

Efeito do Arranjo de Plantas e do Sistema de Cultivo na Produtividade da Soja em Condições Ambientais de Terras Baixas



OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Clima Temperado
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
335**

**Efeito do Arranjo de Plantas e do Sistema
de Cultivo na Produtividade da Soja em
Condições Ambientais de Terras Baixas**

*Lilia Sichmann Heiffig del Aguila
Vagner Scouto da Costa
Shamily Rodrigues Vasques
Sabrina Moncks da Silva
Paola Acosta Vieira
Camila Sinnemann
Alexssandra Dayane Soares De Campos
Amanda Fiss Ávila
Thalia Martins Leite
Vanessa de Ávila Soares
Ana Carolina de Oliveira Alves
Bruna Regina Souza Alves*

**Embrapa Clima Temperado
Pelotas, RS
2020**

Embrapa Clima Temperado
BR 392 km 78 - Caixa Postal 403
CEP 96010-971, Pelotas, RS
Fone: (53) 3275-8100
www.embrapa.br/clima-temperado
www.embrapa.br/fale-conosco

Comitê Local de Publicações

Presidente
Luis Antônio Suíta de Castro

Vice-Presidente
Walkyria Bueno Scivittaro

Secretário-Executivo
Bárbara Chevallier Cosenza

Membros
*Ana Luiza B. Viegas, Fernando Jackson,
Marilaine Schaun Pelufê, Sonia Desimon*

Revisão de texto
Bárbara Chevallier Cosenza

Normalização bibliográfica
Marilaine Schaun Pelufê

Editoração eletrônica
Fernando Jackson

Foto da capa
Germani Concenço

1ª edição
Obra digitalizada (2020)

Todos os direitos reservados.

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Clima Temperado

E27 Efeito do arranjo de plantas e do sistema de cultivo na
produtividade da soja em condições ambientais de
terras baixas / Lilia Sichmann Heiffig del Aguila... [et al.].
– Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2020.
14 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento /
Embrapa Clima Temperado, ISSN 1678-2518 ; 355)

1. Soja . 2. Solo hidromórfico. 3. Drenagem.
I. Heiffig del Aguila, Lilia Sichmann. II. Série.

CDD 631.521

Sumário

INTRODUÇÃO	7
MATERIAL E MÉTODOS	8
RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
CONCLUSÕES	13
REFERÊNCIAS	14

Efeito do Arranjo de Plantas e do Sistema de Cultivo na Produtividade da Soja em Condições Ambientais de Terras Baixas

Lilia Sichmann Heiffig del Aguila¹

Vagner Scouto da Costa²

Shamily Rodrigues Vasques³

Sabrina Moncks da Silva⁴

Paola Acosta Vieira⁵

Camila Sinnemann⁶

Alexssandra Dayane Soares De Campos⁷

Amanda Fiss Ávila⁸

Thalia Martins Leite⁹

Vanessa de Ávila Soares¹⁰

Ana Carolina de Oliveira Alves¹¹

Bruna Regina Souza Alves¹²

Resumo - Os planossolos das terras baixas do Rio Grande do Sul caracterizam-se por apresentar horizonte A superficial e horizonte B com capacidade de percolação muito baixa, o que provoca longos períodos de encharcamento após chuvas e prejudica o desenvolvimento e a produtividade da soja. Para evitar esses problemas, são necessários sistemas de drenagem adequados e o aprimoramento de sistemas de preparo do solo e de cultivo que proporcionem condições mais secas na lavoura. O presente trabalho teve por objetivo determinar o arranjo espacial de plantas e o sistema de cultivo de soja mais adequado para as terras baixas do Rio Grande do Sul. Dois experimentos foram conduzidos na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, RS. O primeiro, na safra 2016/2017, diferenciou o potencial produtivo de cultivares indicadas para terras baixas, sendo a cultivar BMX Icone RR a mais produtiva, com 4.073 kg ha⁻¹ de grãos, enquanto outras dez cultivares produziram em média 3.021 kg ha⁻¹. No segundo experimento, na safra 2018/2019, somente a cultivar BMX Icone RR foi adotada. Foram avaliados dois preparos de solo (convencional e sulco/camalhão) e três arranjos de plantas (230 mil, 330 mil e 430 mil plantas ha⁻¹). Os parâmetros avaliados foram: altura de plantas; altura de inserção da primeira vagem; número de ramificações da haste principal; massa de grãos; número de grãos e vagens por planta e produtividade de grãos. O sulco-camalhão com 330 mil plantas ha⁻¹ com espaçamento entrelinhas de 35 cm sobre camalhão propiciou o melhor desempenho geral da cultura e melhor produtividade.

