

**Comportamento Ecofisiológico de Cultivares
de Arroz sobre Sulco-camalhão Residual em
Terras Baixas de Clima Temperado**



**OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL**



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

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
360**

Comportamento Ecofisiológico de Cultivares de Arroz sobre Sulco-
camalhão Residual em Terras Baixas de Clima Temperado

*Germani Concenço
Walkyria Bueno Scivittaro
José Maria Barbat Parfitt
Nathalia Dalla Corte Bernardi
Thais Stradioto Melo*

***Embrapa Clima Temperado
Pelotas, RS
2022***

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

Secretária-executiva
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
Nathália Santos Fick (46.431.873/0001-50)

Foto da capa
Germani Concenço

1ª edição
Publicação digital - PDF (2022)

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

C737 Comportamento ecofisiológico de cultivares de arroz sobre sulco-camalhão residual em terras baixas de clima temperado / Germani Concenço... [et al.]. – Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2022.
13 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Clima Temperado, ISSN 1981-5980 ; 360)

1. Prática cultural. 2. Solo hidromórfico. 3. Manejo do solo. 4. Camalhão. 5. Arroz. I. Concenço, Germani.
II. Série.

CDD 633.18

Sumário

Introdução.....	7
Material e métodos.....	8
Resultados e discussão.....	10
Conclusões.....	12
Referências	12

Comportamento Ecofisiológico de Cultivares de Arroz sobre Sulco-camalhão Residual em Terras Baixas de Clima Temperado

Germani Concenço¹

Walkyria Bueno Scivittaro²

José Maria Barbat Parfitt³

Nathalia Dalla Corte Bernardi⁴

Thais Stradioto Melo⁵

Resumo - O arroz é uma planta semiaquática, cultivada usualmente em monocultura em ambiente inundado. O sistema de sulco-camalhão foi idealizado para permitir o cultivo de espécies de sequeiro em terras baixas, viabilizando a rotação de culturas com o arroz. Após a colheita da espécie de sequeiro, normalmente o produtor retorna com o arroz, tendo custos associados ao desmonte dos camalhões antes da semeadura. Embora não seja a condição mais favorável ao arroz, a semeadura pode ocorrer sobre os camalhões residuais. Com o objetivo de averiguar a habilidade das plantas de arroz em retirar água do solo e em manter níveis adequados de clorofila nas folhas, quando semeadas sobre sulco-camalhão residual do cultivo anterior, foi instalado um experimento em condições de campo, na Embrapa Clima Temperado, com as cultivares BRS Pampa, BRS Pampeira e Guri. Os tratamentos consistiram na interação entre os seguintes fatores: (i) posição da planta na lavoura (início, centro e final); e (ii) posição da planta no perfil do sulco-camalhão (topo, base). Utilizou-se o método da amostragem aleatória com $n = 15$, e os dados foram analisados por estatística descritiva. Não foram observadas tensões de água no xilema maiores do que 530 kPa. BRS Pampeira apresentou melhor desempenho que as demais nesse quesito. Foi alcançado teor de clorofila total em torno de 42 ICF para BRS Pampa. O valor de referência (45 ICF de clorofila total) foi ultrapassado somente por BRS Pampa para plantas estabelecidas na base do camalhão, mais próximas à entrada de água. Os efeitos de tratamento sobre o teor de clorofila foram discretos.

Termos para indexação: água; xilema; clorofila; *Oryza sativa*.

