

CIRCULAR TÉCNICA

207

Pelotas, RS
Novembro, 2020

Manejo da Soja em Terras Baixas para Alta Produtividade

Germani Concenço
Lilia Sichmann Heiffig del Aguila
José Maria Barbat Parfitt
Walkyria Bueno Scivittaro

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL



Manejo da Soja em Terras Baixas para Alta Produtividade¹

As áreas de terras baixas do Rio Grande do Sul abrangem cerca de 4 milhões de hectares aptos à agricultura, onde predomina o cultivo do arroz irrigado no verão. A introdução da soja em rotação ao arroz nessas áreas tem aumentado nos últimos anos. Inicialmente, a rotação de culturas visou, fundamentalmente, o controle de plantas daninhas e de outras pragas prejudiciais ao arroz. Porém, a elevação do preço da soja no mercado, resultando em atrativos retornos econômicos, quando produtividades satisfatórias são alcançadas, tem aumentado a inserção da oleaginosa no ambiente de terras baixas. Para evitar os problemas advindos do excesso hídrico, característico dos planossolos que predominam na região, são necessários sistemas de drenagem eficientes e o aprimoramento do preparo do solo, proporcionando melhores condições à soja, que não é capaz de se desenvolver e produzir apropriadamente em ambiente com excesso hídrico.

Outro ponto a ser observado para o adequado desenvolvimento e a boa produtividade da soja em áreas de terras baixas é o espaçamento entre linhas de semeadura e a densidade de plantas, cuja combinação é denominada “arranjo de plantas”. A disposição e a densidade de plantas na lavoura devem permitir a adequada captação de radiação solar pelas plantas. Quando a densidade de plantas é baixa ou o espaçamento entre linhas inadequado, há subutilização da luz solar, perdas de produtividade e aumento na infestação de plantas daninhas na lavoura. Por outro lado, se a densidade de plantas é muito alta ou o espaçamento entre linhas muito próximo, há perdas de produtividade devidas à competição intraespecífica; as plantas aplicam mais energia tentando evitar a competição do que no estabelecimento de área foliar adequada e no enchimento de grãos; há maior ocorrência de doenças fúngicas, com maior dificuldade de controle em virtude do fechamento da cultura; e a probabilidade de acamamento é maior, dificultando a colheita.

Quando a soja é estabelecida em ambiente de terras baixas previamente ajustado para receber esse cultivo, especialmente quanto à drenagem e ao preparo do solo, e utilizando arranjo de plantas apropriado, o potencial de produtividade da cultura é elevado, mas a expressão desse potencial depende da adequação nos níveis de adubação. Devese considerar a condição de moderada a baixa fertilidade dos solos de terras baixas do Rio Grande do Sul, e que a espécie cultivada em rotação à soja nesse ambiente é o arroz. Essa cultura recebe aporte relativamente baixo de nutrientes, especialmente fósforo (P) e potássio (K), devido ao aumento da disponibilidade decorrente do processo de redução promovido pela inundação do solo. Assim, especial atenção deve ser dada ao manejo da fertilidade do solo e adubação da soja cultivada em terras baixas.

O manejo da fertilidade para a soja em terras baixas inclui a calagem para $\text{pH}_{\text{água}} 6,0$, que proporciona correção da acidez do solo, elimina os efeitos tóxicos do alumínio, do manganês e, eventualmente, do ferro; melhora o ambiente radicular para a absorção de nutrientes, favorecendo a atividade microbiana e aumentando a disponibilidade de nutrientes, e fornece cálcio (Ca) e magnésio (Mg) às plantas. Com relação à adubação, ênfase deve ser dada ao fornecimento de fósforo e potássio, dado que o nitrogênio (N) é suprido, fundamentalmente, via fixação biológica (FBN) por meio da simbiose com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*.

As adubações fosfatada e potássica devem ser definidas considerando-se a condição atual da fertilidade do solo, o potencial de resposta da cultivar utilizada e o potencial de produtividade pretendido. Estudos mostram que a adubação da soja em terras baixas deve ser ajustada para atender a demanda da planta, uma vez que são distintos os mecanismos fisiológicos responsáveis pela convivência com o excesso hídrico, bem como a dinâmica desses nutrientes no ambiente radicular.

