade (molhamento foliar). As doenças de final de ciclo se manifestam com maior intensidade quando a temperatura varia entre 22 e 30°C e quando as chuvas são freqüentes e acima da normal. A não ocorrência das condições climáticas requeridas pode

desfavorecer o aparecimento das doenças, não sendo necessária utilização do controle químico (Reis *et al.*, 2004).

Segundo Balardin (2002), a temperatura ótima para o desenvolvimento do crestamento por cercospora situa-se entre 23 e 30°C. O aumento do período de molhamento foliar favorece o aumento na severidade da doença. Para um progresso favorável da doença são necessárias, no mínimo de 24 a 48 horas de umidade foliar (Picinini e Fernandes, 1998).

O oídio da soja (*Microsphaera diffusa*) foi registrado inicialmente na safra 1996/97, provocando perdas em diversos cultivares de soja estimadas entre 30 a 40% da produtividade (Yorinori, 1997). A partir de então, tem sido observada a ocorrência de oídio nas regiões mais altas (acima de 750 m de altitude) em cultivos tardios e cultivares suscetíveis.

Para a ocorrência de oídio as condições mais favoráveis são a baixa umidade do ar (clima seco) e temperaturas amenas (18-22°C) (Reis *et al.*, 2004).

Balardin (2002) afirma que temperatura superior a 30°C inibe o desenvolvimento da doença. O molhamento foliar é um fator inibidor no estabelecimento do oídio. Esta é uma das razões pelas quais a doença apresenta uma severidade elevada durante os estádios vegetativos. Precipitação intensa e freqüente pode se constituir em um fator inibidor ao desenvolvimento do oídio.

A incidência de doenças de final de ciclo e do oídio na soja tem aumentado com o passar dos anos, promovidas, principalmente, pelo monocultivo desta cultura e pelo sistema de plantio direto na palha (Reis *et al.*, 2004), sendo que este sistema proporciona um microclima favorável às doenças no dossel de plantas, podendo sua ocorrência sofrer influência em função do espaçamento da cultura e da população de plantas (Barni *et al.*, 1985).

Estudando a influência do espaçamento das entrelinhas na produtividade da soja, na Estação Experimental da UFRGS, Pires *et al.* (2000), utilizando a cultivar FT Saray, e Ventimiglia *et al.* (1999), utilizando a cultivar Ocepar 14, verificaram que com 20 cm entrelinhas o potencial de produtividade da soja foi aproximadamente 10% superior que com 40 cm.

Tabela 1. Resultado da análise de solo da área experimental.

Cmolc dm ⁻³							g dm ⁻³		%		mg L ⁻¹ ou mg dm ⁻³ ou ppm					
Ca	Mg	K	Al	H+Al	S	T	C	MO	Al	V	P	Fe	Mn	Cu	Zn	PH CaCl2
8,65	5,50	0,54	0,00	4,61	14,69	19,30	25,71	44,22	0,00	76,11	17,10	98,38	75,36	4,90	6,07	5,50
NÍVEL			NÍVEL			NÍVEL		NÍVEL		NÍVEL		NÍVEL				
alto	Alto	alto	baixo	alto	alto	alto	alto	alto	baixo	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto

Níveis de interpretação de análise de solo conforme Boletim Técnico "Tecnologias de Produção de Soja no Paraná (Embrapa 2005).

A adubação utilizada foi constituída de 245 Kg ha⁻¹ do adubo formulado 00-20-25, de acordo com a recomendação da Embrapa Soja (Embrapa, 2004)

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema fatorial

Kratochvil *et al.* (2004) testaram por três anos (2000 a 2002), nos sistemas de produção de soja com uma e com duas safras anuais, 48 cultivares de soja em Maryland (EUA) e obtiveram maior produtividade no espaçamento de 19 cm do que com 38 cm entrelinhas. Com a redução de 20% na população de plantas, de 345 para 276 mil ha⁻¹, na safra normal (plantio em abril com uma safra anual) não houve redução de produtividade.

O arranjo de plantas pode ser modificado pela variação na população de plantas e pelo espaçamento entre linhas, alterando a área e a forma da área disponível para cada planta. Isto se reflete na competição diferenciada entre as plantas, influenciando na produtividade da cultura e no aspecto fitossanitário, podendo alterar a ocorrência de DFC e de oídio (Barni *et al.*, 1985; Costa *et al.*, 2002).

São escassas as informações na literatura sobre a interação espaçamento e população de plantas com a ocorrência de doenças. Segundo Costa *et al.* (2002), alguns autores citam o aumento de doenças com a redução do espaçamento entre linhas devido à ocorrência de maior umidade no interior do dossel devido a cobertura do solo mais rápida. No entanto, não existem dados que comprovem tal hipótese.