¹ Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

² Engenheira-agrônoma, doutora em Ciências, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

³ Engenheiro agrícola, doutor em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

⁴ Engenheira-agrônoma, mestranda em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

⁵ Engenheira-agrônoma, mestre e doutoranda em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

Ecophysiological Behavior of Rice Cultivars in the Remanescent Ridge Systems from Previous Cultivation in Lowland Areas of Temperate Climate

Abstract - Rice is a semi-aquatic plant, usually cultivated in monoculture in flooded environment. The furrow-ridge system was designed to allow the cultivation of upland crop species in lowlands, enabling crop rotation with rice. After harvesting the rainfed species, farmers usually return with rice crop, with costs associated with smoothing the ridges before sowing. Sowing can take place on the residual ridges, although this is not the most favorable condition for rice. With the aim of investigating the ability of rice plants to extract water from soil and to maintain adequate levels of chlorophyll in leaves – when sown on residual ridges from the previous upland crop – an experiment was carried out under field conditions at Embrapa Temperate Agriculture, using the cultivars BRS Pampa, BRS Pampeira, and Guri. Treatments consisted of the interaction between the following factors: (i) plant position in the field (beginning, center and end); and (ii) plant position in the furrow-ridge profile (top, base). The random sampling method was used with $n = 15$ and the data set was analyzed by using descriptive statistics. No xylem water tensions greater than 530 kPa were reported. BRS Pampeira performed better than the others in this regard. Total chlorophyll content around 42 ICF was reached by BRS Pampa. The reference value (45 ICF of total chlorophyll) was exceeded only by BRS Pampa for plants established at the base of the ridge, closer to water inlet. Treatment effects on chlorophyll content were mild.

Index terms: water; xylem; chlorophyll; *Oryza sativa*.

Introdução

O arroz é uma planta semiaquática, adaptada ao ambiente inundado (Gomes; Azambuja, 2003). Embora a demanda hídrica da planta de arroz não seja muito maior do que a de espécies de terras altas (evidentemente, em condições edafoclimáticas similares), essa tem maior dificuldade para retirar a água do solo (Concenção et al., 2016; Pinto et al., 2020), exigindo que o manejo da irrigação do arroz tenha de ser mais cuidadoso, iniciando com menores tensões de água no solo. Trabalhos realizados por Parfitt et al. (2017a) indicam que, em nenhum momento, a tensão de água no solo em cultivos de arroz com variedades adaptadas à inundação, seja irrigado por inundação intermitente ou por aspersão, deve ser superior a 30 kPa (0,03 MPa) para evitar potenciais perdas na produtividade da cultura.

O sistema de sulco-camalhão foi idealizado para permitir o cultivo mais seguro de espécies de sequeiro em áreas de arroz (terras baixas), tradicionalmente estruturadas para manter uma lâmina de água sobre a superfície do solo. Nessa situação, após chuvas pesadas as espécies de sequeiro podem sofrer grandes danos no metabolismo fisiológico, o que potencialmente resulta em perda de produtividade. Soja e milho são espécies de sequeiro cultivadas com sucesso no sistema sulco-camalhão, em áreas de terras baixas (Emygdio et al., 2017).

Após a colheita da espécie de sequeiro cultivada em sistema sulco-camalhão, normalmente o produtor almeja retornar com o arroz na área, efetivando assim um sistema de rotação de culturas. Nessa situação há a operação de desmonte da infraestrutura de sulcos e camalhões para a implantação da lavoura de arroz na safra subsequente. Isso gera custos, principalmente quando se considera o custo de óleo combustível para essa operação, além da necessidade de máquinas, operadores e tempo hábil para tal operação no cronograma de trabalho das propriedades. Surge então a necessidade de se averiguar o desempenho do arroz quando cultivado diretamente sobre os sulco-camalhões residuais da safra antecessora.

Na semeadura do arroz diretamente sobre os sulco-camalhões residuais, o arroz encontra um ambiente com topografia irregular, com ondulações, em que parte terá mais facilidade de permanecer encharcada (a base dos sulcos) e parte será mais seca (o topo dos camalhões). Assim, há risco de distribuição desuniforme da água, o que poderia resultar em fenômenos como a maturação desuniforme, uma vez que o menor teor de água no solo acaba por alongar o ciclo do arroz (Parfitt et al., 2017b).

