

Alterações fisiológicas de sementes de arroz na presença de *Exserohilum rostratum*

Wellington Rodrigues Silva, Victoria Moreira-Nuñez, Silvia Letícia da Paz Maich, Viviana Gaviria-Hernández, Vanessa Pinto Gonçalves, Candida Renata Jacobsen de Farias

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, CEP 96050-500, Capão do Leão, RS, Brasil.
E-mails: wellington.srodrigues@hotmail.com, vico_m2912@hotmail.com, silviapm_2012@hotmail.com, vgaviriah@gmail.com, vanessapg83@hotmail.com, jacobsencandida@gmail.com

Resumo: A orizicultura é uma atividade com grande importância na agricultura mundial. Entre as doenças que incidem na cultura do arroz, as manchas de grãos constituem um sério problema. Levantamentos sanitários demonstraram a presença de sementes de arroz contaminadas com o fungo *Exserohilum rostratum*, alertando para um novo agente disseminado via semente. O objetivo do trabalho foi identificar as alterações fisiológicas ocasionadas por *E. rostratum* em sementes de arroz. Sementes das cultivares BRS Pampa, BRS Pelota, BRS Querência e BRS Taim foram inoculadas com *E. rostratum* e posteriormente, avaliadas quanto à germinação, comprimento e massa seca de parte aérea e raiz, condutividade elétrica e atividade respiratória. Os resultados demonstraram o efeito negativo do fungo *E. rostratum* sobre a germinação de todas as cultivares. Plântulas das cultivares BRS Taim e BRS Pelota apresentaram menores comprimentos da parte aérea quando comparadas às sementes não inoculadas. As cultivares BRS Querência e BRS Taim apresentaram menor comprimento de raiz na presença do fungo, com reduções de 17,7 e 17,0%, respectivamente. A massa seca da parte aérea das cultivares BRS Taim e BRS Querência apresentaram reduções de 12,0 e 9,6%, respectivamente. Quanto à massa seca da raiz, as maiores reduções de peso foram observadas nas cultivares BRS Querência e BRS Pampa. Sementes inoculadas das cultivares BRS Pampa, BRS Querência e BRS Pelota apresentaram as menores condutividades elétricas. A BRS Querência demonstrou aumento de 33,3% da atividade respiratória em sementes inoculadas. A presença de *E. rostratum* provoca alterações fisiológicas nas sementes das cultivares estudadas.

Palavras chave: *Oryza sativa* L., Qualidade fisiológica, Patologia de sementes.

Physiological changes of rice seeds in presence of *Exserohilum rostratum*

Abstract: Rice cultivation is activity of great importance in world agriculture. Grain smearing is a serious problem in the crop and can cause significant losses in production. Sanitary surveys demonstrated the presence of rice seed contaminated with *Exserohilum rostratum*, alerting to a new agent disseminated by seeds. The aim of this work was to evaluate the physiological changes caused by *E. rostratum* in seeds of different rice cultivars. Seeds of cultivars BRS Pampa, BRS Pelota, BRS Querência and BRS Taim were inoculated with *E. rostratum* and later evaluated for germination, length and dry mass of shoot and root, electrical conductivity and respiratory activity. According to the results, the negative effect of *E. rostratum* on the germination of all cultivars was observed. Seedlings of the cultivars BRS Taim and BRS Pelota showed lower lengths of shoot. The cultivars BRS Querência and BRS Taim showed lower root length in the presence of the fungus, with reductions of 17.7 and 17.0% respectively. The dry mass of the aerial part of the cultivars BRS Taim and BRS Querência showed reductions of 12.0 and 9.6%, respectively. Regarding the dry mass of the root, the greatest weight reductions were observed in cultivars BRS Querência and BRS Pampa. Inoculated seeds of cultivars BRS Pampa, BRS Querência and BRS Pelota showed the lowest electrical conductivities. BRS Querência, showed a 33.3% increase in respiratory activity of inoculated seeds. The presence of *E. rostratum* causes physiological changes in the seeds of the cultivars studied.

Key words: *Oryza sativa* L., Physiological quality, Seed pathology.

Introdução

Entre as culturas anuais, o arroz (*Oryza sativa* L.) ocupa posição de destaque, do ponto de vista econômico e social. A espécie se destaca pela adaptabilidade aos mais diversos ecossistemas. Entre os produtos destinados à alimentação humana, é o segundo em importância, ficando atrás apenas, do trigo e, em algumas partes do mundo, principalmente na Ásia, é base da alimentação de sua população segundo dados da Food and Agriculture Organization of the United Nations para Alimentação e Agricultura [FAO] (2015).

Segundo a FAO (2018), a produção mundial de arroz alcançou 772 milhões de toneladas de arroz com casca (513 milhões de toneladas de arroz branco), sendo que a China se destacou como maior produtor, com aproximadamente 150 milhões de toneladas. A produção brasileira se concentra na região Sul, sendo que o Rio Grande do Sul responde por 70% da produção nacional de arroz. A produtividade do Estado na safra de 2017/2018 foi de 7,93 mil quilos por hectare e a estimativa para a safra de 2018/2019 é de 7,4 mil quilos por hectare, uma redução devido ao excesso de chuvas no período de colheita, resultando em perdas consideráveis, conforme a Companhia Nacional de Abastecimento [CONAB] (2018).