Com base nestas considerações, foi realizado este estudo com o objetivo de verificar o comportamento da soja em diferentes espaçamentos, população de plantas e a interação na ocorrência de doenças de final de ciclo e oídio, na produtividade e componentes de produção.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em condições de campo, em área com 12 anos utilizando o sistema plantio direto na palha, onde a cultura anterior de verão foi soja e inverno aveia para adubação verde. A área pertence à Coopavel Cooperativa Agroindustrial, no município de Cascavel, Estado do Paraná, localizada na BR 277, Km 577, e apresenta altitude de 760 metros, latitude 24° 57' 30" S e longitude 53° 28' 30" W.

O solo da área de implantação do experimento é argiloso com 65 % de argila. As características químicas do solo estão descritas na Tabela 1.

(3x3), utilizando-se três espaçamentos entrelinhas e três populações de plantas, de acordo com a Tabela 2.

Cada parcela constituiu-se de 7 m de comprimento com sua largura variando conforme o espaçamento. Para o tratamento com espaçamento de

22,5 cm foram utilizadas 10 linhas, obtendo-se a largura de 2,25 m da parcela; no espaçamento de 45,0 cm foram utilizadas cinco linhas, obtendo-se a largura da parcela também de 2,25 m; e no espaçamento de 67,5 cm foram utilizadas quatro linhas obtendo-se a largura de 2,7 m.

Tabela 2. Resumo dos tratamentos que foram utilizados no experimento.

Tratamentos	Espaçamento (cm)	População (Plantas ha ⁻¹)	Densidade (plantas m ⁻¹)
E1P1	22,5	200.000	4,5
E1P2	22,5	400.000	9,0
E1P3	22,5	600.000	13,5
E2P1	45,0	200.000	9,0
E2P2	45,0	400.000	18,0
E2P3	45,0	600.000	27,0
E3P1	67,5	200.000	13,5
E3P2	67,5	400.000	27,5
E3P3	67,5	600.000	40,5

E = Espaçamento (cm); P = População de plantas (nº de plantas ha⁻¹); D = Densidade: nº de plantas m⁻¹ linear).

A parcela útil foi obtida eliminando-se 0,5 m de cada extremidade da linha, restando 6 m de comprimento. A largura útil de cada parcela foi de 1,35 m variando o número de linhas avaliadas. No tratamento com espaçamento de 22,5 cm foram avaliadas as seis linhas centrais; no tratamento com espaçamento de 45,0 cm foram avaliadas as três linhas centrais; e no tratamento com espaçamento de 67,5 cm foram avaliadas as duas linhas centrais. Desta forma, cada parcela útil teve 8,10 m².

A semeadura foi efetuada no dia 30 de novembro de 2004, com a cultivar de soja CD 202, cultivar do grupo de maturação precoce (115 dias) e de hábito de crescimento determinado. O controle de plantas daninhas foi feito com herbicidas pós-emergentes Fomesafem (Flex) para folhas largas e Clethodim (Select) para folhas estreitas, nas doses de 1,0 e 0,35 l ha⁻¹ respectivamente (produto comercial), o controle de lagarta da soja (*Anticarsia gemmatilis*) foi efetuado com Baculovirus Coodetec aplicando-se uma dose ha⁻¹, o controle do percevejo verde (*Nezara viridula*) foi efetuado com Imidaclopride + Betaciflutrina (Connect) na dose de 0,75 l ha⁻¹, sempre que o monitoramento indicava o nível de dano econômico, conforme recomendação oficial para a cultura (Embrapa, 2004). Não foi efetuado controle químico de doenças foliares.

Após a semeadura, avaliou-se o índice de velocidade de emergência (IVE). Para tanto, as contagens foram realizadas, em quatro locais distintos de 1 m linear, dentro da parcela, em intervalos de quatro dias, a partir do dia em que a primeira planta emergiu até a estabilização da emergência. Após este período, o índice de velocidade de emergência foi computado obedecendo a seguinte equação:

$$IVE = E1/N1 + E2/N2 + K + En/Nn$$

Onde: E1 + E2 + ...En = número de plantas emergidas, computadas na primeira, segunda e enésima contagem;

N1 + N2 + ... Nn = número de dias da semeadura à primeira, segunda e enésima contagem.

A cada sete dias, foi determinada a projeção lateral da copa das plantas, obtendo-se o índice de fechamento entrelinhas. Esta variável foi expressa em percentagem, sendo as medidas realizadas até o fechamento total das entrelinhas em todos os tratamentos.