Outro ponto a ser estudado é o comportamento da cultura ao longo da extensão do sulco-camalhão, que pode alcançar ~ 500 m, dependendo da declividade estipulada no projeto de suavização. A irrigação da lavoura de arroz sobre sulco-camalhão residual é feita com politubos, no sistema de irrigação por sulcos. Nessa situação, há ao menos dois pontos contrastantes quanto à disponibilidade de água ao longo da lavoura: (a) o ponto mais alto, próximo à entrada de água, e (b) o final da lavoura, ponto mais baixo onde a água tende a acumular e o arroz a crescer majoritariamente em ambiente inundado ou, ao menos, encharcado.

Torna-se bastante difícil aferir o impacto diferencial da posição da lavoura em que a planta está localizada (topo ou base do camalhão, início ou final da lavoura) sobre a produtividade, do ponto de vista operacional. Em fases iniciais do estudo do comportamento de plantas ao estresse hídrico, normalmente o desempenho fisiológico da planta é um grande indicador da estabilidade de sua reação às alterações no nível de disponibilidade hídrica e pode ser mais facilmente aferido em grande número de plantas ao longo da lavoura. No caso do arroz, em particular, menores disponibilidades hídricas em níveis agronomicamente adequados (0 - 30 kPa) poderiam, mesmo assim, impactar o desempenho fisiológico da cultura (Concenção et al., 2016).

Assim, para o arroz, a força que a planta tem que fazer para retirar água do solo em quantidades suficientes para manter níveis adequados de hidratação dos tecidos é importante para avaliar a adequação do desempenho fisiológico da planta. Além disso, níveis de hidratação inadequados poderiam eventualmente alterar a dinâmica de captura e uso do nitrogênio e demais nutrientes relacionados à molécula de clorofila, reduzindo, assim, seu teor nos tecidos, o que acabaria por reduzir também a taxa fotossintética potencial da planta. Objetiva-se com este estudo, portanto, averiguar a habilidade das plantas de arroz em retirar água do solo e em manter níveis adequados de clorofila nas folhas, quando semeadas sobre sulco-camalhão residual do cultivo anterior.

Material e métodos

Foi instalado um experimento em condições de campo, na Embrapa Clima Temperado, estação experimental Terras Baixas, em Capão do Leão-RS, na safra 2021/2022, para avaliar o desempenho do arroz cultivado sobre sulco-camalhões residuais de safra anterior com as cultivares BRS Pampa, BRS Pampeira e Guri. A semeadura ocorreu sobre sulco-camalhões espaçados entre si em 0,90 m, com desnível médio de 13 cm entre a base do sulco e a crista do camalhão. A adubação de base e de cobertura, assim como os tratamentos culturais, seguiram o preconizado para a cultura (SOSBAI, 2018).

Foram utilizados tensiômetros mecânicos ao longo da lavoura, para aferição diária da tensão de água no solo, tanto na base como na crista dos sulco-camalhões. A irrigação da lavoura foi realizada com turno de rega de três dias. A entrada de água na lavoura era permitida em todos os sulcos até que a tensão de água no solo alcançasse 0 kPa, quando então era interrompida, com o retorno da irrigação ocorrendo mandatoriamente três dias após. Diariamente a tensão de água no solo era aferida através dos tensiômetros mecânicos.

Para o experimento de ecofisiologia da cultura, os tratamentos foram estabelecidos com base nos seguintes fatores:

Tensão de água no xilema:

Fator 1: variedade

BRS Pampa, Guri e BRS Pampeira

Fator 2: posição no perfil do sulco-camalhão

Base (B), topo (T), + testemunha inundada (TA)

Índice de clorofila:

Fator 1: variedade

BRS Pampa e Guri

Fator 2: posição no perfil do sulco-camalhão

Base (B) e topo (T)

Fator 3: posição em relação à entrada de água

Início, meio e final da lavoura

As avaliações de tensão de água no xilema de plantas localizadas no topo e na base do sulco-camalhão foram contrastadas com os valores aferidos na parte inundada, ao final da lavoura. Logo, como para o índice de clorofila na folha, a posição ao longo do sulco foi considerado como fator, os valores foram analisados comparativamente às plantas aferidas ao final da lavoura, que estavam em ambiente inundado, ou ao menos encharcado e com tensão de água no solo de 0 kPa. Essa tensão foi registrada pela leitura dos tensiômetros distribuídos na área.