Ainda que, o Rio Grande do Sul ocupe papel importante no cenário orizícola brasileiro, diversos fatores determinam perdas na produtividade, principalmente em função das condições fitossanitárias devido à presença de pragas e/ou patógenos. As doenças estão entre os principais problemas fitossanitários da cultura do arroz e, no Rio Grande do Sul, destacam-se a brusone [*Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc.], mancha-parda [*Bipolaris oryzae* (Breda de Haan) Shoem.], mancha-de-grãos (complexo de patógenos) e escaldadura [*Gerlachia oryzae* (Hashioka & Yokogi) Gams] (Balardin & Borin, 2001), Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado [SOSBAI] (2014).

Em levantamentos sanitários realizados em lotes de sementes de diferentes regiões do estado do RS, das safras 2009/2010, 2010/2011, 2011/2012, foi observado um patógeno com características similares a *B. oryzae*, não relatado anteriormente no Brasil, associado às sementes. Estudos de caracterização morfológica e molecular identificaram esse agente como *Exserohilum rostratum* (Silva et al, 2016).

Esse fato chama atenção para um novo agente associado ao arroz que provavelmente está sendo disseminado via semente e confundido com o fungo *B. oryzae*. Dessa forma, surge a necessidade de estudos relacionados a este patógeno, pois espécies do gênero *Exserohilum*, são descritas na literatura, como um dos principais agentes causais de doenças em culturas de expressão econômica para o Brasil, como o milho e sorgo (Leonard, Suggs, 1974, Scapin et al., 2010, De Rossi, Reis & Brustolin, 2015).

A incidência de *E. rostratum* diminui a qualidade das sementes sobre vários aspectos, no que diz respeito à qualidade sanitária, visual e a produção (Silva et al., 2016), porém, não há relatos sobre a qualidade fisiológica das sementes quanto à presença deste patógeno. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi identificar as alterações fisiológicas ocasionadas por *E. rostratum* em sementes de arroz.

Material e métodos

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Fisiologia de Sementes e no Laboratório de Patologia de Sementes e Fungos Fitopatogênicos do Departamento de Fitossanidade da Faculdade de Agronomia Eliseu [FAEM] Maciel da Universidade Federal de Pelotas [UFPe]. Foram utilizadas sementes de arroz das cultivares BRS Pampa, BRS Pelota, BRS Querência e BRS Taim, fornecidas pela Embrapa Clima Temperado. Foi utilizado um lote de cada cultivar, do ano de 2016, com teores de umidade de 15,0; 12,0; 14,5 e 17,0%, respectivamente. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial (2x4) com três repetições, sendo os fatores de tratamento as sementes inoculadas ou não com *E. rostratum* e quatro cultivares de arroz. O isolado de *E. rostratum* foi obtido da coleção de fungos pertencente ao Laboratório de Patologia de Sementes e Fungos Fitopatogênicos (FAEM/UFPe).

Antes da instalação do experimento foi realizada a análise sanitária, conforme as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). Em seguida, sementes das quatro cultivares foram desinfestadas, separadamente, com hipoclorito de sódio a 0,1%, durante 1 min e inoculadas artificialmente pelo método de condicionamento osmótico, a fim de evitar a germinação das

sementes durante o processo. A inoculação foi realizada seguindo a metodologia proposta por Coutinho et al. (2001), para isso, fragmentos de micélio do fungo *E. rostratum* foram transferidos para placas contendo meio BDA (batata-dextrose-água) modificado osmoticamente com sacarose a -0,6 Mpa. As placas foram vedadas e mantidas em sala de incubação com luz fluorescente branca, temperatura de 25 ± 2 °C e fotoperíodo de 12 horas, por 48 horas. Passado o tempo de incubação do fungo, as placas foram abertas e sementes de arroz das diferentes cultivares foram depositadas sobre as colônias do patógeno, separadamente e em camada única, e incubadas nas mesmas condições descritas anteriormente, por 48 horas. Como testemunhas foram depositadas sementes sobre meio BDA modificado osmoticamente sem o fungo.

Após a inoculação, através do contato direto com a colônia fúngica, as sementes absorveram água, aumentando seu grau de umidade. Dessa forma, em condições de assepsia, estas foram retiradas das placas com e sem fungo e secas em estufa com circulação de ar a 25 °C, aumentada para 30 °C, até as sementes retornarem ao peso inicial, para uniformização da umidade. Após esse processo, as sementes foram examinadas individualmente em microscópio estereoscópio para assegurar a incidência do fungo em 100% do lote de sementes inoculadas.

Para o teste de germinação foram utilizadas quatro repetições de laboratório, além das repetições estatísticas, com 50 sementes por tratamento, semeadas em rolo de papel de germinação umedecido e mantidas em câmara de germinação tipo BOD a temperatura de 25 °C. As contagens foram realizadas aos cinco e 14 dias após semeadura, conforme as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009) e os resultados expressos em porcentagem de plantas normais.