Termos para indexação: *Glycine max* (L.) Merrill, densidade de plantas, ambiente de produção, Bioma Pampa.

¹ Engenheira-agrônoma, doutora em Fitotecnia, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

² Graduando em Agronomia, Faem/Ufpel, Capão do Leão, RS.

³ Estudante do Curso Técnico em Agropecuária, IFSul/CAVG – Campus Visconde da Graça, Pelotas, RS.

⁴ Graduanda em Agronomia da Faem/Ufpel, Capão do Leão, RS.

⁵ Graduanda em Ciências e Tecnologia de Alimentos, CCQFA/Ufpel, Capão do Leão, RS.

⁶ Graduanda em Agronomia da Faem/Ufpel, Capão do Leão, RS.

⁷ Graduanda em Agronomia da Faem/Ufpel, Capão do Leão, RS.

⁸ Estudante do Curso Técnico em Agropecuária, IFSul/CAVG – Campus Visconde da Graça, Pelotas, RS.

⁹ Estudante do Curso Técnico em Agropecuária, IFSul/CAVG – Campus Visconde da Graça, Pelotas, RS.

¹⁰ Estudante do Curso Técnico em Agropecuária, IFSul/CAVG – Campus Visconde da Graça, Pelotas, RS.

¹¹ Graduanda do Curso de Agronomia, Faem/Ufpel, Capão do Leão, RS.

¹² Graduanda do Curso de Agronomia, Faem/Ufpel, Capão do Leão, RS.

Effect of spatial arrangement and of the cultivation system in the soybean productivity in lowland areas

Abstract - Planosols of lowland areas in Rio Grande do Sul, Brazil, are characterized by a superficial A horizon followed by a B horizon with very low water percolation ability, which causes long waterlogging after rains and harms soybean development and grain yields. To avoid these problems, adequate drainage systems and the improvement of soil tillage and cultivation systems providing drier fields are needed. This work aims to determine the spatial arrangement of soybean plants and the most suitable cultivation system for the lowlands of Rio Grande do Sul. Two experiments were conducted at the Lowlands Experimental Station of Embrapa Temperate Agriculture, in Capão do Leão, RS, Brazil. The first one (2016/2017 harvest season) differentiated the productive potential of cultivars indicated for lowland areas, with the cultivar BMX Icone RR being the most productive, with 4,073 kg ha⁻¹ of grains while another 10 cultivars produced an average of 3,021 kg ha⁻¹. In the second experiment (harvest season 2018/2019), only the cultivar BMX Icone was adopted. Two soil managements were evaluated (conventional tillage and ridge planting) and 3 plant arrangements (230,000; 330,000 and 430,000 plants ha⁻¹). Plant height, insertion height of the first pod, number of branches of the main stem, grain weight; number of grains and pods per plant, and grain yield were assessed. Ridge planting, associated to 330,000 plants ha⁻¹ with row spacing 35 cm, provided better overall crop performance and better grain yields.

Index terms: *Glycine max* (L.) Merrill, plant density, production environment, Pampa Biome.

INTRODUÇÃO

A metade Sul do Rio Grande do Sul (RS) apresenta desafios para a diversificação da agricultura em solos de terras baixas, predominando o binômio arroz irrigado — pecuária. Nesse ambiente, há vasta extensão de planícies mal drenadas (solos hidromórficos), bem como outros atributos físicos e químicos do solo adversos à implementação de diversificação de culturas de grãos, dificultando a otimização da produtividade da soja. Também o clima dessa região interfere nesses resultados. Na maior parte dos anos, a frequência e a intensidade das chuvas no período do desenvolvimento da soja, que ocorre entre novembro e março no RS, são insuficientes para que a cultura manifeste seu potencial produtivo (Matzenauer et al., 2002). Assim, o clima é um dos principais fatores responsáveis pelas oscilações de produtividade e frustrações da cultura da soja no estado. Estima-se que 93% das perdas na safra de soja ocorram em razão das estiagens (Berlato; Fontana, 2003). Esse elevado risco faz com que as taxas de sinistralidade na agricultura sejam muito altas. Na safra 2019/2020, no RS, para a cultura da soja, essa taxa variou de 40% a 70% (Rodríguez Júnior et al., 2020).

As áreas de solos hidromórficos das terras baixas do Rio Grande do Sul abrangem cerca de 4 milhões de hectares aptos à agricultura, e apresentam grande importância econômica e social, entretanto predomina o monocultivo, no verão, do arroz irrigado por inundação contínua (Steinmetz; Braga, 2001). No período entre o outono e a primavera, a área pode permanecer em pousio, com estabelecimento de vegetação espontânea, ou então ser semeada com espécies hibernais, para pousio ou para uso com bovinos de corte ou de leite (Reis, 1998; Silva et al., 2015), o que se estende por dois anos ou mais.