Dentre os diversos fatores a serem observados para se obter uma lavoura de soja bem desenvolvida e com alta produtividade em áreas de terras baixas, destacam-se como principais:

¹ Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS; engenheira-agrônoma, doutora em Fitotecnia, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS; engenheiro agrícola, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS; engenheira-agrônoma, doutora em Ciências (Energia Nuclear na Agricultura), pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

1º processo – preparando a lavoura para reduzir a ocorrência de estresses hídricos

Uma das práticas que pode ser utilizada pelos produtores de soja em áreas de terras baixas é realizar a suavização do solo, ou seja, a sistematização com declividade variada, de forma que se criem zonas de escoamento hídrico conhecidas após chuvas mais intensas (Figura 1). Essas zonas servirão de base para se planejar sistemas de irrigação por sulco, caso o sistema de sulco-camalhão seja utilizado.

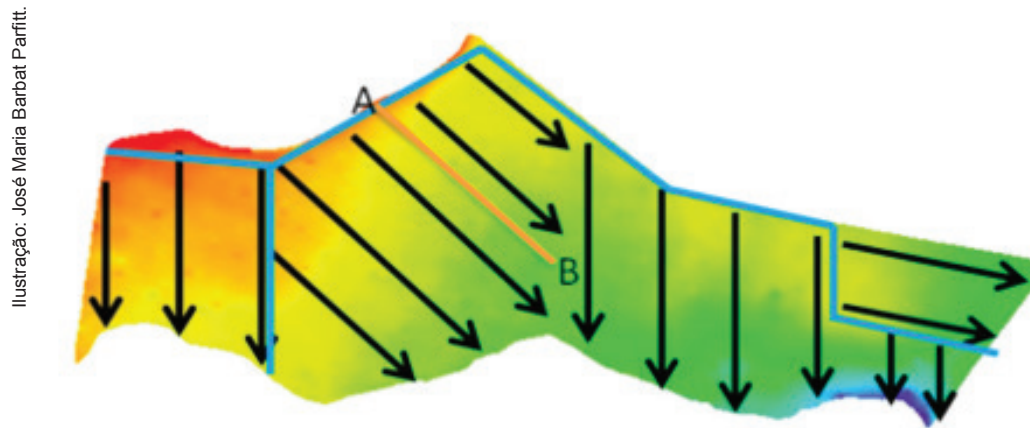


Figura 1. Exemplo de projeto de irrigação e drenagem de área de terras baixas, a partir das linhas preferenciais de fluxo da água.

Após a suavização, a área está apta à construção de sulcos-camalhões no sentido da maior declividade do terreno, conforme projeto de sistematização. Os sulcos-camalhões devem ter idealmente entre 90 cm e 95 cm entre sulcos. Cada crista do camalhão acomoda duas linhas de soja, espaçadas entre 30 cm e 35 cm; por consequência, linhas entre distintos sulcos-camalhões estarão espaçadas entre 55 cm e 60 cm (Figura 2).