Os comprimentos de plântula, raiz e parte aérea foram realizados através da coleta e mensuração de quatro subamostras de 10 plântulas normais, escolhidas ao acaso. As medições foram realizadas com auxílio de um paquímetro digital, medindo o comprimento total de raiz e de parte aérea. Esta avaliação foi realizada juntamente com o teste de germinação e os resultados expressos em cm plântula⁻¹. A classificação de plântulas normais, anormais, sementes duro-dormentes e mortas foi realizada

conforme as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009).

Para a massa seca de plântulas, ao final do teste de germinação, foram coletadas, ao acaso, quatro subamostras com 10 plântulas consideradas normais e separadas em parte aérea e raiz, acondicionadas em envelopes de papel e levadas a estufa de circulação de ar forçado à temperatura de 70 °C, por 24 horas. Em seguida, procedeu-se a pesagem em balança de precisão e o valor obtido. Pela soma de cada repetição foi dividido pelo número de plântulas utilizadas. Os resultados foram expressos em mg plântula⁻¹.

A condutividade elétrica (CE) foi determinada a partir de quatro sub amostras de 50 sementes por repetição estatística, com massa determinada previamente. As sementes com e sem fungo foram transferidas para copos plásticos contendo 75 mL de água destilada e mantidas a temperatura de 25 °C, durante o período de 3, 6, 24 horas. Decorrido os períodos, a condutividade foi determinada utilizando um condutivímetro digital. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ de sementes.

A liberação de CO₂ pelas sementes [Atividade respiratória (AR)] foi medida pelo aparelho de Pettenkofer.

Para a atividade respiratória foram utilizadas sub amostras de 100 g de sementes, as quais foram colocadas no frasco de armazenamento por 60 minutos à temperatura de 25 °C. Após o período de permanência no aparelho, foram coletadas cinco alíquotas de 10 mL da solução de BaCO₃ em Erlenmeyer onde, cada uma, após receber duas gotas do reagente fenoltaleína, foi submetida à titulação com ácido clorídrico (HCl) 0,1 N em bureta de 50 mL. No ponto de viragem, foi registrado o volume de HCl gasto em cada alíquota. Esse volume, que está diretamente relacionado com quantidade de CO₂ fixado pela solução de Ba(OH)₂, é utilizado no cálculo da atividade respiratória das sementes, sendo o CO₂ fixado proveniente do processo de respiração.

A metodologia utilizada para a medição da atividade respiratória de sementes foi descrita por Mendes et al. (2009), com modificações. O cálculo da atividade respiratória foi realizado com base na seguinte equação: $N \times D \times 22$ (Müller, 1964), onde: N: normalidade do ácido usado (HCl 0,1N); D: diferença entre o volume de HCl gasto na Titulação da Prova em Branco e o volume de

HCl gasto na Titulação da Amostra; 22: normalidade do CO₂. O resultado foi expresso em quantidade de dióxido de carbono liberado por grama de semente, por hora ($\mu\text{g CO}_2 \text{ g semente}^{-1} \text{ h}^{-1}$).

Os dados relativos às variáveis mensuradas foram analisados utilizando o programa estatístico Statistical Analysis System [SAS] versão 9.4 (SAS, 2016) quanto à normalidade pelo teste de Shapiro Wilk; à homocedasticidade pelo teste de Hartley; e a independência dos resíduos por análise gráfica. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância por meio do teste F ($p \leq 0,05$). Constatando significância estatística entre os fatores, foi aplicado teste de Tukey ($p \leq 0,05$) para as cultivares e teste t para a inoculação das

sementes ($p \leq 0,05$).

Resultados e discussão

A análise sanitária permitiu identificar os gêneros *Alternaria*, *Aspergillus*, *Bipolaris*, *Curvularia*, *Gerlachia*, *Nigrospora*, *Penicillium*, *Phoma* e *Rhizopus* (Tabela 1). A cultivar com maior incidência de fungos foi BRS Querência e o gênero *Phoma* foi o mais frequente nas sementes das cultivares analisadas (Tabela 1). Segundo Sousa et al. (2012), fungos dos gêneros *Aspergillus*, *Nigrospora*, *Penicillium* e *Rhizopus* são de armazenamento e podem ser reduzidos através de desinfestação superficial das sementes.

Tabela 1 – Incidência média de fungos expressa em porcentagem (%) em sementes de quatro cultivares de arroz.