No estado, 3 milhões de hectares desses solos possuem infraestrutura de drenagem e irrigação implantadas para cultivo de arroz irrigado, e estima-se que em torno de 2 milhões de hectares desses solos tenham potencial de uso para o cultivo da soja (Vedelago, 2014). Diversas espécies estivais de importância econômica são testadas como alternativa ao arroz irrigado em terras baixas, com foco na diversificação do sistema produtivo nesse ambiente, sendo as principais alternativas o milho (Bonow et al., 2013), o sorgo (Heiffig-Del Aguila et al., 2013) para grão, corte/pastejo ou para bioenergia, e a soja (Vedelago, 2014).

No entanto, o cultivo dessas espécies em solos hidromórficos exige cuidados, como, por exemplo, o manejo do solo visando a redução do adensamento e do estresse hídrico, para que haja o desenvolvimento das raízes em profundidade.

A introdução do cultivo da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] nesses solos hidromórficos da região sul do estado do RS tem aumentado nos últimos anos, como alternativa na rotação de culturas para áreas de terras baixas, principalmente como medida de controle à incidência de plantas daninhas prejudiciais ao arroz. Os planossolos de terras baixas caracterizam-se por apresentar horizonte A superficial e horizonte B com capacidade de percolação muito baixa (Vahl; Souza, 2004). Devido a essas características, em épocas de chuva abundante, o solo permanece coberto por lâmina de água por longos períodos (Vedelago, 2014); e em épocas mais secas, o solo compactado apresenta baixa capacidade de armazenamento de água e sua resistência à penetração é alta (Bamberg, 2007), prejudicando o sistema de raízes da soja.

Para evitar os problemas advindos do excesso hídrico, predominante nesses solos ao longo do ano, são necessários sistemas de drenagem adequados e o aprimoramento de sistemas de preparo do solo que proporcionem a existência de faixas mais secas na lavoura, como os camalhões. O uso de camalhões é uma prática bastante difundida na Europa, principalmente para o cultivo de pastagens (Sevenhuijsen, 1994).

O sistema sulco/camalhão consiste na estruturação da lavoura para a irrigação por sulcos, obtendo-se, ao mesmo tempo, grande benefício em drenagem, com o cultivo sobre os camalhões formados entre os sulcos. É indicado para solos planos, com declividades uniformes, requerendo, geralmente, a sistematização do terreno. O comprimento e a largura do sulco/camalhão são determinados pelas circunstâncias naturais, isto é, a declividade do terreno, tipo do solo e vazão de água disponível. Entretanto, outros fatores podem ter influência, tais como a altura da lâmina de irrigação, o manejo da cultura e o comprimento do quadro da lavoura (Silva et al., 2006).

Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo determinar a produtividade de cultivares de soja indicadas para as terras baixas do RS, a efetividade do sistema de sulco-camalhão para o bom desempenho de cultivares, e o arranjo espacial de plantas de soja mais adequado para esse ambiente.

MATERIAL E MÉTODOS

Para determinar a produtividade de cultivares de soja indicadas para as terras baixas do RS, foram instalados dois experimentos na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão/RS, onde o solo é classificado como Planossolo Háplico Eutrófico solódico, tipicamente utilizado no cultivo de arroz irrigado por inundação.

O primeiro experimento foi instalado na safra 2016/2017, no qual foram avaliadas onze cultivares (GMR 7) de soja (BMX Magna RR; BMX Ponta IPRO; BMX Potência RR; BMX Valente RR; BMX Icone RR; BRS 246 RR; BRS PAMPA; CD 2694 IPRO; CD 2737 RR; GNZ 660S RR e GNZ 690S RR). O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três repetições. As parcelas utilizadas foram de quatro linhas com 5,0 m de comprimento, espaçadas em 0,45 m, com área útil de 4,0 m². A densidade de plantas foi de 300 mil plantas ha⁻¹, e a semeadura foi realizada em 15/11/2016.

A adubação de base ou de semeadura foi dimensionada em função dos resultados de análise química e da produtividade da cultivar, estimada para 2.500 kg ha⁻¹, aplicando-se o equivalente a 400 kg/ha⁻¹ da formulação 00-25-25 (N-P-K). O nitrogênio foi fornecido através da fixação simbiótica do N₂ via inoculação das sementes com inoculante **líquido** (7 x 10⁹ UFC/mL) na dose equivalente a 100 mL por 50 kg de sementes. Os tratos culturais, manejo da cultura e o controle de insetos-praga, doenças e plantas daninhas foram realizados conforme as indicações técnicas para a cultura (Oliveira; Rosa, 2014). Os dados de precipitação pluvial durante o período de execução do experimento estão apresentados na Figura 1.