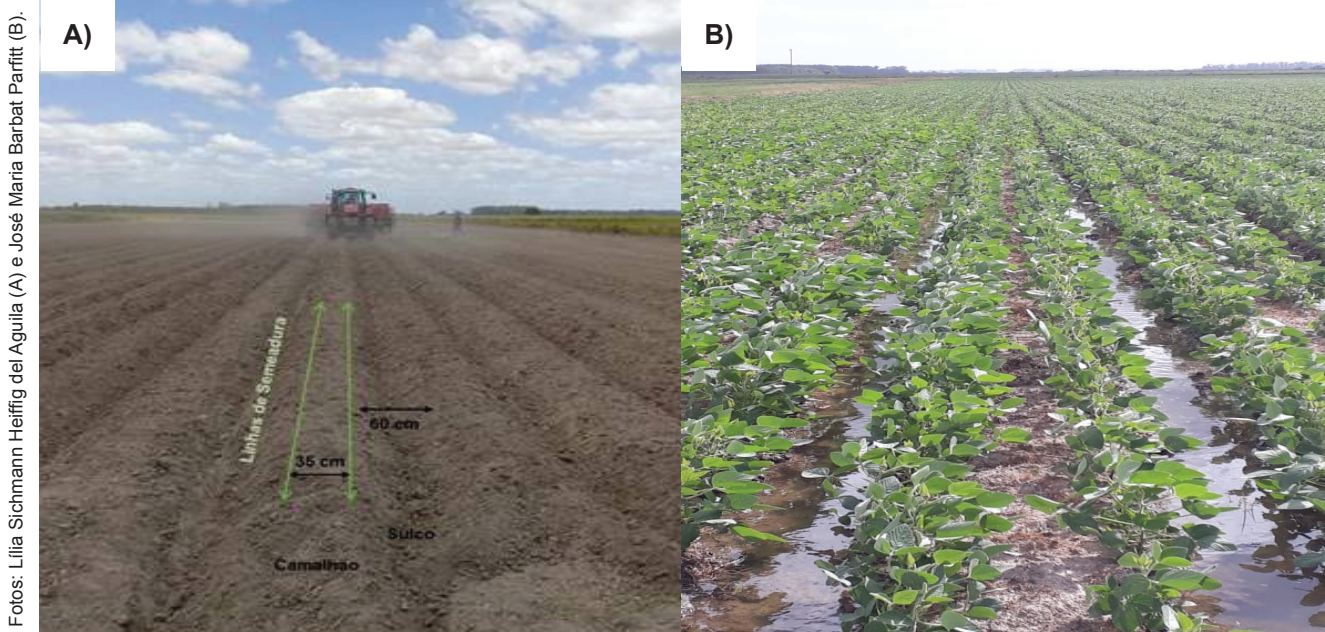


Figura 2. Semeadura de duas linhas de soja espaçadas em 35 cm sobre cada camalhão.

Após experimentos realizados pela Embrapa Clima Temperado, para a comprovação em escala-piloto em propriedade de produtor, foi selecionada uma fazenda em Rio Grande, RS. Na safra 2019/2020, duas áreas foram instaladas:

- Tratamento SC (*sistema convencional - testemunha*), compreendendo o manejo tradicional do produtor (sem sulco-camalhões, sem escarificação, sem suavização e sem irrigação, uma vez que essa é viabilizada pelo sistema sulco-camalhão); área testemunha monitorada de 27 hectares.
- Tratamento SI (*sistema irrigado*), compreendendo o conjunto de técnicas consideradas mais adequadas dentre as testadas pela Embrapa: suavização da área em taxa variada, com declividade média mínima de 0,05%; confecção de sulcos-camalhões com dimensões de 90 cm entre sulcos, comportando duas linhas de soja sobre cada camalhão, espaçadas em 35 cm entre si (55 cm entre linhas em distintos camalhões); área de 23 hectares.

As lavouras foram plantadas concomitantemente na data de 10/11/2019, com a cultivar ND 5909 na densidade de 12 sementes por metro, sendo estabelecidas 23 plantas m² após plena emergência da cultura em ambas as áreas. Em geral, não foram constatados efeitos de tratamento sobre as características avaliadas, sendo as grandezas das diferenças atribuídas à variação natural nos dados biológicos e fitotécnicos (Figura 3), de acordo com os intervalos de confiança a 95%. A produtividade de grãos, no entanto, diferiu também de acordo com os intervalos de confiança. Foram colhidas 82,5 sacas por hectare (~ 4.950 kg ha⁻¹) na área com sulco-camalhão, e 62 sacas por hectare (~ 3.720 kg ha⁻¹) como média geral da propriedade.