Essa diferença nos tratamentos entre as variáveis foi necessária devido à sensibilidade diferencial das variáveis analisadas. A tensão de água no xilema é trabalhosa e demorada para ser avaliada e, normalmente, tem alto coeficiente de variação; assim, não se obteria vantagem na avaliação de um ponto intermediário ao longo da lavoura, com grande volume de trabalho adicional.

A tensão de água no xilema das plantas de arroz foi aferida com uso de bomba de Scholander (Figura 1), com método específico, no qual a tensão de água do xilema das plantas equivale ao oposto da pressão exercida sobre a planta, em que há o início da exsudação de seiva pelos vasos do xilema. As plantas de arroz são muito tenras e as pressões exercidas pelo equipamento podem promover o rompimento dos tecidos em contato com o equipamento, antes que se atinja o nível de pressão equivalente à tensão da água no xilema. Assim, essa análise foi realizada logo após a data estimada para a iniciação da panícula, quando ocorre maior firmeza de colmos, porém ainda sem o vazio interno na base do colmo, que ocorre quando inicia o alongamento para emissão da panícula. As pressões foram registradas em libras por polegada quadrada (PSI), sendo posteriormente convertidas para kilopascal (kPa), sendo 1 PSI = 6,89 kPa, e 1000 kPa = 1 MPa.



Fotos: Germani Conceição

Figura 1. Processo de avaliação da tensão de água no xilema das plantas de arroz. Coleta da amostra (perfilho principal da planta) na lavoura de arroz (A); inserção da planta de arroz na estrutura de fixação da câmara de Scholander (B); e avaliação da pressão necessária para contrapor a tensão da água no xilema da planta de arroz (C).

A aferição de clorofila foi realizada no terço médio da segunda folha do colmo principal da planta de arroz, também por ocasião da iniciação da panícula. Foi utilizado clorofilômetro da marca Falcker, modelo CFL-1030, seguindo as recomendações do fabricante antes de iniciar as avaliações (Figura 2). Os teores de clorofila foram registrados na unidade própria do equipamento → índice de clorofila Falcker (ICF). Não foi considerada a variedade BRS Pampeira na avaliação do teor de clorofila devido à diferença de ciclo, o que implica aplicações de nitrogênio em momento distinto às demais variedades. Sua avaliação somente introduziria maior confundimento às análises.

Para ambas as variáveis, as avaliações do índice de clorofila foram aferidas em 15 plantas em cada um dos tratamentos resultantes do cruzamento dos fatores ($n = 15$). Sobre a média de cada tratamento, foram estimados e sobrepostos os respectivos intervalos de confiança a 95%, segundo Cumming e Finch (2005). As análises foram realizadas no ambiente estatístico “R”, e os gráficos foram elaborados no LibreOffice Calc. Considera-se que não há diferença entre os tratamentos quando não ocorre sobreposição entre os intervalos de confiança de dois tratamentos a serem comparados, para uma mesma variável. Complementarmente, o nível de sobreposição entre dois intervalos de confiança considerados indica o nível de frequência de ocorrência de diferenças.



Fotos: Nathalia Dalla Corte Bernardi

Figura 2. Processo de aferição da clorofila em plantas de arroz. Equipamento Clorofilog Falcker (A), e sua utilização na lavoura de arroz cultivado sobre sulco-camalhão (B).

Resultados e discussão

Em termos gerais, a tensão de água no xilema (Figura 3) foi similar entre as variedades BRS Pampa CL e Guri; além disso, não foram documentadas diferenças na tensão da água do xilema dessas variedades entre plantas crescendo no topo do camalhão e na base do sulco. A tensão média de água no xilema das plantas dessas duas variedades foi de ~ 395 kPa (Figura 3). Houve indicativo de menor tensão de água no xilema das plantas quando essas cresceram em ambiente rico em água (final da lavoura), sendo essa diferença encontrada com maior probabilidade em aproximadamente 60% das lavouras, de acordo com a sobreposição dos intervalos de confiança.

