

ALTERAÇÕES NA SINALIZAÇÃO ELÉTRICA DE PLANTAS DE TOMATEIRO INOCULADAS COM *OIDIUM SP*

JESSICA BLANK VOLZ¹; FRANCINE ZAIOSC SIMMI²; GUSTAVO MAIO SOUZA³

¹ UFPel – jessicabvolz@gmail.com

² UFPel – francinezsimmi@gmail.com

³ UFPel – gumaia.gms@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Para sobreviver aos desafios impostos pelo ambiente as plantas tornaram-se, ao longo do seu processo evolutivo, organismos modulares e com um mínimo de especialização de células e tecidos, quando comparadas a outros seres vivos mais complexos (LEÓN; ROJO; SÁNCHEZ-SERRANO, 2001). Essa natureza séssil e modular possibilita as plantas perceberem, interpretarem e responderem aos diversos estímulos ambientais da melhor forma possível, integrando os sinais recebidos dos seus diferentes módulos, utilizando-se de um sistema que envolve uma complexa rede de transdução de sinais a curta e longas distâncias, propiciando o ajuste de seu fenótipo às condições do ambiente (BALUŠKA; MANCUSO, 2013; THELLIER; LÜTTGE, 2013; TREWAVAS, 2009). Essa visão dinâmica da interação planta-ambiente evidencia um eficiente sistema de percepção e ação nas interações da planta com o ambiente onde está inserida, definindo assim as plantas como um sistema cognitivo. Existe uma grande variedade de sinais de diferentes naturezas, que são capazes de transmitir informações entre os diferentes módulos e células da planta. Entre esses sinais destacam-se os sinais elétricos que são capazes de informar células distantes sobre um estímulo local, permitindo assim que ocorra o desencadeando e expressão de reações fisiológicas rápidas e precisas aos diferentes estímulos bióticos ou abióticos (BALUŠKA; VOLKMANN; MANCUSO, 2006; GALLÉ et al., 2015; OYARCE; GUROVICH, 2011).

No ambiente onde estão inseridas, as plantas estão constantemente expostas a uma ampla gama de agentes patogênicos e, quando em contato com estes, as plantas são capazes de reconhecer os sinais emitidos pelo patógeno e evocar um conjunto complexo de respostas de defesa que agem para proteger a planta e limitar a progressão da doença (DANGL; DIETRICH; RICHLBERG, 1996). A primeira etapa da interação planta-patógeno, ocorre através da troca de sinais, sendo que um dos primeiros efeitos da percepção do patógeno pela planta, são influxos de cálcio citosólico, que levam a um conjunto de respostas basais de defesa e respostas hipersensíveis a patógenos virulentos (JONES; DANGL, 2006). Além disso, esse influxo de Ca^{2+} pode estar diretamente relacionados com alterações bioelétricas nas membras das células vegetais, levando a alterações da sinalização elétrica da planta (MITHÖFER; EBEL; FELLE, 2005). Apesar dessas evidências, ainda se tem a carência de estudos relacionando a interação planta-patógeno com a alteração da sinalização elétrica em planta. Assim, o objetivo desse estudo é verificar as alterações na sinalização elétrica de plantas de tomateiro inoculadas com *Oidium sp.*

2. METODOLOGIA

Para a realização do experimento foram utilizadas plantas de tomateiro (*Solanum lycopersicum*) cv. Micro-Tom. Para semeadura e cultivo das plantas foram utilizados vasos de 0,2L com substrato e vermiculita média na proporção 1:1. As plantas foram cultivadas em casa de vegetação e, quando estavam com quatro folhas completamente expandidas, foram transferidas para o laboratório onde permaneceram por dois dias para aclimatação antes de serem iniciadas as medidas eletrofisiológicas. No laboratório, as plantas ficaram sobre irradiação de $300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, fotoperíodo de 12h, e temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$.

O experimento foi realizado visando à comparação dos sinais bioelétricos evocados nas plantas antes da inoculação com o patógeno, com os sinais bioelétricos evocados após a inoculação com o patógeno. Foram utilizadas 18 repetições (18 plantas com medidas antes e depois do estímulo). A captação dos dados foi realizada dentro de um dispositivo de blindagem eletrostática (Gaiola de Faraday), devidamente aterrada. O uso da gaiola permite que os efeitos do campo elétrico criados no seu interior sejam anulados, obtendo assim um campo elétrico nulo. Dessa forma, evita-se a interferência de ruídos externos, possibilitando a captação mais limpa de sinais elétricos evocados das plantas.