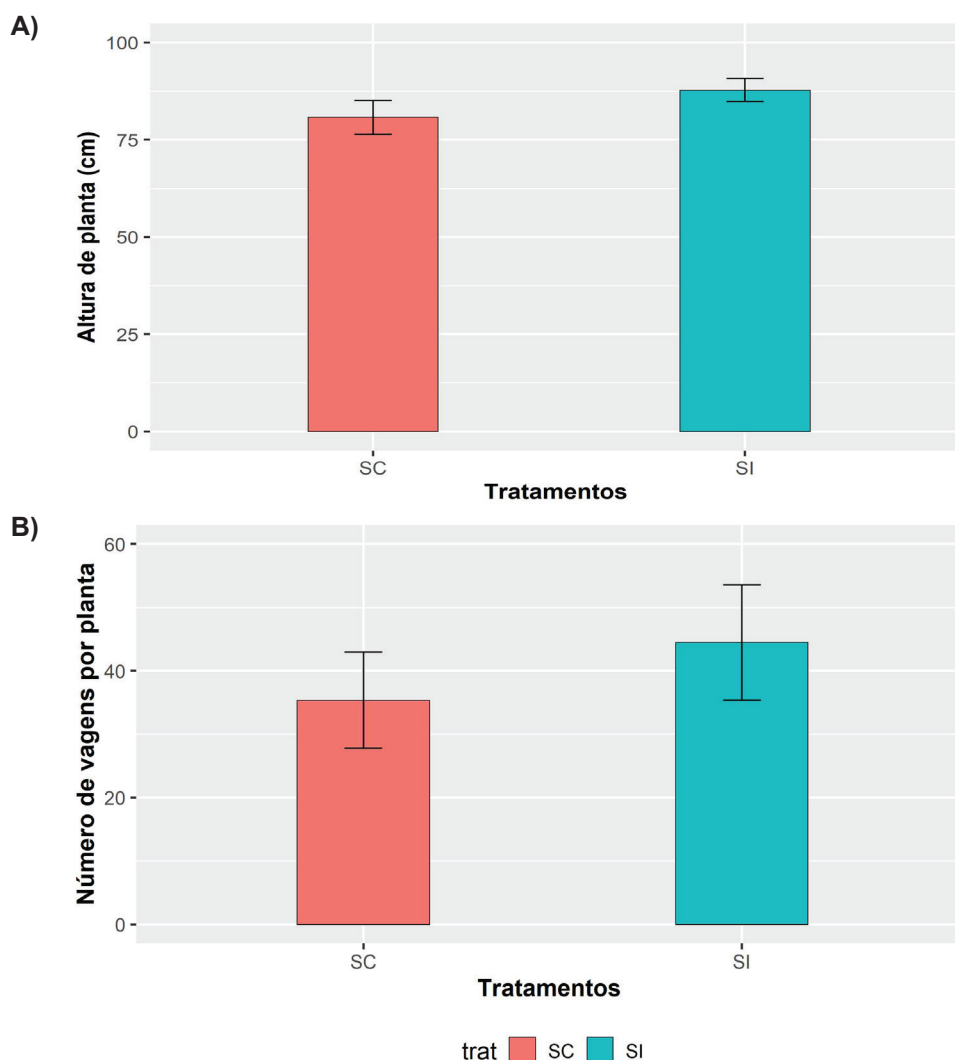


Figura 3. Altura de plantas (A) e número de vagens por planta (B) em soja cultivar ND 5909, implantada em lavoura piloto no município de Rio Grande-RS, na safra 2019/20. SC = sistema convencional (manejo do produtor); SI = sistema irrigado (manejo Embrapa com suavização do terreno com declividade variada e sulco-camalhões). Médias com intervalos de confiança a 95% sobre as barras, com n = 11. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2020.

Em geral, o tratamento com as técnicas de suavização do solo, estabelecimento de sistema de sulco-camalhão e a consequente drenagem e viabilização de irrigação por sulcos mostrou-se adequado para a obtenção de altas produtividades de soja em lavouras comerciais. Há que se ressaltar, ainda, a importância de se observar parâmetros associados à efetivação da irrigação, como o respeito ao comprimento máximo de sulco, em função do turno de rega, e chegada da água até o final do sulco de irrigação.

2º processo – estabelecendo adequada distribuição e densidade de plantas

Duas áreas de referência foram conduzidas. Na primeira, comparou-se o desenvolvimento de cultivares de soja nas terras baixas, enquanto que na segunda estabeleceu-se o melhor arranjo das plantas para o cultivar que se destacou dentre as demais. Na primeira área, foram semeadas onze cultivares de soja do grupo de maturidade relativa (GMR) 7: 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; GNZ 690S RR.

As linhas foram espaçadas em 0,45 m com densidade de plantas de 300 mil plantas ha⁻¹. Entre as cultivares avaliadas, a BMX Icone RR sobressaiu-se às demais em termos de produtividade média de grãos, com 4.073 kg ha⁻¹, enquanto as outras produziram em média 3.022 kg ha⁻¹. A segunda área, portanto, foi instalada na safra subsequente utilizando-se somente a cultivar BMX Icone RR, que foi semeada em 15/11/2018. Nessa área, foram avaliados dois sistemas de manejo do solo (convencional e sulcocamalhão) e três arranjos de plantas de soja (230, 330 e 430 mil plantas ha⁻¹, associados a dois espaçamentos entre linhas de semeadura – 35 cm e 45 cm) (Tabela 1):

Tabela 1. Tratamentos referentes aos manejos de solo (preparo convencional e preparo com sulcocamalhão) conjugados aos arranjos de plantas de soja, e valores médios para a produtividade de grãos da cultivar BMX Icone RR, por tratamento. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2020.