As doenças de final de ciclo (DFC) (*Septoria glycines* e *Cercospora kikuchii*) ocorrem na mesma época e apresentam sintomas semelhantes por isso é difícil avaliá-las individualmente (Embrapa, 2004), por isso foi efetuada a avaliação conjunta do sintoma das duas doenças com base em escala específica.

A severidade das doenças foi avaliada utilizando-se a escala diagramática de Martins et al. (2004) para as DFC (*Septoria glycines* e *Cercospora kikuchii*) (Figura 1) e escala diagramática de Matiazzi (2003) para oídio (*Microsphaera diffusa*) (Figura 2). Foram realizadas quatro avaliações, a cada 10 dias, a partir da floração, estágio R1 até a formação dos grãos, estágio R7 (Fehr et al., 1971). Com os dados obtidos em campo calculou-se a área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) através da equação:

$$AACPD = \sum_{i=1}^{n-1} [(y_i + y_{i+1}) \times 0,5] [t_{i+1} - t_i]$$

Onde:

n = número de avaliações;

y_i = intensidade da doença na i-ésima avaliação;

t_i = tempo no momento da i-ésima avaliação.

Determinou-se a altura de plantas medindo-se a distância entre o colo da planta e o último nó da haste principal. Foram escolhidas aleatoriamente 10 plantas dentro da parcela útil para esta avaliação, sendo determinada na fase da formação dos grãos, estágio R5.4 (Fehr et al., 1971).

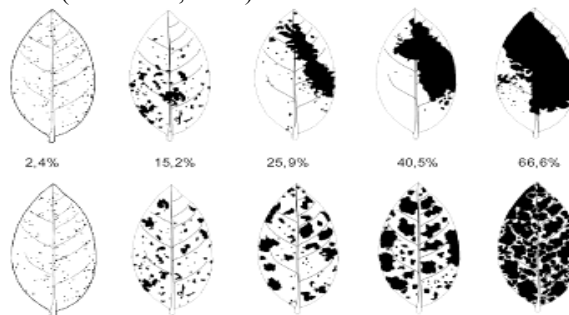


Figura 1. Escala diagramática para severidade das doenças de final de ciclo da soja (*Glycine max*) causada por *Septoria glycines* e *Cercospora kikuchii*. Painel superior: Sintomas agregados. Painel inferior: Sintomas aleatoriamente distribuídos. Fonte: Martins et al. (2004).

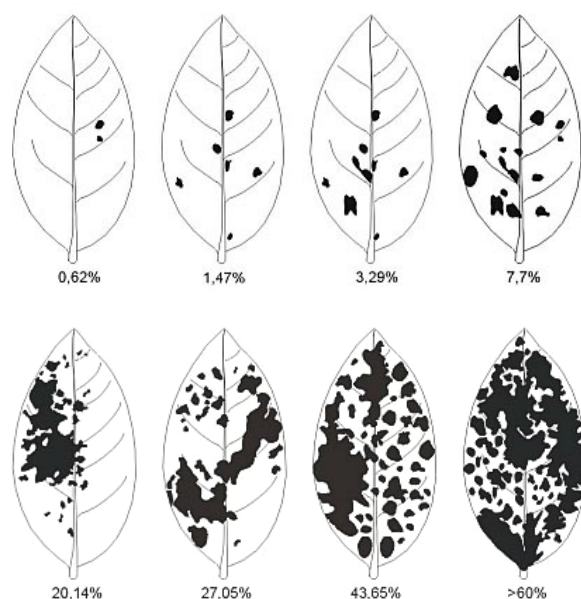


Figura 2. Escala diagramática para severidade do oídio da soja (*Microspheera diffusa*). Fonte: Mattiazzi, (2003).

O grau de acamamento de plantas foi obtido através de observações visuais na fase próxima à maturação fisiológica, estágio R7.1, utilizando-se a seguinte escala de notas: 0: sem acamamento; 1: até 5%; 2: 5 a 25%; 3: 25 a 50%; 4: 50 a 75%; 5: 75 a 100% de plantas acamadas (Arf *et al.*, 2001). Esta escala considera o percentual de plantas acamadas.

No final do ciclo da cultura, estágio R9, realizou-se a avaliação do número de legumes por planta, número de grãos por planta e massa de 100 grãos. Esta avaliação foi feita em 20 plantas colhidas em cada unidade experimental. A produtividade foi expressa em kg ha⁻¹. A massa de grãos foi corrigida para 13 % de umidade.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade com o auxílio do programa computacional SAEG 5.0.