O efeito do estresse hídrico sobre a quebra da produtividade de culturas é largamente documentado na literatura especializada (Scivittaro et al., 2010; Parfitt et al., 2017a, 2017b; Pinto et al., 2020; Tomazetti et al., 2021), principalmente quando a umidade é baixa no ambiente radicular. No entanto, a habilidade das plantas em retirar água do solo difere largamente entre espécies (Reichardt; Timm, 2016), e mesmo entre variedades da mesma espécie (Twumasi et al., 2005). Assim, uma espécie sensível ao estresse hídrico como o arroz provavelmente também tende a potencialmente apresentar diferenças varietais quanto à sua habilidade em retirar água do solo sob estresses hídricos leves a moderados.

A variedade BRS Pampeira teve comportamento distinto quanto à tensão de água no xilema (Figura 3), sendo afetada para as plantas dispostas no topo do camalhão, comparativamente à base do sulco e à testemunha inundada. Apesar disso, os valores documentados para essa variedade estiveram majoritariamente abaixo daqueles relatados para BRS Pampa CL e Guri, de acordo com os intervalos de confiança. Assim, estima-se que BRS Pampeira esteja menos propensa a ter prejuízos no metabolismo sob estresse hídrico leve da lavoura, o que provavelmente contribuiu para seu alto teto produtivo documentado (~ 12 t ha⁻¹).

A habilidade da planta em retirar quantidades adequadas de água do solo mesmo sob menor disponibilidade hídrica está relacionada a diversos fatores (Yordanov et al., 2012). Destaca-se a extensão radicular da espécie como um dos principais, pois sistemas de raízes mais extensos permitem exploração de maior volume de solo (Jordan, 1983; Yordanov et al., 2012; Reichardt; Timm, 2016). Outro fator que contribuiu para que as plantas tenham êxito na extração de água do solo é o seu potencial osmótico interno às raízes (Lilley; Ludlow, 1996). Plantas com maiores teores de sais nas raízes acabam atraindo mais água para as células em função da diferença de potencial osmótico. Esse mesmo mecanismo funciona com uma bomba auxiliar no fluxo ascendente de seiva no xilema, podendo inclusive proporcionar potenciais hídricos positivos nos vasos do xilema, em condições de maior disponibilidade hídrica do solo, aliada a condições ambientais de maior umidade (Gould et al., 2004).

O impacto do estresse hídrico leve sobre o desempenho (0 - 30 kPa) de cultivares de arroz é difícil de ser documentado, principalmente devido à baixa sensibilidade dos métodos de avaliação e à falta de repetições suficientes das análises, o que acaba por indicar, com frequência, o parâmetro “não há efeito de tratamento a 5 % de probabilidade” para vários experimentos. No entanto, seu impacto sobre as plantas pode ser alto, uma vez que ocorre com muita frequência, quase que diariamente, enquanto estresses moderados e severos são normalmente esporádicos.

Resumidamente, não há diferença na tensão de água no xilema de plantas de arroz entre as cultivares BRS Pampa CL e Guri, mas BRS Pampeira apresentou menor tensão de água no xilema que as demais. Não há diferença entre plantas no topo do camalhão e na base do sulco para ‘BRS Pampa’ e ‘Guri’, mas a cultivar BRS Pampeira é afetada, especificamente as plantas localizadas no topo do camalhão. Isso pode estar relacionado à maior tensão de água no xilema de plantas de arroz cultivadas no sistema sulco-camalhão, comparativamente à inundação.