As datas de início e fim da floração foram registradas, bem como da avaliação de altura de plantas e de inserção da 1ª vagem. A colheita foi executada por cultivar, quando essas atingiram o ponto de colheita, e a produtividade de grãos foi estimada a partir das plantas presentes na área útil (4,0 m²) das parcelas, sendo os dados corrigidos para 13% de umidade. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste F (p<0,05). Quando constatado efeito de tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey no mesmo nível de probabilidade.

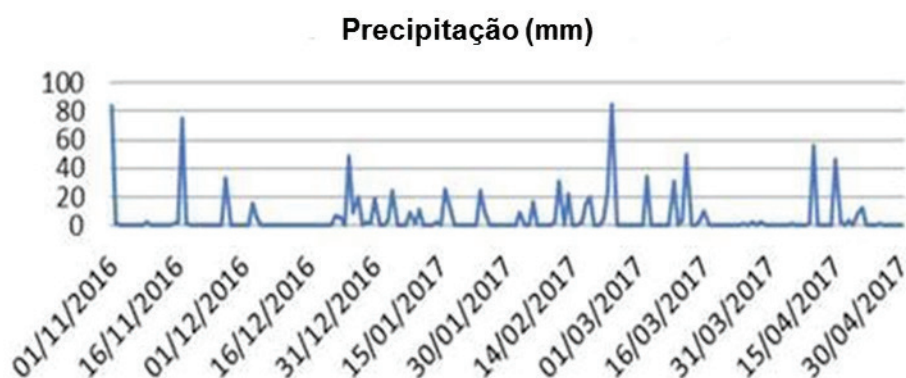


Figura 1. Distribuição das precipitações no ano agrícola 2016/2017. Capão do Leão, RS, 2017.

O segundo experimento foi instalado na safra 2018/2019, utilizando-se somente a cultivar BMX Icone RR, por ter sido a mais produtiva comparativamente às demais dez cultivares do experimento 1, que foi semeada em 15/11/2018. A fertilização do solo, tratos culturais e manejo da cultura seguiram as indicações técnicas vigentes para a soja no Sul do Brasil (Oliveira; Rosa, 2014). Os dados de precipitação pluvial durante o período de execução do experimento estão apresentados na Figura 2.

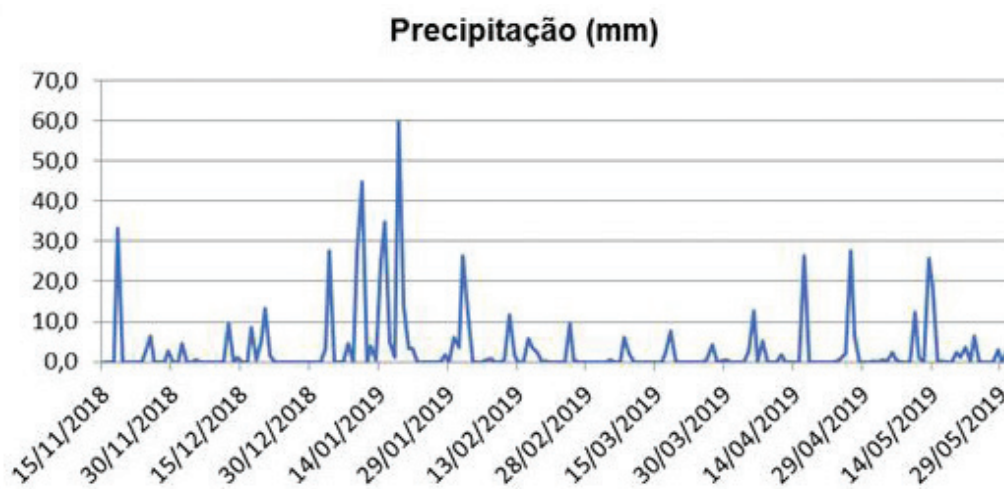


Figura 2. Distribuição das precipitações no ano agrícola 2018/2019. Capão do Leão, RS, 2019.