Sistema de cultivo	Espaçamento entre linhas	Densidade (plantas ha ⁻¹)	Produtividade (kg ha ⁻¹)*
1) Sulco-camalhão	35 / 55 cm	230 mil	2811 ab
2) Sulco-camalhão	35 / 55 cm	330 mil	3002 a
3) Sulco-camalhão	35 / 55 cm	430 mil	2839 ab
4) Preparo convencional	35 cm	230 mil	2161 ab
5) Preparo convencional	35 cm	330 mil	2281 ab
6) Preparo convencional	35 cm	430 mil	2540 ab
7) Preparo convencional	45 cm	230 mil	1888 ab
8) Preparo convencional	45 cm	330 mil	1948 ab
9) Preparo convencional	45 cm	430 mil	1872 b

* Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Observou-se maior produtividade de grãos para a cultivar BMX Icone RR (Tabela 1) em sistema sulcocamalhão para as densidades de 230 a 330 mil plantas ha⁻¹ (2.800 a 3.000 kg ha⁻¹), enquanto que menor produtividade foi obtida quando a soja foi cultivada em sistema convencional de preparo e na densidade de 430 mil plantas ha⁻¹ (1.872 kg ha⁻¹). Considerando-se os dados agrupados, a soja teve seu melhor desempenho quando cultivada em sistema sulco-camalhão, independentemente da densidade de plantas utilizada.

A cultivar de soja BMX Icone RR foi a que demonstrou melhor desempenho e maior produtividade de grãos, dentre as 11 cultivares avaliadas, indicadas para cultivo em terras baixas. A associação do cultivo em sistema

sulco-camalhão com a densidade de 330 mil plantas ha⁻¹, para espaçamentos de 35 cm a 55 cm entre linhas (característico do sistema sulco-camalhão), propiciou a melhor produtividade de grãos da soja.

Teste em área piloto

O teste de campo da tecnologia validada em ambiente experimental foi realizado em escala piloto na mesma propriedade rural e áreas descritas no processo 1 (plantio de 23 hectares), respeitando-se, no entanto, a escolha do cultivar, que foi feita pelo produtor, em função do seu melhor desempenho no microclima predominante na referida propriedade rural. O resultado, conforme já referido no processo 1, foi de produtividade em torno de 30% superior na área com sulco-camalhão (SI), quando comparado à média da propriedade.

3º processo – teores de fósforo e potássio compatíveis com altas produtividades

Realizou-se estudo para avaliar o potencial de resposta da soja (cultivar BMX Ícone IPRO) às adubações fosfatada e potássica, nos sistemas de cultivo convencional e sulco-camalhão. Em ambos os sistemas, os experimentos foram realizados de forma individualizada para os nutrientes fósforo (P) e potássio (K). A variação na dose aplicada de cada um desses nutrientes (P ou K) foi associada ao fornecimento de quantidade fixa do outro nutriente (K ou P), estabelecida em 1,5 vezes a dose recomendada para a cultura, considerando-se a disponibilidade no solo e expectativa de produtividade de grãos da soja de 4 t ha⁻¹ (Sociedade..., 2016), de forma a evitar eventual limitação e, portanto, interferência na resposta da cultura aos tratamentos.

A interpretação dos resultados da análise química do solo da área experimental indicou nível médio (próximo ao limite superior da classe alto) de fósforo disponível, e nível médio de potássio extraível (Sociedade..., 2016), de forma que a dose recomendada de fósforo (DRP) e de potássio (DRK) para a cultura da soja, considerando-se expectativa de produtividade de 4 t ha⁻¹ correspondeu, respectivamente, a 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 130 kg ha⁻¹ de K₂O (Sociedade..., 2016). Os experimentos foram realizados em área previamente corrigida quanto à acidez (pH_{água} 6,0), para potencializar a resposta da cultura à adubação. Como fonte de fósforo e de potássio, utilizou-se superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente. O fertilizante fosfatado foi aplicado integralmente em pré-semeadura, sendo aplicado a lanço e incorporado. Por sua vez, o fertilizante potássico foi parcelado em duas aplicações, sendo parte aplicada em pré-semeadura, com a aplicação a lanço e incorporado, e parte em cobertura no estágio V2 – segundo a escala de Fehr e Caviness (1977) (dose fixada em 65 kg ha⁻¹ de K₂O) – para os tratamentos com doses correspondentes a 1,0; 1,5 e 2,0 a DRK. No tratamento com dose correspondente a 0,5 DRK, todo o fertilizante potássico foi aplicado em pré-semeadura. Para garantir eficiência da fixação biológica de nitrogênio (FBN), utilizaram-se sementes de soja inoculadas com inoculante específico.