Cultivar	Fungos									
	Alt ^{1/}	Asp	Bip	Cur	Ger	Nig	Pen	Pho	Rhi	M
BRS Pampa	1,00	1,00	1,00	1,00	1,50	9,50	9,50	9,00	0,75	3,80
BRS Querência	1,00	0,00	4,25	3,75	3,50	5,50	5,50	15,5	0,00	4,33
BRS Taim	0,50	0,50	1,25	0,25	3,50	2,00	0,00	4,00	0,00	1,33
BRS Pelota	2,25	0,00	6,25	2,50	3,75	5,00	0,50	9,00	1,00	3,36
Média	1,19	0,38	3,19	1,88	3,10	5,50	3,88	9,38	0,44	-

^{1/} Alt – *Alternaria* sp. Asp – *Aspergillus* sp. Bip – *Bipolaris* sp. Cur – *Curvularia* sp. Ger – *Gerlachia* sp. Nig – *Nigrospora* sp. Pen – *Penicillium* sp. Pho – *Phoma* sp. Rhi – *Rhizopus* sp. M – Média.

Após análise estatística constatou-se interação significativa entre os fatores cultivares e inoculação ($p = 0,010$). Sendo assim, as sementes de arroz submetidas à inoculação com o fungo *E. rostratum* apresentaram alterações nas variáveis analisadas, de acordo com a cultivar testada. Quanto a germinação de sementes inoculadas e não inoculadas, as cultivares BRS Taim e BRS Querência apresentaram as maiores porcentagens na primeira contagem, na ausência do fungo, 86,0% e 79,0%, respectivamente (Tabela 2). Ademais, na presença do patógeno, a

cultivar Querência apresentou decréscimo de 56,0% na germinação enquanto que para a cultivar BRS Taim houve 24,0% de decréscimo.

A germinação das cultivares BRS Pampa e BRS Pelota também foi reduzida na presença do fungo, onde foram observados decréscimos de 31,0 e 25,0%, respectivamente, na primeira contagem. Entre as cultivares inoculadas, foi observado que a cultivar BRS Querência apresentou a menor porcentagem de germinação, correspondendo a 35,0%. Na segunda contagem, as maiores reduções na germinação também

foram observadas em BRS Querência (32,0%) e BRS Pelota (33,0%) (Tabela 2).

Tabela 2 – Primeira contagem da germinação – PCG (%), germinação – GE (%), comprimento da parte aérea – CPA (cm.plântula⁻¹), comprimento da raiz - CR (cm.plântula⁻¹), massa seca da parte aérea – MSPA (mg.plântula⁻¹) e massa seca da raiz – MSR (mg.plântula⁻¹) originadas de sementes de arroz de quatro cultivares inoculadas (I) e não inoculadas (NI).

Cultivar	PCG				GE			
	I		NI		I		NI	
BRS Pampa	47,0	Bb ^{1/}	67,0	Ba	64,0	Ab	81,0	Ba
BRS Querência	35,0	Cb	79,0	Aa	60,0	Ab	88,0	Aa
BRS Taim	65,0	Ab	86,0	Aa	65,0	Ab	87,0	Aa
BRS Pelota	50,0	Bb	67,0	Ba	46,0	Bb	69,0	Ca
CV (%)	12,25		14,32		16,34		10,48	
	CPA				CR			
	I		NI		I		NI	
BRS Pampa	6,62	Aa	6,95	Ba	8,68	Aa	9,42	Ca
BRS Querência	6,54	Aa	6,85	Ba	10,78	Ab	13,10	Aa
BRS Taim	7,02	Ab	8,94	Aa	10,15	Ab	12,23	Aba
BRS Pelota	5,73	Bb	6,37	Ba	9,04	Aa	9,68	Bca
CV (%)	11,39		10,52		17,30		15,96	
	MSPA				MSR			
	I		NI		I		NI	
BRS Pampa	0,042	Bb	0,045	Ba	0,027	Aa	0,032	Aba
BRS Querência	0,047	Bb	0,052	Aa	0,031	Ab	0,038	Aa
BRS Taim	0,051	Ab	0,058	Aa	0,026	Aa	0,028	Ba
BRS Pelota	0,051	Aa	0,053	Aa	0,029	Aa	0,032	Aba
CV (%)	11,70		14,71		17,63		29,11	

^{1/} Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$) comparando as diferentes cultivares. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$) comparando sementes inoculadas e não inoculadas.

A cultivar BRS Pelota apresentou a menor sementes inoculadas (46,0%) quanto para não inoculadas (69,0%). Gaviria-Hernandez (2016)

Magistra, Cruz das Almas – BA, V. 30, p. 1-10, 2019.

observou redução de até 20,8% na germinação das cultivares BRS Pelota, Puitá Inta-CL e BRS Querência após 36 horas de exposição das sementes a este mesmo patógeno e redução de até 45,2% nas cultivares IRGA 424 e BRS Querência com 48 horas de exposição. Neste trabalho não foi avaliado o tempo de exposição, porém, pode-se observar que a exposição por 48 horas resultou em reduções na germinação.