Resultados e discussão

Houve diferença para o índice de velocidade de emergência de plantas em relação ao espaçamento entrelinhas e da população de plantas e para a interação entre estes dois fatores (Tabela 3). Observou-se uma maior velocidade de emergência nos espaçamentos maiores bem como nas populações mais altas. Esta resposta provavelmente pode ser atribuída a um rompimento mais fácil e rápido da superfície do solo devido ao maior número de plântulas por metro linear.

Tabela 3. Índice de velocidade de emergência (IVE) em plantas de soja (cv. CD 202) em função da variação de populações de plantas

e espaçamentos entrelinhas. Cascavel Estado do Paraná, 2004/2005.

Espaçamentos (cm)	IVE			
	Populações (plantas ha ⁻¹)			
	200.000	400.000	600.000	média
22,5	1,52 c C ¹	2,06 c B	2,94 c A	2,17
45,0	2,10 b C	4,14 b B	6,46 b A	4,23
67,5	2,85 a C	6,02 a B	8,92 a A	5,93
Média	2,15	4,07	6,11	---
CV (%)	2,99			

¹Letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O índice de fechamento de entrelinhas (IFE) está representado na Figura 3. No espaçamento de 22,5 ocorreu o fechamento total das entrelinhas (IFE = 100%) aos 29 dias após a emergência (DAE) das plantas, estágio V4 (Fehr *et al.*, 1971). Aos 43 DAE, estágio V10, ocorreu o fechamento total das entrelinhas no espaçamento de 45,0 cm, com as populações de 200.000 e de 400.000 plantas ha⁻¹, enquanto a população de 600.000 plantas ha⁻¹ promoveu o fechamento total das entrelinhas somente aos 49 DAE, estágio V12. No espaçamento de 67,5 cm, ocorreu o fechamento somente aos 49 DAE, em todas as populações.

AACPD (área abaixo da curva do progresso da doença) da severidade das (DFC) doenças de final de ciclo, (*Septoria glycines* e *Cercospora kikuchii*) e do oídio (*Microspheera diffusa*), são apresentadas nas Tabelas 4 e 5.

AACPD de DFC da soja não mostrou interação entre espaçamentos e populações de plantas (Tabela 4). Contudo, houve diferença significativa para DFC entre populações de plantas tanto no terço superior quanto no terço mediano das plantas. Avaliando-se a média dos tratamentos observa-se que na população de 600.000 plantas ha⁻¹ houve maior severidade da doença do que nas populações menores. Este resultado pode ser explicado pela argumentação citada por Costa *et al.* (2002), que diz que com a cobertura mais rápida do solo há uma condição mais propícia (umidade no interior do dossel) ao desenvolvimento das doenças.

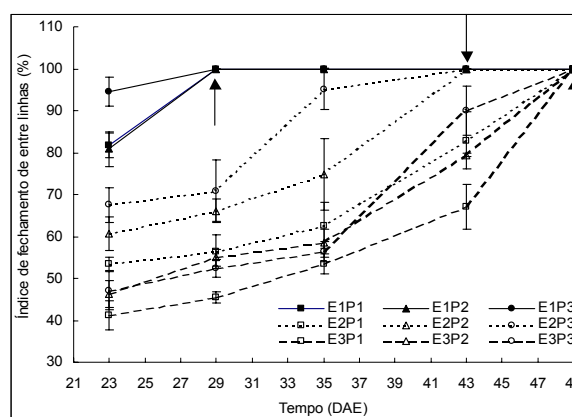


Figura 3. Índice de fechamento de entrelinhas de plantas de soja (cv. CD 202), em função

da variação de populações de plantas e espaçamentos entrelinhas. Cascavel, Estado do Paraná, 2004/2005. E1, E2 e E3: espaçamento 22,5; 45,0 e 67,5 cm entrelinhas, respectivamente. P1, P2 e P3: populações de 200, 400 e 600 mil plantas ha⁻¹, respectivamente. As barras verticais representam o erro padrão da média e cada ponto se refere à média de 4 repetições. As setas indicam 100% de fechamento das entrelinhas. DAE: dias após a emergência.

Para a média dos tratamentos nas três densidades houve diferença na severidade de doenças apenas no terço superior das plantas. Com 45,0 cm entrelinhas houve uma maior incidência da doença do que no espaçamento de 22,5 cm. Segundo Costa *et al.* (2002), espaçamentos reduzidos poderiam ser favoráveis à menor ocorrência de doenças pois nestes há maior aeração em função de maior circulação do vento, tanto na direção transversal como longitudinal das linhas devido ao fato das plantas estarem melhor arranjadas.