Os resultados relativos ao desempenho produtivo da soja em resposta a níveis crescentes de fósforo e potássio (0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 vezes a dose recomendada de P ou K¹) nos sistemas convencional e sulco-camalhão são apresentados nas Figuras 4 e 5, respectivamente. Independentemente do nutriente, fósforo ou potássio, o potencial de produtividade da cultura foi maior sob cultivo em sistema sulco-camalhão, relativamente ao sistema convencional, particularmente no estudo de resposta à adubação fosfatada. Atribui-se esse resultado à melhoria na drenagem superficial do solo e ao aporte suplementar de água, via irrigação, proporcionado por esse sistema de cultivo. Vale salientar que tais resultados se referem a uma safra agrícola em que os estresses hídricos foram amenos na região de estudo, sem eventos extremos de excesso ou déficit hídrico.

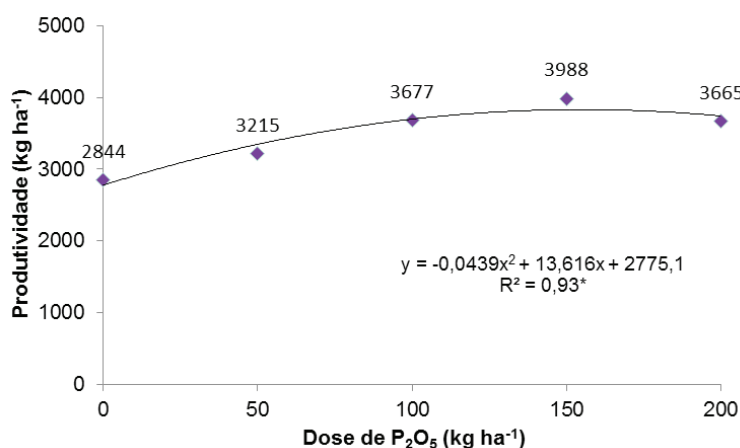
Com relação ao fósforo, destacam-se os potenciais de produtividade relativamente elevados obtidos sob omissão da adubação fosfatada, em razão da disponibilidade relativamente alta do nutriente no solo (teor médio a alto), de forma que o acréscimo em produtividade proporcionado pelo aporte do nutriente foi relativa-

¹ Dose recomendada de fósforo (DRP) e dose recomendada de potássio (DRK) estabelecida de acordo com os resultados da análise química do solo e considerando-se expectativa de produtividade da cultura correspondente a 4 t ha⁻¹, de acordo com Sociedade... (2016).

mente baixo, correspondendo a aproximadamente 6,8 e 2,6 kg de grão por kg de P_2O_5 , nos sistemas convencional e sulco-camalhão (Figura 4). Porém, em solos com menor disponibilidade de fósforo, que representam cerca de 75% das áreas de terras baixas do Rio Grande do Sul, o efeito esperado da aplicação do nutriente muito provavelmente será mais pronunciado.

Em ambos os sistemas de cultivo, a resposta da soja à aplicação de fósforo foi descrita por modelo quadrático, com valores máximos correspondentes a 3.831 e 4.173 kg ha^{-1} de grãos, correspondentes às doses de 155 e 118 kg ha^{-1} de P_2O_5 , sob sistemas convencional e sulco-camalhão, respectivamente (Figura 4). Esse resultado evidencia que as atuais indicações de fósforo para a soja subestimam a demanda nutricional da cultura para se atingir o potencial máximo de produtividade em terras baixas, especialmente sob sistema convencional de cultivo. Importante ressaltar que as indicações técnicas de doses de fertilizantes disponíveis visam máxima eficiência econômica da adubação, a qual varia em função dos valores de mercado dos fertilizantes e do grão da oleaginosa.