Os resultados obtidos demonstram o efeito negativo do fungo *E. rostratum* sobre a germinação das cultivares testadas. A relação entre sementes infectadas por microrganismos patogênicos e redução na germinação é relatada em diferentes patossistemas (Silva et al., 2008, Hamim et al., 2014 & Migliorini et al., 2017). No arroz, a queda da germinação por fatores bióticos é geralmente associada à ocorrência de fungos, podendo variar de acordo com a suscetibilidade da cultivar (Islam et al., 2000 & Pinciroli et al., 2004), e das condições climáticas que favorecem ou não a ocorrência de determinados patógenos (Monajjem et al., 2014). Quanto à suscetibilidade das cultivares utilizadas neste trabalho ao complexo de fungos manchadores de grãos, entre eles *E. rostratum*, a BRS Querência e a BRS Pelota são moderadamente suscetíveis, enquanto as cultivares BRS Pampa e BRS Taim são moderadamente resistentes. Na Tabela 2 é possível observar que as cultivares BRS Pampa e BRS Taim, mesmo sendo moderadamente resistentes, tiveram sua germinação afetada pela presença de *E. rostratum*.

Em relação aos fungos causadores de mancha dos grãos, foram relatados efeitos negativos destes patógenos sobre a germinação em espécies da família Poaceae (Al-Sadi, Deadman, 2010, Ferrari & Possamai, 2015). Em arroz, lotes de sementes infectados com diferentes níveis de incidência de *B. oryzae* obtiveram percentuais de germinação de 95% para o lote com o menor nível de incidência e, até 63,7% no lote com o maior nível, observando-se redução da germinação conforme aumentou a incidência do patógeno (Malavolta et al., 2002). No presente trabalho foi confirmada a incidência de 100% do patógeno, ou seja, o patógeno estava presente em todas as sementes onde foi inoculado, permitindo inferir sobre a capacidade deste fungo em alterar a qualidade das sementes.

Quanto ao comprimento da parte aérea das plantas, na presença do fungo, plântulas das cultivares BRS Taim e BRS Pelota apresentaram redução do comprimento de 21,5 e 10,1%,

respectivamente, quando comparadas as sementes não inoculadas (Tabela 2). As demais cultivares apresentaram baixa redução no desenvolvimento da parte aérea.

Entre as cultivares foram observadas diferenças apenas nas sementes não inoculadas, onde a cultivar BRS Taim se destacou com maiores comprimentos da parte aérea (8,95 cm plântula⁻¹). Em relação ao comprimento da raiz, as cultivares BRS Querência e BRS Taim apresentaram as maiores reduções de comprimentos na presença do fungo, correspondendo a reduções de 17,7 e 17,0 % respectivamente (Tabela 2.).

Patógenos transmitidos de sementes para plântulas, além de causar problemas relacionados à queda da germinação, vigor e produtividade, podem comprometer o sistema radicular e aéreo das plântulas, dependendo de cada patossistema. Plântulas de feijão apresentaram percentuais superiores a 70% de transmissão de diversas raças de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc & Magn) Briosi & Cav., porém sem comprometer o sistema aéreo, mas sim, o comprimento do sistema radicular (Rey et al., 2009).

Farias et al. (2005) observaram que a presença do fungo *Trichoconiella padwickii* (Gunguly) em plântulas de arroz, transmitido via semente, reduziu em 36,0% o comprimento da parte aérea. Gaviria-Hernandez (2016) ao comparar diferentes potenciais de inóculo de *E. rostratum* em arroz, observou que na cultivar BRS Querência, o comprimento de parte aérea da plântula foi diminuindo conforme aumento do potencial de inóculo.

Para a massa seca da parte aérea, as cultivares BRS Taim e BRS Querência apresentaram as reduções mais significativas, 12,0 e 9,6%, respectivamente (Tabela 2). Quanto à massa seca da raiz, as maiores reduções de peso devido à presença do fungo foram observadas nas cultivares BRS Querência (18,5%) e BRS Pampa (15,6%).

O princípio do teste de condutividade elétrica está relacionado ao processo de deterioração e a integridade do sistema de membranas celulares. Dessa forma, as sementes imersas em água durante o processo de embebição, liberam lixiviados do interior para o meio líquido, em intensidade proporcional à desorganização das membranas (Vieira et al., 2002). No teste de condutividade elétrica foi possível observar que todas as cultivares, quando não inoculadas, liberaram maiores quantidades

de lixiviados para o meio em relação as sementes inoculadas com o fungo, em todas as leituras (Tabela 3).

Tabela 3 – Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) com medições em 3 horas (CE 3H), 6 horas (CE 6H) e 24 horas (CE 24H), e atividade respiratória – AR ($\mu\text{g CO}_2\cdot\text{g}\cdot\text{semente}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$) de sementes de arroz de quatro cultivares inoculadas (I) e não inoculadas (NI).

Cultivar	CE 3H				CE 6H			
	I		NI		I		NI	
BRS Pampa	1,75	Aa ^{1/}	2,00	Ba	2,00	Aa	2,15	Ba
BRS Querência	1,75	Ab	2,50	Aa	2,00	Ab	3,00	Aa
BRS Taim	1,50	Ab	2,00	Aa	2,75	Ab	3,25	Aa
BRS Pelota	1,85	Ab	2,40	Aa	2,25	Ab	3,20	Aa
CV (%)	21,88		14,32		16,34		10,48	
Cultivar	CE 24H				AR			
	I		NI		I		NI	
BRS Pampa	2,25	Bb	3,00	Ca	1,75	Ba	1,20	Cb
BRS Querência	3,00	Ab	4,20	Aa	3,00	Aa	2,15	Ab
BRS Taim	3,50	Ab	3,50	Ba	1,75	Ba	1,65	Bb
BRS Pelota	3,00	Ab	4,30	Aa	1,75	Ba	1,60	Bb
CV (%)	11,39		10,52		17,30		15,96	

^{1/} Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$) comparando as diferentes cultivares. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$) comparando sementes inoculadas e não inoculadas.