Um dia antes do início da captação de dados de cada sessão experimental, um par de eletrodos de agulha foram inseridos no caule das plantas (acima do cotilédone) para aclimatação das mesmas. Os eletrodos foram inseridos aproximadamente 1 cm de distância um do outro. A coleta dos dados foi realizada antes da inoculação das plantas (controle) e após a inoculação das plantas (plantas inoculadas). Em todas as sessões experimentais foram utilizados eletrodos de referência, ou seja, eletrodos que não estavam conectados às plantas captando somente dados do ambiente.

O patógeno utilizado foi o fungo biotrófico *Oidium sp.*, o qual é responsável por causar a doença conhecida como ódio do tomateiro, que é uma doença relativamente comum, caracterizando-se pela formação de estruturas de cor branca a cinza nos folíolos, pecíolos e caule. O inoculo utilizado foi obtido de folhas de tomateiro naturalmente infectadas com o patógeno, provenientes da área experimental da Universidade Federal de Pelotas, campus Capão do Leão (Rio Grande do Sul) e mantidas, por repicagem periódica, em plantas de tomate cv. Micro-Tom. Quando as plantas apresentavam quatro folhas completamente expandidas, foi realizada a inoculação. A inoculação das plantas foi realizada através do contato de folha de tomate sintomática (coberta por fungo esporulando) com a folha de planta de tomate sadio. Para captação dos sinais foi utilizado o sistema eletrônico de aquisição de dados MP36 da Biopac Systems, usando uma frequência amostragem de 62,5 Hz. A coleta de dado cobriu um total de 4 horas, sendo 2 horas antes da inoculação das plantas e 2 horas após a inoculação das plantas com o *Oidium sp.* Os dados bioelétricos coletados foram analisados na forma de séries temporais. As séries temporais foram analisadas pelos métodos de análise visual e autocorrelação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As séries temporais foram analisadas utilizando a função de autocorrelação com um lag máximo de 500. Através dessa, pode-se perceber que, ao contrário do ruído do dispositivo, todas as séries temporais experimentais amostradas possuem uma correlação que decresce mais lentamente que a autocorrelação do eletrodo aberto. O padrão de decaimento de $\rho(\tau)$ do sinal medido antes e depois dos estímulos exibiu comportamentos diferentes. Enquanto a tendência de decaimento de $\rho(\tau)$ antes dos estímulos era, em alguns casos, exponencial, a tendência após os estímulos mostrou um comportamento oscilatório que se estende a toda extensão do lag máximo usando ($T=500$), como mostrado na Figura 1.

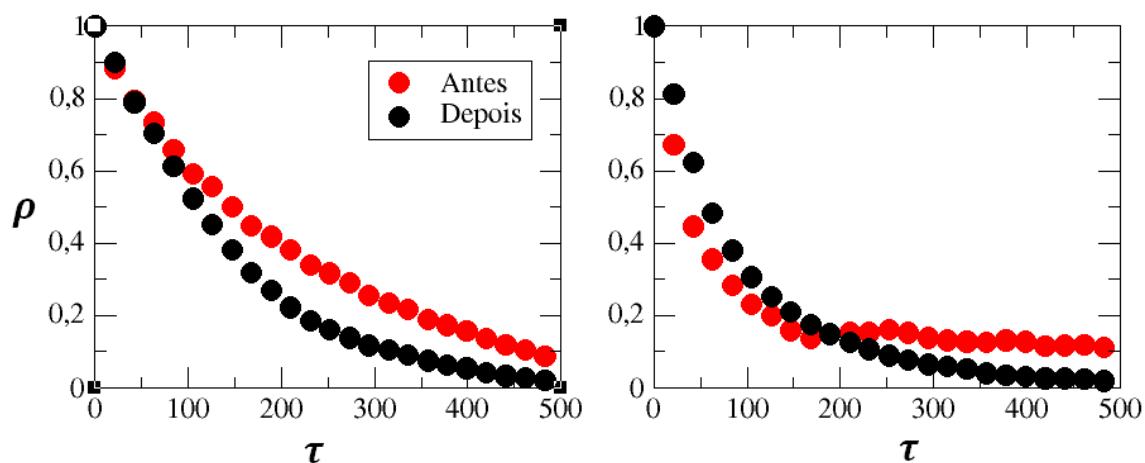


Figura 1 - Dois exemplos do decaimento da função de autocorrelação com o lag temporal. Percebe-se que o decaimento é de forma bem lenta.