Tabela 4. Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) da severidade das doenças de final de ciclo, em plantas de soja (cv. CD 202) em função da variação de populações de plantas e espaçamentos entrelinhas. Cascavel, Estado do Paraná, 2004/2005.

Espaça- mentos (cm)	AACPD (terço superior)				AACPD (terço mediano)			
	Populações (plantas ha ⁻¹)				Populações (plantas ha ⁻¹)			
	200.000	400.000	600.000	média	200.000	400.000	600.000	média
22,5	40,00	52,50	67,50	53,33 b ¹	431,25	438,75	500,00	456,67 a ¹
45,0	56,25	71,25	108,75	78,75 a	465,00	472,50	535,00	490,83 a
67,5	71,25	68,75	88,75	76,25 ab	456,25	501,25	516,00	491,17 a
Média	55,83 B ¹	64,17 B	88,33 A	---	450,83 B ¹	470,83 B	517,00 A	---
CV (%)	33,42				7,85			

¹Letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A análise de ocorrência de oídio da soja (Tabela 5) não mostrou interação entre espaçamento e população de plantas para esta variável. Também não houve diferenças significativas tanto entre os espaçamentos quanto entre as populações de plantas na ocorrência de oídio. Segundo Balardin (2002) o molhamento foliar é um fator inibidor no estabelecimento do oídio. Provavelmente isto explicaria porque na maior população de plantas não houve aumento na severidade de oídio como ocorreu com as DFC.

Tabela 5. Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) da severidade de oídio, em plantas de soja (cv. CD 202) em função da variação de populações de plantas e espaçamentos entrelinhas. Cascavel, Estado do Paraná, 2004/2005.

Espaça- mentos (cm)	AACPD (terço superior)				AACPD (terço mediano)			
	Populações (plantas ha ⁻¹)				Populações (plantas ha ⁻¹)			
	200.000	400.000	600.000	média	200.000	400.000	600.000	média
22,5	670,08	641,04	642,81	651,31 a ¹	618,02	633,96	561,35	604,44 a ¹
45,0	625,10	602,08	676,45	634,55 a	540,10	515,31	626,87	560,76 a
67,5	589,69	648,12	571,98	603,26 a	591,46	641,04	550,73	594,41 a
Média	628,29 A ¹	630,42 A	630,42 A	---	583,19 A ¹	596,77 A	579,65 A	---
CV (%)	10,75				12,14			

¹Letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Tabela 6 são apresentados os resultados de altura e índice de acamamento de plantas em função do espaçamento e população de plantas. Houve

interação significativa entre espaçamento e população de plantas para índice de plantas acamadas.

Tabela 6. Altura e acamamento de plantas de soja (cv. CD 202) em função da variação de populações de plantas e espaçamentos entrelinhas. Cascavel, Estado do Paraná, 2004/2005.

Espaça- mentos (cm)	Altura de plantas (m)				Índice de acamamento (%)			
	Populações (plantas ha ⁻¹)				Populações (plantas ha ⁻¹)			
	200.000	400.000	600.000	média	200.000	400.000	600.000	média
22,5	79,13	86,56	90,69	85,46 a ¹	2,07 c B ¹	2,51 c B	4,08 b A	2,89
45,0	74,00	85,00	89,25	82,75 a	3,14 b C	3,58 b B	4,26 ab A	3,66
67,5	79,13	74,00	80,31	83,88 a	3,58 a B	4,26 a A	4,87 a A	4,24
Média	77,81 C ¹	85,33 B	88,94 A	---	2,93	3,45	4,40	---
CV (%)	3,98				12,94			

¹Letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A altura de plantas aumentou em função do aumento da população de plantas, mas não se alterou com a variação do espaçamento entrelinhas.

Nas maiores populações de plantas houve maiores índices de acamamento em todos os espaçamentos. O acamamento de plantas foi inferior nos menores espaçamentos entrelinhas em todas as populações de plantas. Costa *et al.* (2002) sugerem que a redução do espaçamento, sem alterar a população, pode diminuir o acamamento de plantas porque distribui as plantas na área de uma maneira mais uniforme e mais próxima da equidistância. Neste caso a planta apresenta um crescimento mais harmônico e não necessita alongar seu caule em busca da luz como ocorre com plantas adensadas na linha.

Martins *et al.* (1999) em seu trabalho sobre densidade de plantas, concluíram que quanto maior a densidade de plantas, maior a altura final e menor o diâmetro da haste principal. Pode-se atribuir a esses fatores a causa da ocorrência de maiores índices de acamamento em altas populações de plantas de soja.