Os baixos valores de condutividade elétrica observado nas sementes inoculadas pode ser resultado da colonização dos tecidos mais internos das sementes pelo patógeno, como pericarpo, endosperma ou até mesmo embrião, e através dos quais o patógeno consome os nutrientes dessas. Portanto, a quantidade de lixiviados é menor em sementes onde há a presença do patógeno e ao contrário em sementes livres do fungo. Segundo Frigeri (2007) os constituintes lixiviados pelas sementes durante o processo de embebição são vários, entre eles íons inorgânicos, açúcares, aminoácidos e ácidos graxos, os quais também são utilizados como nutrição por fungos fitopatogênicos. Estes resultados corroboram com Sponchiado et al. (2014) em outro patossistema. De acordo com Sá (1999), a exsudação dos constituintes celulares é diretamente associada ao vigor das sementes com base na integridade das

membranas, compartimentalização dos constituintes celulares e excelente substrato para o desenvolvimento de microrganismos.

As sementes inoculadas das cultivares BRS Pampa, BRS Querência e BRS Pelota apresentaram as menores condutividades elétricas, 2,25, 3,00 e 3,00 $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$, respectivamente, após 24 horas de embebição (Tabela 3). Essas mesmas cultivares também apresentaram baixos percentuais de germinação na primeira contagem, sendo 35,0% para a cultivar BRS Querência, 47,0% para BRS Pampa e 50,0% para BRS Pelota. Os resultados desses dois testes de vigor demonstram o potencial de *E. rostratum* em interferir na qualidade fisiológicas das sementes.

Vários fatores podem afetar os resultados do teste de condutividade elétrica. Dentre eles, o tamanho da semente, a presença de sementes danificadas (Dias et al., 2006), a temperatura e o

período de embebição (Rodo & Marcos-Filho, 2003), o teor de água inicial da semente (Vieira et al., 2002), o volume, a quantidade de água e o tamanho do recipiente de embebição (Gaspar & Nakagawa, 2002), o genótipo (Rodo & Marcos-Filho 2003), a temperatura de armazenamento (Vieira, et al., 2002), entre outros.

Os danos provocados pelos patógenos podem estar diretamente relacionados com o potencial de inóculo e com sua localização na semente (Machado & Pozza, 2005). Segundo Kusai et al. (2016) é provável que *E. rostratum* infecte tecidos internos, pois mesmo após a desinfestação, é possível detectá-lo associado às sementes. Siqueira et al. (2014) utilizaram a marcação com proteína fluorescente para avaliar o comportamento de *Sternocarpella maydis* (Berk.) e *S. macrospora* (Earle) e observaram que o micélio colonizou gradualmente a semente até chegar aos tecidos mais internos, atravessando primeiramente a epiderme, causando desintegração das células do pericarpo até atingir endosperma e embrião. Trabalhos com marcação estão sendo realizados para detectar o potencial de colonização dos tecidos internos de sementes por *E. rostratum*.

As sementes da cultivar BRS Querência apresentaram maior atividade respiratória, tanto para as sementes inoculadas ($3,0 \mu\text{g CO}_2 \text{ g semente}^{-1} \text{ h}^{-1}$) quanto para não inoculadas ($2,15 \mu\text{g CO}_2 \text{ g semente}^{-1} \text{ h}^{-1}$), sendo observado um aumento de 33,3% da atividade respiratória em sementes inoculadas. As demais cultivares não diferenciaram entre si. Em todas as cultivares observou-se maior atividade respiratória em sementes inoculadas (Tabela 3).

Dode et al. (2012) relataram que a atividade respiratória foi diretamente proporcional à condutividade elétrica devido à desorganização das membranas e, conseqüentemente, maior lixiviação de exsudatos, ocasionando acentuada atividade respiratória em lotes de sementes deterioradas, não mencionando a presença de patógenos. Neste trabalho houve relação contrária entre estas duas variáveis, provavelmente devido ao consumo das reservas da semente para a nutrição do patógeno, resultando em maior respiração e menor quantidade de lixiviados.

A partir dos resultados é possível inferir que existe relação entre a presença de *E. rostratum* e alterações da qualidade fisiológica das sementes das cultivares estudadas, visto que sementes inoculadas apresentaram menor germinação,

comprimento de parte aérea e raiz, quando comparadas as sementes não inoculadas, ou seja, os componentes da qualidade fisiológica foram alterados devido a presença do patógeno.

Conclusão

O fungo *E. rostratum* é responsável pelas alterações negativas nos componentes de qualidade fisiológica das sementes de arroz das cultivares testadas.