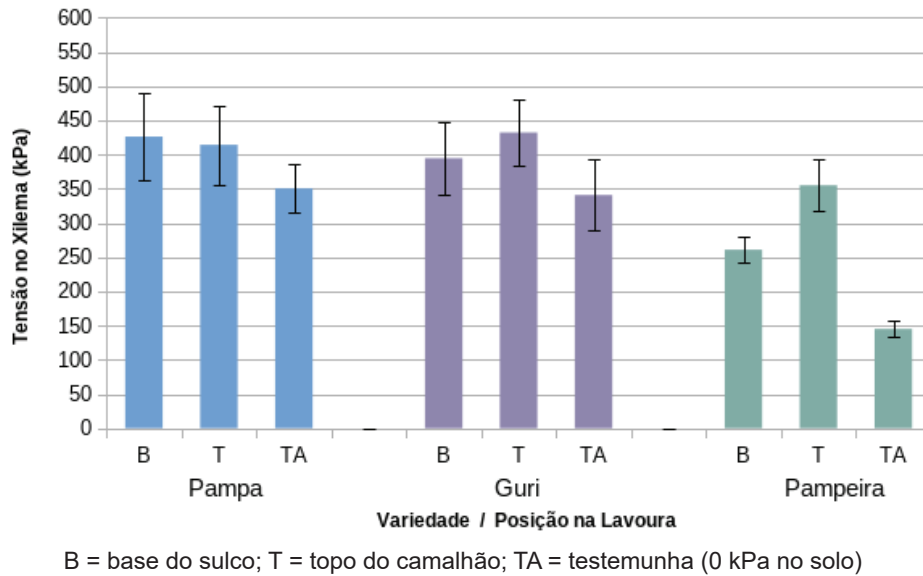


Figura 3. Tensão de água (kPa) no xilema de plantas de arroz cultivadas no sistema sulco-camalhão. Os respectivos intervalos de confiança da média são apresentados sobre as barras. N = 15. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2022.

O índice de clorofila Falker (ICF) é apresentado na Figura 4. Em termos gerais, não foram identificadas diferenças entre as cultivares avaliadas entre a posição no sulco-camalhão ou entre a posição na lavoura.

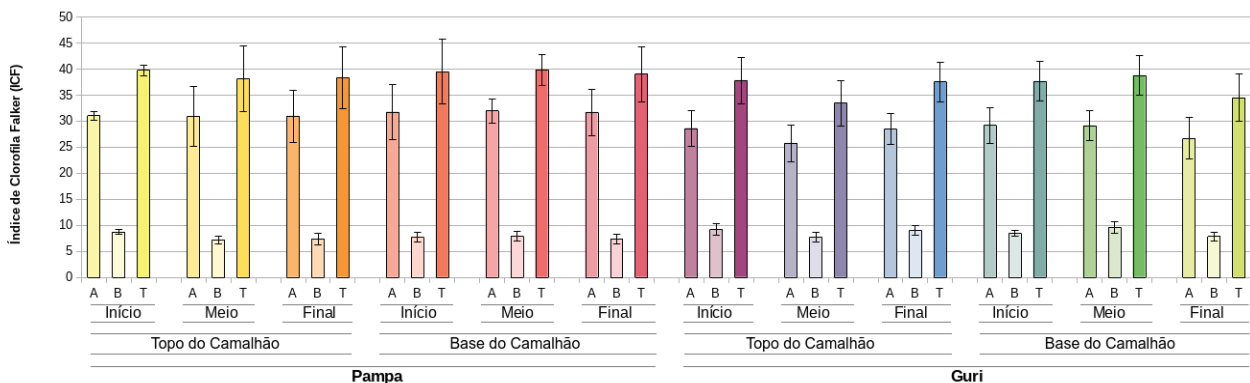


Figura 4. Índice de clorofila Falker (ICF) aferido com clorofilômetro Falker CFL-1030, em função da cultivar de arroz (BRS Pampa e Guri), posição no sulco-camalhão e posição ao longo da lavoura. Os respectivos intervalos de confiança da média são apresentados sobre as barras. N = 15. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2022.