A) Sistema convencional



B) Sulco-camalhão

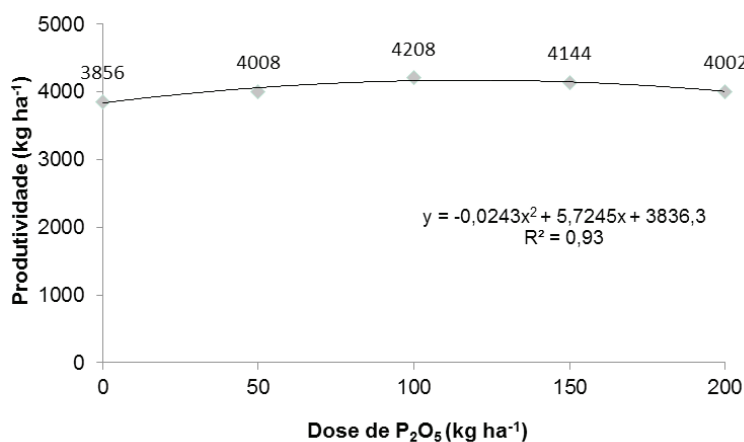


Figura 4. Produtividade de grãos de soja cultivada nos sistemas convencional (A) e sulco-camalhão (B) em terras baixas, em função da dose de fósforo. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2020.

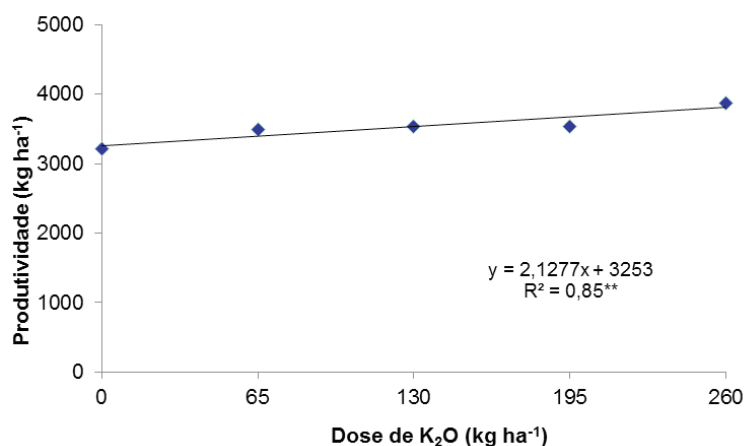
Porém, considerando-se as curvas de resposta a fósforo e a exportação média do nutriente pelos grãos ($14 \text{ kg } P_2O_5 \text{ t grãos}^{-1}$), é possível estabelecer o balanço entre as entradas e saídas de nutrientes do sistema, o qual foi negativo, apenas, para os dois níveis mais baixos avaliados (0 e $50 \text{ kg } P_2O_5$), sendo positivo para as demais doses, ou seja, resultando em incremento no conteúdo do nutriente no solo. Importante destacar que esse resultado ocorreu apesar de os níveis de produtividade alcançados pela cultura terem sido relativamente elevados. Entretanto, apenas no sistema sulco-camalhão, o uso da dose recomendada de fósforo para a soja possibilitou o alcance da expectativa de produtividade pretendida ($4 \text{ t } ha^{-1}$). Sob sistema

convencional, aproximou-se desse teto de produtividade com o uso de dose correspondente a 1,5 vezes a dose recomendada do nutriente para a cultura.

Quanto à resposta da soja à adubação potássica (Figura 5), os dados mostram resposta crescente da cultura ao aporte do nutriente sob o sistema convencional de cultivo, não se atingindo valor máximo de produtividade dentro do intervalo amplo de doses avaliado. Sob sistema sulco-camalhão, a resposta da cultura à aplicação de potássio ajustou-se a modelo quadrático, com valor máximo obtido pela aplicação da dose de 265 kg ha⁻¹ de K₂O. Esses resultados mostram que a soja cultivada em terras baixas apresenta resposta consistente à adubação potássica, mesmo em área com teor médio do nutriente no solo, devendo esse efeito ser ainda mais pronunciado em solos com teores muito baixo e baixo do nutriente, que ocorrem com relativa frequência nesse ambiente (Vedelago, 2014). A resposta da soja à adubação potássica varia, entretanto, entre genótipos, sendo maior para aqueles de baixa estatura, entrenós curtos e baixo índice de área foliar (Thomas; Lange, 2014). De forma geral, a resposta da soja à adubação potássica é maior sob condições favoráveis de manejo, especialmente na ausência de estresses hídricos, condições essas atendidas nos presentes experimentos.