Referências

- Al-Sadi, A. M., & Deadman, M. L. (2010). Influence of seed-born *Cochliobolus sativus* (Anamorph: *Bipolaris sorokiniana*) on Crown rot and root rot of Barley and Wheat. *Journal Phytopathology*, 158 (10), 683–690. Doi: 10.1111/j.1439-0434.2010.01684.x.
- Balardin, R. S. & Borin, R.C. (2001). *Doenças na cultura do arroz irrigado* (48p). Santa Maria: UFSM.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2009). *Regras para análise de sementes* (395p). Brasília, DF: SNAD/DNDV/CLAV.
- Companhia Nacional de Abastecimento. (2018). *Perspectivas para a Agropecuária 2018/2019* (v. 6). Recuperado em 28 março, 2019 de www.conab.gov.br/images/arquivos/outros/Perspectivas-para-a-agropecuaria-201819.pdf.
- Coutinho, W. C., Machado, J. C., Vieira, M. G. G. C., Guimarães, R. M., & Ferreira, D. F. (2001). Uso da restrição hídrica na inibição ou retardamento da germinação de sementes de arroz e feijão submetidas ao teste de sanidade em meio ágar-água. *Revista Brasileira de Sementes*, 23 (2), 127-135. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Renato_Mendes.
- De Rossi, R. L., Reis, E. M., & Brustolin, R. (2015). Morfologia de conídios e patogenicidade de isolados de *Exserohilum turcicum* da Argentina e do Brasil em milho. *Summa Phytopathologica*, 41 (1), 58-63. Doi: 10.1590/0100-5405/1948.

- Dias, D. C. F. S. Bhering, M. C., Tokuhisa, D., & Hilst, P. C. (2006). Teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de cebola. *Revista Brasileira de Sementes*, 28 (1), 154–162. Doi: 10.1590/S0101-31222006000100022.
- Dode, J. S., Meneghello, G. E., Moraes, D. M., & Peske, S.T. (2012). Teste de respiração para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de girassol. *Revista Brasileira de Sementes*. 34 (4), 686-691. Doi: 10.1590/S0101-31222012000400021.
- Farias, C. J., Del Ponte, E. M., Lucca-Filho, O., & Pierobon, C. R. (2005). Fungos causadores de helmintosporiose associados às sementes de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb). *Revista Brasileira de Agrociência*. 11(1), 57-61. Doi: 10.18539/CAST.V1111.1159.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2015). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2015-2024*. Recuperado em 10 de fevereiro, 2018, de <http://www.fao.org/3/a-i4761o.pdf>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2018). *Food Outlook: biannual report on global food markets*. Recuperado em 23 de novembro, 2018, de <http://www.fao.org/3/ca0239en/CA0239EN.pdf>.
- Frigeri, T. (2007). *Interferência de patógenos nos resultados dos testes de vigor em sementes de feijoeiro (77f)*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, Brasil. Recuperado de <http://www.fcav.unesp.br/download/pgtrabs/pts/m/2927.pdf>
- Ferrari, J. F., & Possamai, E. (2015). Incidência de *Bipolaris sorokiniana* nas sementes e transmissão para plantas de cevada. *Revista de Ciências Agrárias*, 38 (3), 320-329. Doi: 10.5380/rsa.v4i1.1073.
- Gaspar, C. M., & Nakagawa, J. (2002). Teste de condutividade elétrica em função do número de sementes e da quantidade de água para sementes de milho. *Revista Brasileira de Sementes*, 24 (2), 70–76. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v24n2/v24n2a12.pdf>
- Gaviria-Hernández, V. (2016). *Efeito do potencial de inóculo de Exserohilum rostratum associado às sementes de arroz quanto aos danos em plântulas, qualidade sanitária e fisiológica (60f)*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil.
- Hamim, I., Mohanto, D.C., Sarker, M. A., & Ali, M.A. (2014). Effect of seed borne pathogens on germination of some vegetable seeds. *Journal of Phytopathology and Pest Management*, 1 (1), 34-51. Recuperado de <http://ppmj.net/index.php/ppmj/article/view/7>
- Islam, M. Sh., Jahan, Q. S. A., Bunnararith, K., Viankum, S., & Merca, S.D. (2000). Evaluation of seed health of some rice varieties under different conditions. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 41, 293-297.
- Kusai, N. A., Azmi, M. M. Z., Zainudim, N. A. I., Yusof, M. T. & Razak, A. A. (2016). Morphological and molecular characterization, sexual reproduction, and pathogenicity of *Setosphaeria rostrata* isolates from rice leaf spot. *Mycologia*, 105 (5): 905-914. Doi: 10.3852/15-175.
- Leonard, K. J., & Suggs, E.G. (1974). *Setosphaeria prolata*, the ascigerous state of *Exserohilum prolatum*. *Mycologia*, 66 (2), 281-297. Doi: 10.2307/3758363.
- Machado, J. C., & Pozza, E. A. (2005). Razões e procedimentos para o estabelecimento de padrões de tolerância a patógenos em sementes. In: Zambolin, L. *Sementes: qualidade fitossanitária* (pp.375-398). Viçosa: UFV.
- Malavolta, V. M. A., Parisi, J. J. D., Takada, H. M., & Martins, M. C. (2002). Efeito de diferentes níveis de incidência de *Bipolaris oryzae* em sementes de arroz sobre aspectos fisiológicos, transmissão do patógeno às plântulas e produção. *Summa Phytopathologica*, 28 (4), 336-340.
- Migliorini, P., Lazarotto, M., Müller, J., Oruoski, P., Bovolini, M.P., Barbieri, M., Tunes, L. V. M., & Muniz, M. F. B. (2017). Qualidade fisiológica, sanitária e transmissão de patógenos em sementes de canola. *Colloquium Agrariae*, 13 (3), 67–76. Doi: 0.5747/ca.2017.v13.n3.a175.