Na Figura 4 é apresentada a correlação entre altura e índice de acamamento de plantas. Verificou-se que existe uma correlação positiva entre estas duas variáveis, com coeficiente de correlação de 0,51. Como verificado na Tabela 6, as variações ocorridas em altura de plantas podem ser devidas ao aumento da população de plantas e não às variações de espaçamento entrelinhas.

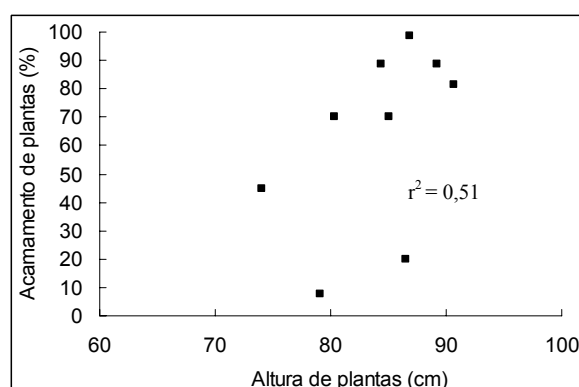


Figura 4. Correlação entre altura e índice de acamamento de plantas de soja (cv. CD 202).

Na Tabela 7 são apresentados os resultados do desdobramento da interação entre espaçamento e população de plantas, referentes às variáveis número de legumes por planta. Observa-se que apenas para a população de 200.000 plantas ha^{-1} houve redução no n° de legumes por planta, sendo esta redução significativa para o espaçamento de 22,5 cm, quando comparado ao espaçamento de 45,0 cm. Entre as demais combinações não houve diferença entre os espaçamentos testados, para esta variável. Observa-se uma diminuição do número de legumes por planta quando se aumentou a população de plantas nos espaçamentos de 45,0 e de 67,5 cm entrelinhas, fato não observado no espaçamento de 22,5 cm.

Ainda na Tabela 7, observa-se que não houve diferença no número de grãos por planta em função da variação do espaçamento. Diferença significativa foi verificada entre as populações de plantas, sendo a população de 200.000 plantas ha^{-1} superior às demais, nos três espaçamentos estudados.

Tabela 7. Número de legumes por planta e número de grãos por planta de soja (cv. CD 202) em função da variação de populações de plantas e espaçamentos entrelinhas. Cascavel, Estado do Paraná, 2004/2005.

Espaça- mentos (cm)	Nº de legumes por planta				Nº de grãos por planta			
	Populações (plantas ha^{-1})				Populações (plantas ha^{-1})			
	200.000	400.000	600.000	média	200.000	400.000	600.000	média
22,5	71 b A ¹	57 a A	60 a A	63	287	212	168	222 a ¹
45,0	94 a A	60 a B	45 a B	67	287	180	174	217 a
67,5	80 ab A	61 a AB	50 a B	63	326	211	162	233 a
Média	82	59	52	---	300 A ¹	201 B	168 B	---
CV (%)	17,71				15,12			

¹Letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Tabela 8 verifica-se que para as variáveis massa de 100 grãos e produtividade, não houve interação entre os fatores espaçamento e população de plantas. Quando variou-se os espaçamentos não houve alteração na massa de 100 grãos, mas houve

diferença significativa entre as diferentes populações de plantas. Observa-se maior massa de 100 grãos na população de 600.000 plantas ha^{-1} .

Tabela 8. Massa de 100 grãos e produtividade de soja (cv. CD 202) em função da variação de populações de plantas e espaçamentos entrelinhas. Cascavel, Estado do Paraná, 2004/2005.

Espaça- mentos (cm)	Massa de grãos (g por 100 grãos)				Produtividade (kg ha^{-1})			
	Populações (plantas ha^{-1})				Populações (plantas ha^{-1})			
	200.000	400.000	600.000	média	200.000	400.000	600.000	média
22,5	13,32	12,53	14,31	13,72 a ¹	2 593	2 273	2 535	2 467 a ¹
45,0	12,78	13,53	14,00	13,44 a	2 358	2 502	2 428	2 429 a
67,5	13,03	13,69	13,75	13,49 a	2 143	2 007	2 057	2 069 b
Média	13,04 C ¹	13,58 B	14,02 A	---	2 364 A ¹	2 261 A	2 340 A	---
CV (%)	2,21				10,48			

¹Letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Sugere-se que este comportamento ocorreu devido ao menor número de grãos e legumes por planta nesta população. Estas duas variáveis são definidas na época da floração, enquanto que a massa de 100 grãos depende em grande parte da atividade fotossintética e translocação de fotoassimilados para os grãos no período de enchimento de grãos. Considerando-se que houve um menor fixação de legumes e menor número de grãos na maior população de plantas, independente do espaçamento. Provavelmente este fator resultou em maior disponibilidade de fotoassimilados para os grãos das plantas da população de 600.000 plantas ha^{-1} , resultando em maior massa de 100 grãos para esta população.