Para avaliar a efetividade do sistema de sulco-camalhão e o arranjo espacial de plantas de soja mais adequado para terras baixas, foi instalado um experimento que englobou dois manejos de solo (preparo convencional e preparo com sulco/camalhão) e três arranjos de plantas de soja (230 mil, 330 mil e 430 mil plantas por hectare sob espaçamentos entre linhas de semeadura de 35 cm e 45 cm). O delineamento experimental foi de parcelas sub-subdivididas com quatro repetições por tratamento, conforme abaixo listados:

- T1. Sulco / Camalhão — 230 mil plantas ha⁻¹
- T2. Sulco / Camalhão — 330 mil plantas ha⁻¹
- T3. Sulco / Camalhão — 430 mil plantas ha⁻¹
- T4. Preparo Convencional / Espaçamento de 35 cm entre linhas — 230 mil plantas ha⁻¹
- T5. Preparo Convencional / Espaçamento de 35 cm entre linhas — 330 mil plantas ha⁻¹
- T6. Preparo Convencional / Espaçamento de 35 cm entre linhas — 430 mil plantas ha⁻¹
- T7. Preparo Convencional / Espaçamento de 45 cm entre linhas — 230 mil plantas ha⁻¹
- T8. Preparo Convencional / Espaçamento de 45 cm entre linhas — 330 mil plantas ha⁻¹
- T9. Preparo Convencional / Espaçamento de 45 cm entre linhas — 430 mil plantas ha⁻¹

Sobre cada camalhão (T1 — T3) foram cultivadas duas linhas de soja, espaçadas em 35 cm, enquanto linhas entre camalhões distintos estavam espaçadas em 60 cm, ou seja, 35/60 cm (Figura 3). Os espaçamentos entrelinhas nos sulco-camalhões, portanto, foram fixos, uma vez que a maioria das máquinas disponíveis para plantio de soja sobre esse sistema de cultivo estão reguladas para tais espaçamentos entrelinhas.

As seguintes variáveis foram avaliadas: a) altura das plantas na maturação de colheita; b) altura de inserção da primeira vagem; c) número de ramificações da haste principal; d) peso de grãos; e) número de grãos por planta; f) número de grãos por vagem; g) número vagens por planta; h) produtividade de grãos ajustada à umidade-padrão 13%. Exceto a produtividade de grãos, obtida a partir da colheita de toda a área útil das parcelas, as demais avaliações foram realizadas em amostras de 15 plantas por parcela. Os dados foram submetidos à análise de variância, e os tratamentos comparados pelo teste de Tukey a 5%.

Nas Figuras 3 e 4, constam detalhes da semeadura e dos camalhões.



Figura 3. Esquema da semeadura de duas linhas de soja espaçadas em 35 cm sobre cada camalhão. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS, 2020 Foto: Lília Sichmann Heiffig-del Aguila.



Figura 4. Detalhe da funcionalidade dos camalhões na área do experimento ainda na fase de germinação e emergência das plantas de soja. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS, 2020. Fonte: Ana Carolina de Oliveira Alves.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na safra 2016/2017, durante o ciclo da cultura da soja, ocorreu pouca variação na distribuição de chuvas, havendo chuvas exponenciais, o que acarretou encharcamentos decorrentes principalmente do tipo de solo, além de umidade na fase de colheita (Figura 1).

Na Tabela 1, estão apresentados os resultados das variáveis associadas à fenometria e componentes do rendimento das onze cultivares de soja avaliadas. Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as cultivares para a produtividade de grãos, sendo que entre as cultivares avaliadas, a BMX Icone RR sobressaiu-se em termos de produtividade média de grãos, com 4.073 kg ha⁻¹, enquanto as demais produziram em média 3.022 kg ha⁻¹ (Tabela 1).

Na safra 2018/2019, houve prejuízo às lavouras em função das condições climáticas, decorrência de longa estiagem, seguida de ocorrências de altos índices pluviométricos (Figura 2) com períodos de encharcamento do solo. Essas condições impactaram o desempenho da cultura, em especial nos tratamentos sem camalhão, principalmente quando o espaçamento entre linhas foi de 45 cm.

Tabela 1. Valores médios para variáveis de fenometria e de produtividade de grãos (kg ha⁻¹) em cultivares de soja, na safra 2016/2017. Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS, 2017.