Analizando visualmente as séries temporais, observa-se diferenças qualitativas entre os sinais elétricos antes e depois da inoculação das plantas. Após a inoculação, observou-se uma maior atividade bioelétrica do que observado antes da inoculação Figura 2.

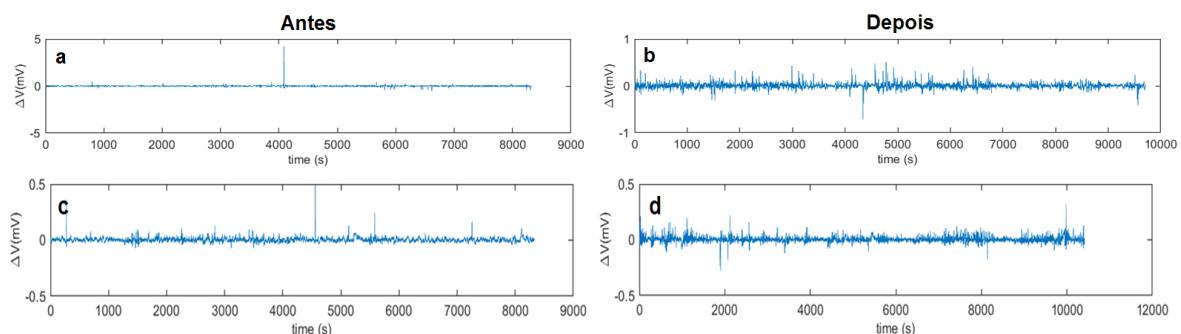


Figura 2 - Exemplos de séries temporais (2 horas) obtidas em caule de plantas de tomate antes e após da inoculação com *Oidium* sp. nas folhas.

4. CONCLUSÕES

Os resultados coletados corroboram com a hipótese inicial de que existe alteração na dinâmica eletrofisiológica das plantas após a inoculação com o fungo patogênico. Assim, as informações contidas nesse trabalho nos leva a uma nova possibilidade de análise fisiológica da interação entre plantas e fungos patogênicos, principalmente pela possibilidade de uma detecção precoce, como demonstrado pelos nossos resultados de identificação de padrões.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALUŠKA, F.; MANCUSO, S. Root Apex Transition Zone As Oscillatory Zone. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, n. October, p. 1–15, 2013.
- BALUŠKA, F.; VOLKMANN, D.; MANCUSO, S. Communication in plants: Neuronal aspects of plant life. **Communication in Plants: Neuronal Aspects of Plant Life**, p. 1–438, 2006.
- DANGL, J. L.; DIETRICH, R. A.; RICHBERG, M. H. Death Don 't Have No Mercy : Cell Death Programs in Plant-Microbe Interactions. **The Plant Cell**, v. 8, n. October, p. 1793–1807, 1996.
- GALLÉ, A. et al. Environmental stimuli and physiological responses: The current view on electrical signalling. **Environmental and Experimental Botany**, v. 114, p. 15–21, 2015.
- JONES, J. D. G.; DANGL, J. L. The plant immune system. **Nature**, v. 444, n. 7117, p. 323–329, 2006.
- LEÓN, J.; ROJO, E.; SÁNCHEZ-SERRANO, J. J. Wound signalling in plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 52, n. 354, p. 1–9, 2001.
- MITHÖFER, A.; EBEL, J.; FELLE, H. H. Cation fluxes cause plasma membrane depolarization involved in beta-glucan elicitor-signaling in soybean roots. **Molecular plant-microbe interactions : MPMI**, v. 18, n. 9, p. 983–990, 2005.
- OYARCE, P.; GUROVICH, L. Evidence for the transmission of information through electric potentials in injured avocado trees. **Journal of Plant Physiology**, v. 168, n. 2, p. 103–108, 2011.
- THELLIER, M.; LÜTTGE, U. Plant memory: A tentative model. **Plant Biology**, v. 15, n. 1, p. 1–12, 2013.
- TREWAVAS, A. What is plant behaviour? **Plant, Cell and Environment**, v. 32, n. 6, p. 606–616, 2009.