Os teores de clorofila A, B e Total documentados para as variedades foram, respectivamente, $29 \pm 3,4$; $8 \pm 0,7$; e $38 \pm 4,4$ ICF (Figura 4). Algumas diferenças muito discretas podem ser observadas com base nos intervalos de confiança, principalmente para clorofila B. Acredita-se, no entanto, com base em experiências anteriores, que sejam fruto do acaso e da variação natural desse parâmetro, não se sustentando no caso de repetição das avaliações ou de avaliação de experimento similar em anos subsequentes. Em termos gerais, somente a variedade Pampa foi capaz de ultrapassar o valor de 45 ICF, para plantas estabelecidas na base do camalhão no ponto mais próximo à entrada de água (Figura 4).

Valores de índice ICF, ou alternativamente SPAD, próximos a 45 indicam níveis adequados de adubação nitrogenada, e do conseqüente teor de clorofila, em folhas de arroz (Wang et al., 2014). Plantas sob adubação nitrogenada inadequada, ou então sob efeito de estresse de alguma outra natureza (hídrico, por radiação ou temperatura, por exemplo), não atingiriam facilmente esses níveis de conteúdo de clorofila nas folhas (Lin et al., 2010; Wang et al., 2014). Similarmente, estresses hídricos decorrentes do manejo ou do ambiente de cultivo inadequados seriam provavelmente refletidos no teor de clorofila das plantas (Zhang et al., 2011).

Salienta-se que era prevista a ausência de variação ou que as variações eventualmente encontradas fossem muito discretas quanto ao teor de clorofila das plantas de arroz de diferentes cultivares. Além do fator de manejo, aquelas linhagens com teores de clorofila abaixo do ideal podem ser menos produtivas e acabam sendo descartadas ao longo do processo de melhoramento genético. Trabalhos em fisiologia básica, no entanto, indicam que limitações em diversos outros pontos da rota fotoquímica podem fazer com que mesmo genótipos com alto teor de clorofila acabem sendo ineficientes nesse processo como um todo (Govindjee; Björn, 2017).

Conclusões

Existe grande diferença entre a tensão de água no solo (~0 e 4 kPa) e a tensão de água no xilema da planta de arroz (~395 kPa). Com turno de rega de 3 dias, não foram observados valores individuais de plantas maiores do que 530 kPa no xilema.

Parece não haver necessidade de se optar por variedade específica, embora BRS Pampeira apresente desempenho superior às demais quanto à tensão de água no xilema.

O valor de referência para clorofila (45 ICF de clorofila total) é ultrapassado somente pela variedade Pampa para plantas estabelecidas na base do camalhão, no ponto mais próximo à entrada de água.