Cultivares GMR 7	IF	IF-FF	Altura plantas (cm)	Altura inserção 1ª vagem (cm)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
BMX Icone RR	49	18	96,0	10,0	4073 a
BMX Ponta IPRO	50	19	86,3	9,3	3699 ab
GNZ 690S RR	52	24	78,0	7,0	3444 abc
BMX Potência RR	51	21	87,0	8,3	3081 bcd
GNZ 660S RR	51	22	80,0	7,0	3077 bcd
BMX Magna RR - DM 7.0i	49	19	75,0	8,7	3018 bcd
CD 2694 IPRO	58	19	87,3	8,0	2969 bcd
BMX Valente RR	49	19	72,0	9,3	2887 cd
BRS PAMPA	63	19	91,7	9,0	2853 cd
CD 2737RR	54	22	95,7	9,0	2852 cd
BRS 246 RR	58	27	67,3	6,0	2336 d
Média	54,0	21,2	83,9	8,2	3117

IF = período, em dias, da emergência das plantas ao início do florescimento; IF-FF = período, em dias, entre o início e o final do florescimento. Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. CV=8,5%

Nas Tabelas 2 e 3, estão apresentados os resultados das variáveis associadas a fenometria e componentes do rendimento. Não houve interação ($p > 0,05$) entre os fatores nem efeito de tratamentos, para número total de vagens e número de grãos por planta, peso e produtividade de grãos. Os tratamentos foram, portanto, discutidos individualmente e de maneira independente do fator preparo de solo (convencional ou sulco-camalhão).

A altura final de plantas, a altura da inserção da primeira vagem e o número de ramificações não foram impactados pelo sistema de preparo do solo ou pelo arranjo de plantas (Tabela 2).

Quanto ao número total de vagens, observa-se que T3 (sulco-camalhão com 430 mil plantas ha⁻¹) foi superior aos tratamentos 4 (convencional, 35 cm entre linhas, 230 mil plantas ha⁻¹) e 6 (convencional, 35 cm entre linhas, 430 mil plantas ha⁻¹), o que mostra que o sistema de sulco-camalhão possui vantagens na produção e manutenção de vagens nas plantas de soja (Tabela 2).

Sá (2005), avaliando cultivares de soja submetidas ao estresse por excesso hídrico durante o estágio de florescimento da cultura, verificou decréscimos de até 30% no número médio de vagens produzidas por planta, em relação aos tratamentos não submetidos ao excesso hídrico. Resultado semelhante foi encontrado por Scott et al. (1989). Segundo Barni e Costa (1976), a redução no número de vagens é maior quando a saturação do solo ocorre no período reprodutivo da cultura da soja, revelando-se como o componente mais afetado pelo excesso de água no solo. A saturação hídrica do solo, durante o florescimento, reduz o período de formação e o número de flores e, conseqüentemente, o número de vagens (Sionit; Kramer, 1977).

Tabela 2. Valores médios para variáveis de fenometria (altura final de plantas, altura de inserção de 1ª vagem, número de ramificações e número total de vagens) de soja BMX Icone RR cultivada em sulco camalhão ou preparo convencional, e diferentes arranjos espaciais de plantas (230, 330 e 430 mil plantas por ha sob espaçamentos entre linhas de semeadura de 35 e 45 cm). Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS, 2019.

Tratamentos	Altura (cm)	Altura inserção 1ª vagem (cm)	Número de ramifi- cações	Número total de vagens
T1	101,7 a	25,7 a	2,5 a	49,0 ab
T2	104,4 a	29,2 a	2,0 a	37,1 ab
T3	111,1 a	26,5 a	2,7 a	50,9 a
T4	96,6 a	26,3 a	2,0 a	31,6 b
T5	102,1 a	28,9 a	1,8 a	33,1 ab
T6	93,9 a	28,0 a	2,3 a	31,2 b
T7	81,4 a	23,0 a	3,1 a	36,2 ab
T8	91,3 a	25,8 a	2,8 a	40,1 ab
T9	77,5 a	22,5 a	3,3 a	36,0 ab
Média	95,6	26,2	2,5	38,4
CV (%)	16,2	14,1	31,8	21,2

T1. Sulco/Camalhão: 230 mil plantas ha⁻¹; T2. Sulco/Camalhão: 330 mil plantas ha⁻¹; T3. Sulco/Camalhão: 430 mil plantas ha⁻¹; T4. Preparo Convencional / Espaçamento de 35 cm entre linhas: 230 mil plantas ha⁻¹; T5. Preparo Convencional / Espaçamento de 35 cm entre linhas: 330 mil plantas ha⁻¹; T6. Preparo Convencional / Espaçamento de 35 cm entre linhas: 430 mil plantas ha⁻¹; T7. Preparo Convencional / Espaçamento de 45 cm entre linhas: 230 mil plantas ha⁻¹; T8. Preparo Convencional / Espaçamento de 45 cm entre linhas: 330 mil plantas ha⁻¹; T9. Preparo Convencional / Espaçamento de 45 cm entre linhas: 430 mil plantas ha⁻¹. Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Observou-se maior produtividade de grãos para a cultivar BMX Icone RR (Tabela 3) no tratamento sulco/camalhão e na densidade de 330 mil plantas ha⁻¹ (3002 kg ha⁻¹), enquanto a menor produtividade foi obtida quando a soja foi cultivada em preparo convencional e na densidade de 430 mil plantas ha⁻¹ (1872 kg ha⁻¹).