Observa-se na Tabela 8 que nos espaçamentos menores (22,5 e 45,0 cm) a produtividade foi maior, quando comparada ao maior espaçamento (67,5 cm), possivelmente devido à melhor distribuição espacial das plantas e menor competição intra-específica sobre os fatores de produção. Resultados semelhantes foram obtidos por Tourino *et al.* (2002), que utilizando espaçamento de 45,0 cm constataram uma maior produtividade do que com 60,0 cm, e por Rambo *et al.* (2003), que obtiveram maior produtividade com espaçamento de 20,0 cm quando comparado a 40,0 cm, mantendo-se a população de plantas. Estes autores concluíram que o maior rendimento obtido neste arranjo está relacionado com a diminuição da competição intra-específica.

A maior produtividade obtida nos espaçamentos reduzidos pode ser atribuída em parte à teoria de maior interceptação da radiação solar durante o período vegetativo (Taylor, 1980; Board e Harville, 1992; Board *et al.*, 1992). O fechamento dos espaços entre as linhas da soja em estádios mais precoces pode ser avaliado como forma de expressar a capacidade da cultura em desenvolver o seu aparato fotossintético e atingindo mais precocemente 95% da interceptação da radiação incidente (Pires *et al.*, 1998).

Na Figura 3 pode-se observar que, no

espaçamento de 22,5 cm o fechamento total das entrelinhas ocorreu no estágio V4 (29 dias após a emergência – DAE), enquanto que no espaçamento de 67,5 cm o fechamento total das entrelinhas ocorreu apenas no estágio V12 (49 DAE). Com o fechamento antecipado em 20 dias, no espaçamento reduzido em relação ao maior espaçamento, a planta explorou melhor neste período, os recursos como disponibilidade de luz, água, área de solo e interceptação da radiação solar, proporcionando dessa forma um maior incremento de massa seca em estádios de desenvolvimento mais precoces da planta. Não se deve desprezar o efeito negativo do auto-sombreamento em altos índices de área foliar, podendo resultar em quedas na fotossíntese líquida da planta.

Como neste trabalho observou-se que no espaçamento menor houve menor índice de acamamento, este fator pode ter contribuído para melhoria da produtividade em relação aos espaçamentos maiores.

Pelo resultado na Tabela 8 observa-se que não houve diferença significativa na produtividade entre as diferentes populações de plantas. Resultado semelhante foi obtido por Pires *et al.* (1998). Estes relatam que a redução da população de plantas de 40 para 30 plantas m^{-2} , não resultou em diferenças na produtividade, fato explicado pela compensação ocorrida em vários componentes da produção. Resultados semelhantes foram obtidos por Carpenter e Board (1997) e Rubin (1997), que mesmo trabalhando com populações extremas, que variaram de 7 até 63 plantas m^{-2} , não observaram variações significativas na produtividade da soja.

Resultados contraditórios também são encontrados. Em experimento conduzido por Tourino *et al.* (2002) com a cultura da soja, no espaçamento de 45,0 cm, o aumento da população de plantas acima de 10 plantas m^{-1} , provocou redução da produtividade. No entanto, para o espaçamento de 60 cm não houve diferença de produtividade com o aumento da população de plantas na linha. Os autores justificam os resultados pela maior disponibilidade de espaços nas entrelinhas, que pode ter compensado a redução dos espaços dentro das linhas resultando em maior emissão de ramos laterais.

Conclusão

O índice de velocidade de emergência de plântulas de soja aumenta com o aumento da densidade de sementes na linha de plantio e com o aumento do espaçamento entrelinhas.

A incidência de doenças de final de ciclo – DFC (*Septoria glycines* e *Cercospora kikuchii*) pode ser influenciada pelo arranjo espacial de plantas, enquanto a ocorrência de oídio (*Microsphaera*

diffusa) não se altera. As DFC apresentaram menor severidade com a redução do espaçamento e na menor população;

O aumento da população de plantas na linha de plantio resultou em maior altura final de plantas, tendo influência direta no acamamento, independente do espaçamento entrelinhas utilizado;

O arranjo espacial de plantas, representado pelo espaçamento entrelinhas e a população de plantas influenciaram os componentes da produção e a produtividade da soja. O número de legumes por planta foi superior em maior espaçamento e reduziu em altas populações de plantas; o número de grãos por planta diminuiu com o aumento da população e a produtividade foi superior no menor espaçamento.