Com relação ao balanço do potássio no sistema, apenas para as duas menores doses do nutriente (0 e 65 kg ha⁻¹ de K₂O), esse foi negativo. Nas demais doses, que correspondem a 1,0; 1,5 e 2,0 vezes a recomendação para a cultura, considerando-se a disponibilidade do nutriente no solo e expectativa de produtividade de 4 t ha⁻¹, as adubações realizadas deixaram residual significativo do nutriente no solo. No entanto, em ambos os sistemas, a despeito do aporte de quantidades elevadas de potássio ao solo, não se atingiu o potencial de produtividade pretendido, especialmente sob o sistema convencional de cultivo, indicando, como referido previamente, que a resposta da cultura à adubação potássica depende da adequação dos demais fatores de produção.

A) Sistema convencional



B) Sulco-camalhão

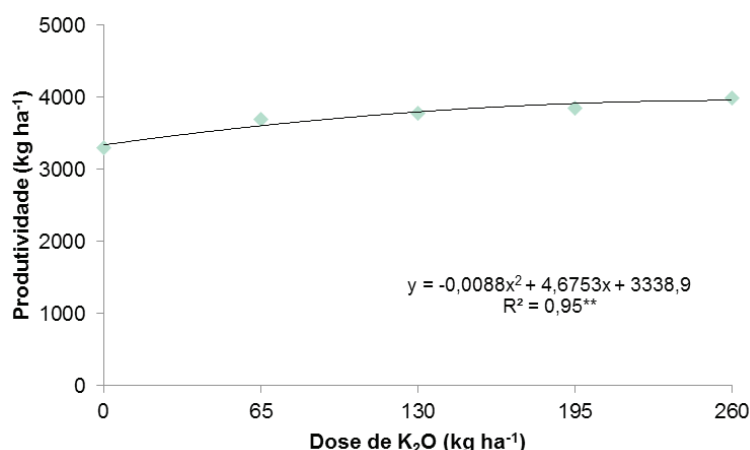


Figura 5. Produtividade de grãos de soja cultivada nos sistemas convencional (A) e sulco-camalhão (B) em terras baixas, em função da dose potássio. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2020.

A soja apresenta resposta proeminente às adubações fosfatada e potássica em terras baixas, independentemente do sistema de cultivo, convencional e sulco-camalhão, sob condições adequadas de manejo, de maneira particular na ausência de estresses hídricos importantes. O potencial de resposta da cultura tende a ser superior aos níveis recomendados pelas atuais indicações de adubação com P e K para a cultura, mesmo em solos com teores médios desses nutrientes. O incremento na dose recomendada desses nutrientes em relação às atuais indicações da pesquisa (Sociedade..., 2016) indica potencial de maior resposta à adubação. A opção pelo incremento da dose depende da avaliação econômica dessa prática de manejo, estabelecida com bases nos preços atuais da soja e dos fertilizantes fosfatado e potássico.

Referências

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11 p.

THOMAS, A. L.; LANGE, C. E. (Org.). **Soja em solos de várzea do Sul do Brasil**. Porto Alegre: Evangraf, 2014. 128 p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. [s. l.]: Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2016. 376 p.

VEDELAGO, A. **Adubação para a soja em terras baixas drenadas do Rio Grande do Sul**. 2014. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Literatura recomendada

VEDELAGO, A.; CARMONA, F. de C.; BOENI, M.; LANGE, C. E.; ANGHINONI, I. **Fertilidade e aptidão de uso dos solos para o cultivo da soja nas regiões arrozeiras do Rio Grande do Sul**. Cachoeirinha: IRGA, Divisão de Pesquisa, 2012. 46 p. (Boletim Técnico, 12).

WINKLER, A. S.; SILVA, J. T. da; PARFITT, J. M. B.; TEIXEIRA-GANDRA, C. F. A.; CONCENÇO, G.; TIMM, L. C. Surface drainage in leveled land: Implication of slope. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 2, p. 77-82, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n2p77-82>. Acesso em: 13 out. 2020.

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

1ª edição
Obra digitalizada (2020)



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



Comitê Local de Publicações
Presidente

Luis Antônio Suita de Castro

Vice-Presidente

Walkyria Bueno Scivittaro

Secretária-Executiva

Bárbara Chevallier Cosenza

Membros

Ana Luiza Barragana 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