Considerando-se os dados agrupados, a soja teve seu melhor desempenho quando cultivada em sulco-camalhão, independentemente da densidade de plantas. Esses resultados coincidem com os descritos por Silva et al. (2007), que citam que nas safras 2003/2004, 2004/2005 e 2005/2006 ocorreram períodos de excesso e de déficit de umidade, condição comum na metade sul do Rio Grande do Sul, e que os rendimentos médios de grãos proporcionados pelo cultivo em camalhões foram em geral semelhantes ou superiores em relação aos obtidos nos sistemas convencionais irrigados.

Tabela 3. Valores médios para variáveis nº de grãos por planta, peso de grãos por planta e produtividade de grãos para a cultivar BMX Icone RR cultivada em sulco camalhão ou preparo convencional, e diferentes arranjos espaciais de plantas (230 mil, 330 mil e 430 mil plantas por hectare sob espaçamentos entre linhas de semeadura de 35 cm e 45 cm). Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS, 2019.

Tratamento	nº grãos total	Peso de grãos (g)	Produtividade de grãos (13%) kg/ha
T1	97,8 a	17,5 ab	2811,0 ab
T2	75,3 ab	13,4 a c	3002,1 a
T3	101,0 a	18,5 a	2839,4 ab
T4	58,5 b	10,0 c	2161,2 ab
T5	64,7 ab	11,8 bc	2281,3 ab
T6	58,5 b	9,7 c	2540,8 ab
T7	71,0 ab	12,4 a c	1888,4 ab
T8	76,7 ab	13,1 a c	1948,3 ab
T9	68,3 ab	12,1 a c	1872,2 b
Média	74,6	13,2	2371,6
CV (%)	21,2	21,1	19,8

T1. Sulco/Camalhão: 230 mil plantas ha⁻¹; T2. Sulco/Camalhão: 330 mil Plantas ha⁻¹; T3. Sulco/Camalhão: 430 mil plantas ha⁻¹; T4. Preparo Convencional / Espaçamento de 35 cm entre linhas: 230 mil plantas ha⁻¹; T5. Preparo Convencional / Espaçamento de 35 cm entre linhas: 330 mil plantas ha⁻¹; T6. Preparo Convencional / Espaçamento de 35 cm entre linhas: 430 mil plantas ha⁻¹; T7. Preparo Convencional / Espaçamento de 45 cm entre linhas: 230 mil plantas ha⁻¹; T8. Preparo Convencional / Espaçamento de 45 cm entre linhas: 330 mil plantas ha⁻¹; T9. Preparo Convencional / Espaçamento de 45 cm entre linhas: 430 mil plantas ha⁻¹. Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Os resultados favoráveis ao cultivo de soja em camalhão reportados neste experimento têm uma base lógica de certo modo previsível. Inicialmente, pode-se citar que a redução da umidade do solo a partir do ponto de saturação é mais rápida no camalhão do que em solo com preparo convencional, o que proporciona mais rápida aeração do solo e menor estresse por encharcamento, já a partir de 24 horas após chuvas intensas ou irrigações por superfície. Além disso, dada a facilidade de adensamento dos planossolos, a formação dos camalhões geralmente proporciona menor densidade do solo na zona radicular da soja, quando comparada aos cultivos convencionais. Esse é um grande benefício proporcionado pelo método, uma vez que altas densidades reduzem a macroporosidade, responsável pela aeração do solo (espaço aéreo), provocando drástica redução na difusão de oxigênio no solo, e afetando negativamente os cultivos de sequeiro (Silva et al., 2007).

Assim, o cultivo de soja em sulco-camalhão pode proporcionar maior produtividade de grãos de soja, quando comparado ao sistema convencional ou sem camalhão, principalmente em decorrência das adversidades climáticas, aumentando a capacidade adaptativa e a resiliência dos sistemas de produção agrícola nas áreas de terras baixas

CONCLUSÕES

A cultivar de soja BMX Icone RR demonstra melhor desempenho e maior produtividade de grãos, para cultivo em terras baixas.

A conjugação do sistema de sulco-camalhão, com densidade de 330 mil plantas por hectare, para espaçamentos de 35 cm entrelinhas sobre o camalhão, propicia maior produtividade nas condições de terras baixas.