Referências

- CONCENÇO, G.; PARFITT, J. M. B.; DOWNING, K.; LARUE, J.; SILVA, J. T. Rice development and water demand under drought stress imposed at distinct growth stages. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 41, p. 4147-4156, 2016.
- CUMMING, G.; FINCH, S. Inference by eye: confidence intervals and how to read pictures of data. **American Psychology**, v. 60, p. 170-180, 2005.
- EMYGDIO, B. M.; ROSA, A. P. S. A.; OLIVEIRA, A. C. B. **Cultivo de soja e milho em terras baixas do Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2017. 341 p.
- GOMES, A. S.; AZAMBUJA, I. H. V. Uso e manejo de água nas lavouras de arroz do Rio Grande do Sul. In: SIMPOSIO SUL-BRASILEIRO DE QUALIDADE DE ARROZ, 1., 2003, Pelotas. **Anais...** Passo Fundo: ABRAPÓS, 2003. p. 57-81.
- GOULD, N.; MINCHIN, E. E. H.; THORPE, M. R. Direct measurements of sieve element hydrostatic pressure reveal strong regulation of sieve element hydrostatic pressure after pathway blockage. **Functional Plant Biology**, v. 131, p. 987-993, 2004.
- GOVINDJEE, S. D.; BJÖRN, L. O. Evolution of the Z-scheme of photosynthesis: a perspective. **Photosynthesis Research**, v. 133, n. 1-3, p. 5-15, Sept. 2017.
- JORDAN, W. R. Whole plant response to water deficit: An overview. In: TAYLOR, H. M.; JORDAN, W. R.; SINCLAIR, T. R. (ed.). **Limitations to efficient water use in crop production**. Mandison: ASA, CSSA, SSA, 1983. p. 289-317.
- LILLEY, J. M.; LUDLOW, M. M. Expression of osmotic adjustment and dehydration tolerance in diverse rice lines. **Field Crops Research**, v. 48, n. 2-3, p. 185-197, Oct. 1996.
- LIN, F. F.; QIU, L. F.; DENG, J. S.; SHI, Y. Y.; CHEN, L. S.; WANG, K. Investigation of SPAD meter-based indices for estimating rice nitrogen status. **Comput Electron Agric**, v. 71, Suppl. 1, p. S60-S65, 2010.
- PARFITT, J. M. B.; CONCENÇO, G.; DOWNING, K.; LARUE, J.; SILVA, J. T. Rice growth under water stress levels imposed at distinct developmental stages. **Revista de Ciências Agrárias** (Lisboa), v. 40, p. 587-596, 2017a.
- PARFITT, J. M. B.; CONCENÇO, G.; SCIVITTARO, W. B.; ANDRES, A.; SILVA, J. T. da; PINTO, M. A. B. Soil and Water Management for Sprinkler Irrigated Rice in Southern Brazil. In: LI, Q. (ed.). **Advances in International Rice Research**. Rijeka: Intech, 2017b.
- PINTO, M. A. B.; PARFITT, J. M. B.; TIMM, L. C.; FARIA, L. C.; CONCENÇO, G.; STUMPF, L.; NÖRENBERG, B. G. Sprinkler irrigation in lowland rice: Crop yield and its components as a function of water availability in different phenological phases. **Field Crops Research**, v. 248, e107714, 2020.
- REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Água e sustentabilidade no sistema solo-planta-atmosfera**. São Paulo: Manole, 2016. 216 p.
- SCIVITTARO, W. B.; STEINMETZ, S.; SEVERO, A. C. M. **Demanda hídrica e eficiência de uso da água pelo arroz: influência do período de supressão da irrigação**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).
- SOSBAI (Sociedade Sul-Brasileira do Arroz Irrigado). **Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil**. Cachoeirinha: SOSBAI, 2018. 205 p.
- TOMAZETTI, M. B.; CAMARGO, E. R.; GOMES, J. P. S.; PARFITT, J. M. B.; SILVA, J. T. da; MOISINHO, I. S.; BRICKHILL, H.; CONCENÇO, G. Impact of ryegrass cover on lowland rice establishment. **Australian Journal of Crop Science**, v. 15, n. 10, p. 1217-1223, 2021.

TWUMASI, P.; IEPEREN, W. V.; WOLTERING, E. J.; EMONS, A. M. C.; SCHEL, J. H. N.; MEETEREN, U. V.; MARWIJK, D. V. Effects of water stress during growth of xylem anatomy, xylem functioning and vase life in three *Zinnia elegans* cultivars. **Acta Horticulturae**, v. 669, p. 303-311, 2005.

WANG, Y.; WANG, D.; SHI, P.; OMASA, K. Estimating rice chlorophyll content and leaf nitrogen concentration with a digital still color camera under natural light. **Plant Methods**, v. 10, n. 36, p. 2-11, 2014.

YORDANOV, I.; VELIKOVA, V.; TSONEY, T. Plant Responses to Drought, Acclimation, and Stress Tolerance. **Photosynthetica**, v. 2003, p. 187-203, 2012.

ZHANG, F.; CUI, Z.; FAN, M.; ZHANG, W.; CHEN, X.; JIANG, R. Integrated soil-crop system management: reducing environmental risk while increasing crop productivity and improving nutrient use efficiency in China. **Journal of Environmental Quality**, v. 40, p. 1051-1057, 2011.

Embrapa

Clima Temperado



Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