- Mendes, C. R., Moraes, D. M., Lima, M. G. S., & Lopes, N. F. (2009). Respiratory activity for the differentiation of vigor on soybean seeds lots. *Revista Brasileira de Sementes*, 31 (2), 171-176. Doi: 10.1590/S0101-31222009000200020.
- Monajjem, S., Zainali, E., Ghaderi-Far, F., Soltani, E., Chaleshtari, M. H., & Khoshkdaman, M. (2014). Evaluation seed-born fungi of rice and that effect on seed quality. *Journal of Plant Pathology and Microbiology*, 5 (4), 1-7. Doi:10.4172/2157-7471.1000239.
- Pinciroli, M., Sisterna M., Bezus, R., & Vidal, A. A. (2004). Manchado del grano de arroz: efecto de la fertilización nitrogenada. *Revista de la Facultad de Agronomía La Plata*, 105 (2), 88-96.
- Rey, M. S., Lima, N. B., Santos, J., & Pierobom, C. R. (2009). Transmissão semente-plântula de *Colletotrichum lindemuthianum* em feijão (*Phaseolus vulgaris*). *Arquivos do Instituto de Biologia*, São Paulo, 76 (3), 465-470.
- Rodo, A.B. & Marcos-Filho, J. (2003). Onion seed vigor in relation to plant growth and yield. *Horticultura Brasileira*, 21(2), 220-226. doi: 10.1590/S0102-05362003000200020
- Sá, M. E. (1999). Condutividade elétrica de sementes de tomate (*Lycopersicon lycopersicum* L.). *Scientia Agrícola*, 56 (1), 13-20. Doi: 10.1590/S0103-90161999000100003.
- Statistical Analysis System Institute Inc. (2016). *SAS: Statistical Analysis System-Getting Started with the SAS Learning Edition (Version 9.1)* [Software]. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Scapin, C., Carnelossi, P., Vieira, R., Schwan-Estrada, K. R., & Cruz, M. E. (2010). Fungitoxidade in vitro de extratos vegetais sobre *Exserohilum turcicum* (Pass) Leonard & Suggs. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, 12 (1), 57-61.
- Silva, G. C., Gomes, P. D., Kronka, A. Z. & Moraes, M. H. (2008). Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) provenientes do estado de Goiás. *Semina: Ciências Agrárias*, 29 (1), 29-34. Doi: 10.5433/1679-0359.2008v29n1p29.
- Silva, F. J. A., Maich, S. L. P., Meneses, P. R., Bellé, C., Barros, D. R., & Farias, C. R. J. (2016). First Report on *Exserohilum rostratum* pathogenicity causing brown spot to rice in Brazil. *Plant Disease*. 100 (12), 2531. Doi: doi.org/10.1094/PDIS-05-16-0709-PDN.
- Siqueira, C. S., Machado, J. C., Correa, C. J. & Barrocas, E. N. (2014). Colonization of maize seeds by two species of *Sternocarpella* transformed with fluorescent proteins and assessed through scanning electron microscopy. *Journal of Seed Science*, 37(2), 168-177. Doi: 10.1590/2317-1545v32n2918.
- Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. (2015). *Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil*. Recuperado em 16 fevereiro, 2018, de http://www.sosbai.com.br/docs/Boletim_RT_2015.pdf.
- Sousa, M.C.F., Vieira, C.G., Azambuja, G.L., Martin, M.S. & Silva, C.S. (2012). Fungos associados a sementes de arroz produzidas no estado do Rio Grande do Sul. *Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*, 4 (2), 80-81. Santana do Livramento, RS, Brasil.
- Sponchiado, J.C., Souza, C.A. & Coelho, C.M.M. (2014). Teste de condutividade elétrica para determinação do potencial fisiológico de sementes de aveia branca. *Semina: Ciências Agrárias*, 34(4), 2405-2414. Doi: 10.5433/1679-0359.2014v35n4Suplp2405.
- Vieira, R. D, Penariol, A. L., Perecin, D., & Panobianco, M. (2002). Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 37 (9), 1333-1338. Doi: 10.1590/S0100-204X2002000900018.

Recebido em: 17/04/2018
Aceito em: 08/04/2019