Referências

- ARF, O. *et al.* Resposta de cultivares de arroz de sequeiro ao preparo do solo e à irrigação por aspersão. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 36, n. 6, p. 871-879, 2001.
- BALARDIN, R.S. *Doenças da soja*. Santa Maria: UFSM, 2002.
- BARNI, N.A. *et al.* Efeito da época de semeadura, espaçamento e população de plantas sobre o desempenho da soja [*Glycine max* (L.) Merrill], em solo hidromórfico. *Agron. Sulriograndense*, Porto Alegre, v. 21, n. 2, p. 245-296, 1985.
- BOARD, J.E.; HARVILLE, B.G. Explanations for greater light interception in narrow-vs. wide-row soybean. *Crop Sci.*, Madison, v. 32, n. 1, p. 198-202, 1992.
- BOARD, J.E. *et al.* Temporal importance of greater light interception to increased yield in narrow-row soybean. *Agron. J.*, Madison, v. 84, n. 4, p. 575-579, 1992.
- CARPENTER, A.C.; BOARD, J.E. Branch yield components controlling soybean yield stability across plant populations. *Crop Sci.*, Madison v. 37, n. 3, p. 885-891, 1997.
- COSTA, J.A. *et al.* Redução no espaçamento entre linhas e potencial de rendimento da soja. *Rev. Plantio Dir.*, Passo Fundo, Edição Março/Abril, p. 22-28, 2002.
- EMBRAPA-Soja. *Tecnologias de Produção de Soja – Paraná – 2005*. (Embrapa Soja, Sistemas de Produção nº 5). Londrina. 2004.
- FEHR, W.R.; *et al.* Stage of development descriptions for soybeans, (*Glycine max* (L.) Merrill.) *Crop Sci.*, Madison, v. 11, n. 6, p. 929-931, 1971.
- KRATOCHVIL, R.J. *et al.* Row-Spacing and Seeding Rate Effects on Glyphosate-Resistant Soybean for Mid-Atlantic Production Systems, *Agron. J.*, Madison, v. 96, n. 4, p. 1029-1038, 2004.
- MARTINS, M.C. *et al.* Épocas de semeadura, densidades de plantas e desempenho vegetativo de cultivares de soja. *Sci. Agric.*, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 851-858. 1999.
- MARTINS, M.C. *et al.* Escala diagramática para a quantificação do complexo de doenças foliares de final de ciclo em soja. *Fitopatol. Bras.*, Brasília, v. 29, n. 2, p. 179-184, 2004.
- MATTIAZZI, P. *Efeito do oídio (Microsphaera diffusa*

- Cooke & Peck) na produção e duração da área foliar sadia da soja. 2003. Dissertação (Mestrado)—Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2003.
- PICININI, E.C.; FERNANDES, J.M. Doenças da soja: diagnose, epidemiologia e controle. Documentos 42. Passo Fundo: Embrapa CNPT, 1998. 91p.
- PIRES, J.L.F. *et al.* Rendimento de grãos de soja influenciado pelo arranjo de plantas e níveis de adubação. *Pesq. Agropecu. Gaúcha*, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 183-188, 1998.
- PIRES, J.L.F. *et al.* Efeito de populações e espaçamentos sobre o potencial de rendimento da soja durante a ontogenia. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 35, n. 8, p. 1541-1547, 2000.
- RAMBO, L. *et al.* Rendimento de grãos da soja em função do arranjo de plantas. *Cienc. Rural*, Santa Maria, v. 33, n. 3, p. 405-411, 2003.
- REIS, E.M. *et al.* *Doenças na Cultura da Soja*. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 2004.
- RUBIN, S. de A.L. Comportamento da cultivar “FEPAGRO-RS 10” em seis densidades de semeadura no planalto médio riograndense. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 25., 1997. Passo Fundo. *Resumos...* Passo Fundo: Embrapa, p. 187. 1997.
- TAYLOR, H.M. Soybean growth and yield as affected by row spacing and by seasonal water supply. *Agron. J.*, Madison, v. 72, n. 3, p. 543-547, 1980.
- TOURINO, M.C.C. *et al.* Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agronômicas da soja. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1071-1077, 2002.
- VENTIMIGLIA, L.A. *et al.* Potencial de rendimento da soja em razão da disponibilidade de fósforo no solo e dos espaçamentos. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 34, n. 2, p. 195-199, 1999.
- YORINORI, J.T. *Oídio da soja: epidemiologia e controle*. Circular Técnica 28. Londrina: Embrapa CNPSO, 1997.

Received on November 12, 2005.

Accepted on July 12, 2006.