REFERÊNCIAS

- BAMBERG, A. L. **Avaliação da densidade de um planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo ao longo do tempo através da tomografia computadorizada**. 2007. 98 f. Dissertação - (Mestrado em Agronomia), Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas.
- BARNI, N. A.; COSTA, J. A. Efeito de períodos de inundação do solo sobre o crescimento e características morfológicas da planta de soja. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 163-173, 1976.
- BERLATO, M. A.; FONTANA D. C. **El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul. Aplicações de previsões climáticas na agricultura**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2003. 110 p.
- BONOW, J. F. L.; THEISEN, G.; XAVIER, F. M. Milho cultivado em Terras Baixas em sistema de camalhões de base larga: resultado de seis safras. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 58., 2013, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2013. 1 CD-ROM.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v. 6 - Safra 2018/19 - Nono levantamento, Brasília, p. 1-113 junho 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 06 set. 2019.
- CUNHA, G. R.; ASSAD, E. D. Uma visão geral do número especial da RBA sobre o zoneamento agrícola no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, p. 446-459, 2001. Número Especial: Zoneamento Agrícola.
- HEIFFIG-DEL AGUILA, L. S.; EMYGDIO, B. M.; GEHLING, R. K.; DURLACHER, K. S.; FACCHINELLO, P. H. K.; BARROS, L. M. Determinação da melhor população de plantas no espaçamento 0,5m para cultivares de sorgo sacarino adaptadas ao Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 58., 2013, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2013. 1 CD-ROM.
- MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; MALUF, J. R. T.; BARNI, N. A.; BUENO, A. C.; DIDONE, I. A.; ANJOS, C. S.; MACHADO, F. A.; SAMPAIO, M. R. **Consumo de água e disponibilidade hídrica para milho e soja no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Fepagro, 2002. 105 p. (Boletim FEPAGRO, 10).
- OLIVEIRA, A. C. B.; ROSA, A. P. S. A. (Ed.). **Indicações Técnicas para a Cultura da Soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina: safras 2014/2015 e 2015/2016**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2014. 124 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 382).
- REIS, J. C. L. **Pastagens em Terras Baixas**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1998. 34 p. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 7).
- RODRIGUEZ JUNIOR, L. F.; SANDRI, J.; FRANTZ, G. **Relatório Oficial Nº 19/2020-SEAPDR**. Porto Alegre: Governo do Estado do Rio Grande do Sul: Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural, 2020. 11 p.
- SÁ, J. S. **Influência do manejo do nível freático e doses de nitrogênio em culturas sob hipoxia no solo**. 2005. 168 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Programa de Pós-graduação em Irrigação e Drenagem, ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SCOTT, H. D.; DE ANGULO, J.; DANIELS, M. B.; WOOD, L. S. Flood duration effects on soybean growth and yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, n. 4, p. 631-636, july/aug. 1989.
- SEVENHUIJSEN, R. J. Surface drainage systems. In: RITZEMA, H. P. (Ed.). **Drainage principles and applications**. Wageningen: International Institute for Land Reclamation and Improvement, 1994. p. 799-826.
- SILVA, C. A. S.; PARFITT, J. M. B.; THEISEN, G.; PEREIRA, M. R. **Sistema sulco/camalhão culturas em rotação ao arroz em áreas de várzeas do Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. 14 p. (Embrapa Clima Temperado. Circular técnica, 54).
- SILVA, C. A. S.; THEISEN, G.; PARFITT, J. M. B.; SILVA, J. J. C.; POHLMANN, N. F.; CARVALHO, E. N.; SEGABINAZI, D. R. **Sistema sulco/camalhão para irrigação e drenagem em áreas de várzea**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 4 p. (Embrapa Clima Temperado. Comunicado Técnico, 165).
- SILVA, J. L. S.; SANTOS, D. T.; VIEIRA, P. C.; PILLON, C. N. **Integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF)**. Porto Alegre: Comitê Gestor Estadual da Agricultura de Baixa Emissão de Carbono, 2015. (Boletim Técnico, Plano ABC).
- SIONIT, N.; KRAMER, P. J. Effects of water stress during different stages of growth of soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v. 69, n. 2, p. 274-278, Mar./Apr. 1977.
- STEINMETZ, S.; BRAGA, H. J. Zoneamento de arroz irrigado por épocas de semeadura nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 429-438, 2001.
- VAHL, L. C.; SOUZA, R. O. Aspectos físico-químicos de solos alagados. In: GOMES, A. S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. (Ed.). **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 97-118.
- VEDELAGO, A. **Adução para a soja em Terras Baixas drenadas do Rio Grande do Sul**. 2014. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Embrapa

Clima Temperado

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL