


Caracterização da epidemiologia temporal e espacial da queima das folhas da cenoura

Temporal and spatial characterization of alternaria leaf blight of carrot


Caracterización de la epidemiología temporal y espacial de la quema de hojas de zanahoria

Leandro Luiz Marcuzzo  <https://orcid.org/0000-0002-0114-1185>

Doutorado em Agronomia (Fitopatologia) pela Universidade de Passo Fundo (UPF). Professor e Pesquisador no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Catarinense *Campus* Rio do Sul/SC – Brasil. E-mail: leandro.marcuzzo@ifc.edu.br.

Débora Fächter  <https://orcid.org/0000-0003-3148-6202>

Bolsista PIBIC-CNPq. Aluna do curso de Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Catarinense *Campus* Rio do Sul/SC – Brasil. E-mail: debyfachter@gmail.com.

Aline Cristina Paulakoski  <https://orcid.org/0000-0003-1381-7725>

Bolsista Extensão *Campus* Rio do Sul. Aluna do curso de Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Catarinense *Campus* Rio do Sul/SC – Brasil. E-mail: alinepaulakoski0912@gmail.com.

Resumo

A queima das folhas da cenoura (*Alternaria dauci* (Kühn) Groves & Skolko) é a principal doença da cultura e tem comprometido a sua produtividade. Como se desconhece a epidemiologia da doença no Brasil, o objetivo do trabalho foi caracterizar o progresso temporal e espacial desta doença nas condições de cultivo na região Sul do Brasil. Sementes de cenoura da cultivar Brasília foram semeadas em três blocos de 270 plantas cada. A incidência inicial da doença na linha de plantio foi utilizada para a análise espacial através dos testes de run e doublet e seus resultados analisados pelo valor ($\pm 1,64$) estandardizado no teste de Z a 5% de probabilidade. A severidade da doença foi analisada através de escala diagramática em 120 plantas ao acaso previamente demarcadas e os dados da severidade foram ajustados a um modelo não linear ao longo do ciclo da cultura. Constatou-se que o padrão espacial da doença foi acima de 99% ao acaso para ambos os testes. A curva de progresso da doença foi ajustada ao modelo de Gompertz, representada por $y=0,253356*(\exp(29,59929*\exp(-0,69466*x)))$. Esse estudo servirá de modelo para trabalhos relacionados à doença.

Palavras-chave: *Daucus carota*.
Epidemiologia. *Alternaria dauci*.

Abstract

The *Alternaria* leaf blight of carrot (*Alternaria dauci* (Kühn) Groves & Skolko) is the main disease and has compromised crop productivity. As the epidemiology of the disease in Brazil is unknown, the objective of this work was to characterize the temporal and spatial progression of this disease in the cultivation conditions in the southern region of Brazil. Carrot seeds of Brasília cultivar were sown in four blocks of 270 plants each. The initial incidence of the disease in the planting line was used for the spatial analysis through the run and doublet tests and its results analyzed by the value (± 1.64) standardized in the Z test at 5% probability. The severity of the disease was analyzed in 120 plants through a diagrammatic scale in 120 previously demarcated random plants and the severity data were adjusted to a nonlinear model throughout the cycle of culture. It was found that the spatial pattern of the disease was over 99% at random for both tests. The disease progress curve was fitted to the Gompertz model, represented by $y=0.253356*(\exp(29.59929*\exp(-0.69466*x)))$. This study will serve as a model for work related to the disease.

Keywords: *Daucus carota*. Epidemiology. *Alternaria dauci*.

Resumen

La quema de hojas de zanahoria (*Alternaria dauci* (Kühn) Groves & Skolko) es la principal enfermedad del cultivo y ha comprometido su productividad. Como la epidemiología de la enfermedad no se conoce en Brasil, el objetivo de este trabajo fue caracterizar el progreso temporal y espacial de esta enfermedad en condiciones de cultivo en el sur de Brasil. Las semillas de zanahoria del cultivar Brasília se sembraron en tres bloques de 270 plantas cada uno. La incidencia inicial de la enfermedad en la línea de siembra se utilizó para el análisis espacial a través de las pruebas de run y doublet y sus resultados se analizaron por el valor estandarizado (± 1.64) en la prueba Z del 5% de probabilidad. La gravedad de la enfermedad se analizó usando una escala esquemática en 120 plantas aleatorias previamente delimitadas y los datos de gravedad se ajustaron a un modelo no lineal a lo largo del ciclo de la cultura. Se encontró que el patrón espacial de la enfermedad era superior al 99% al azar para ambas pruebas. La curva de progreso de la enfermedad se ajustó al modelo de Gompertz, representado por $y=0,253356*(\exp(29,59929*\exp(-0,69466*x)))$. Este estudio servirá como modelo para otros trabajos relacionados con la enfermedad.

Palabras clave: *Daucus carota*. Epidemiología. *Alternaria dauci*.

Caracterização da epidemiologia temporal e espacial da queima das folhas da cenoura

Leandro Luiz Marcuzzo, Débora Fächter, Aline Cristina Paulakoski

1 Introdução

A queima das folhas causada por *Alternaria dauci* (Kühn) Groves & Skolko é a principal doença foliar na cultura da cenoura (*Daucus carota*) por promover a destruição foliar e redução na produção (HENZ *et al.*, 2016). Os sintomas são pequenas manchas de coloração marrom escura ou preta, circundadas por áreas amarelas, principalmente nas margens. Em condições favoráveis ao desenvolvimento da doença, as manchas podem aumentar em número e tamanho, podendo resultar na morte da maior parte dos tecidos foliares (REIS, 2010; TÖFOLI; DOMINGUES, 2010).

Entre as formas de caracterizar o desenvolvimento de doenças, a curva de progresso temporal e a análise espacial na linha de plantio são as melhores representações de uma epidemia. A interpretação do formato da curva e a distribuição na linha de plantio podem ser usadas para determinar o progresso espacial e temporal da doença na cultura (BERGAMIM FILHO; AMORIM, 1996; BERGAMIM FILHO *et al.*, 2004; CAMPBELL; MADDEN, 1990).

A cenoura é uma importante cultura, no entanto nada se tem de profundidade na literatura mundial e na nacional, somente algumas informações sobre resistência à doença, mas para se entender uma doença é necessária a compreensão de como ela funciona. Neste breve artigo pretende-se apresentar como a doença queima das folhas da cenoura se desenvolve no tempo e no espaço, explicado matematicamente. Este artigo servirá de referência para a doença na cultura, assim como de suporte para outros trabalhos. Assim, o objetivo deste trabalho é caracterizar progresso espacial e temporal da queima das folhas da cenoura, com a finalidade de servir de um modelo para a doença na cultura.

2 Metodologia

O experimento foi realizado de 14 de setembro a 14 de dezembro de 2018 e de 16 de setembro a 13 de dezembro de 2019 no Instituto Federal Catarinense *Campus* Rio do Sul, município de Rio do Sul/SC com latitude Sul de 27°11'07", longitude Oeste de 49°39'39" e altitude de 687 metros do nível do mar.

Segundo a classificação de Köppen, o clima local é subtropical úmido (Cfa) e solo classificado como Cambissolo Háplico Tb distrófico (EMBRAPA, 2013) com os seguintes atributos químicos: pH em água de 6,0; teores de Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺ e CTC de 4,2; 1,8; 0,0 e 9,54 cmolc.dm⁻³, respectivamente; saturação por bases de 66,49%, teor de argila de 30 % m/v e teores de P e K de 14 e 134 mg.dm⁻³, respectivamente.

Os dados meteorológicos foram obtidos de uma estação Davis® Vantage Vue 300 m localizado ao lado do experimento e os dados médios durante a condução do experimento foram de 20,5 e 19,2 °C para temperatura do ar, de 13,7 e 14 horas de umidade relativa do ar ≥90% e a precipitação pluvial acumulada foi de 391 e 446,5 mm respectivamente para 2018 e 2019.

Sementes de cenoura da cultivar Brasília foram semeadas a campo em três blocos constituídos de uma área de 5x1,25 m cada e espaçamento de 3x10 cm entre plantas. Cada bloco continha 5 fileiras com 150 plantas cada e 120 plantas dessas foram previamente demarcadas de forma aleatória nas três filas centrais para a avaliação da severidade da doença. A calagem, adubação e tratos culturais seguiram as normas recomendadas para a cultura (NICK; BORÉM, 2016), porém não foi utilizado fungicida.

Para que houvesse inóculo do patógeno na área, mudas de cenoura Brasília (considerada suscetível à doença) com 30 dias de idade foram inoculadas com auxílio de um atomizador portátil em uma suspensão (10⁴) de conídios de *A. dauci*. Após 24 horas de câmara úmida elas foram transplantadas a cada um metro linear ao redor do experimento no dia da semeadura.

A análise espacial da doença foi realizada aos 50 dias após a semeadura, avaliando-se a incidência em 90 plantas de cada uma das três linhas centrais, totalizando 270 plantas em bloco, onde foram aplicados os testes de run e doublet e seus resultados analisados pelo valor ($\pm 1,64$) estandardizado no teste de Z a 5% de probabilidade (HAU *et al.*, 2011; BERGAMIM FILHO *et al.*, 2004).

Caracterização da epidemiologia temporal e espacial da queima das folhas da cenoura

Leandro Luiz Marcuzzo, Débora Füchter, Aline Cristina Paulakoski

Após a semeadura, foi avaliada semanalmente a severidade da cercosporiose nas plantas demarcadas, com auxílio de escala diagramática que varia de 1 a 40% proposta por Strandberg (1988).

Modelos não lineares, comumente usados para representar crescimento de epidemias como o Logístico e o de Gompertz foram usados para ajuste com os dados observados utilizando o software R versão 2.15.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012). Os critérios estabelecidos para comparação dos modelos, em função da qualidade do ajustamento dos dados foram: a) erro padrão da estimativa; b) estabilidade dos parâmetros; c) erro padrão dos resíduos; d) visualização da distribuição dos resíduos ao longo do tempo e e) pseudo R^2 .

3 Resultados e discussão

Conforme a distribuição das plantas sintomáticas com a doença (Figura 1), constatou-se padrão de distribuição espacial ao acaso acima de 66%, quando considerou a linha isolada e de 67% agregada quando considerada contínua no mesmo bloco para o teste de run no ano de 2018 (Tabela 1) e de 78% agregada em cada parcela na linha isolada e de 100% em contínua para o ano de 2019 (Tabela 1).

Para o teste de doublet constatou-se o mínimo de 66% agregada em relação à distribuição na linha isolada e também de 100% quando considerada as linhas contínuas dentro do mesmo bloco tanto no ano de 2018 e 2019 (Tabela 1).

O padrão de distribuição ao acaso utilizando teste de run e doublet também foi verificado por Ferreira *et al.* (2009) quando avaliaram a mancha manteigosa do cafeeiro causado por *Colletotrichum* spp. Monteiro *et al.* (2017) também constataram padrão ao acaso quando analisaram a distribuição da necrose da medula do tomateiro em estufa e a campo causada pelo complexo *Pseudomonas corrugata*, *P. Mediterranea* e *P. viridiflava* quando utilizaram o teste de run e doublet.

A epidemia foi mais bem ajustada pelo modelo de Gompertz em ambos os anos em decorrência do ajustamento do resíduo ao longo do tempo e do erro padrão dos resíduos (Figura 2B e 2C). Isso é decorrente da queima das folhas ser uma doença explosiva ao longo do ciclo à medida que iniciam os primeiros sintomas. Os dados da safra de 2019 foram os que apresentaram melhores ajustes ao modelo e foi descrito pela função $y=0,253356*(\exp(29,59929*\exp(-0,69466*x)))$, ($R^2=0,997943$), onde a taxa (0,69466) nas condições observadas, comprova o avanço da doença após a 7ª semana em 2018 e 2019 (Figura 2A).

Caracterização da epidemiologia temporal e espacial da queima das folhas da cenoura

Leandro Luiz Marcuzzo, Débora Füchter, Aline Cristina Paulakoski

Tabela 1. Padrão espacial em linha de plantio da queima das folhas da cenoura causada por *Alternaria dauci* submetidos ao teste de run e doublet. IFC Campus Rio do Sul, 2018 e 2019

BLOCO	LINHA	M	TESTE DE RUN					TESTE DE DOUBLET				
			R	E (R)	$\sigma(R)$	Z_R	P	D	E(D)	$\sigma(D)$	Z_D	P
2018												
1	1	6	11	11,21	1,28	0,25	AC	1	0,33	0,33	2,02	AG
	2	5	7	9,45	0,89	-2,06	AG	2	0,22	0,22	4,84	AG
	3	7	13	12,92	1,72	0,43	AC	1	0,46	0,46	1,51	AC
	TOTAL	18	29	33,60	4,07	2,04	AC		1,13	1,13	3,16	AG
2	1	3	5	5,81	0,31	-0,55	AC	1	0,66	0,66	5,57	AG
	2	6	10	11,21	1,28	-0,62	AC	1	0,33	0,33	2,02	AG
	3	5	8	9,45	0,89	-1,01	AC	1	0,22	0,22	2,71	AG
	TOTAL	14	22	26,55	2,52	-2,55	AG	3	0,67	0,67	3,44	AG
3	1	9	15	16,21	2,76	-0,43	AC	1	0,8	0,8	0,78	AC
	2	6	8	11,21	1,28	-2,39	AG	2	0,33	0,33	-3,75	AC
	3	7	11	12,92	1,72	-1,08	AC	2	0,46	0,46	2,98	AG
	TOTAL	22	34	40,41	5,92	-2,43	AG	5	1,71	1,71	2,89	AG
2019												
1	1	42	33	44,81	22,05	-2,4	AG	26	19,13	13,13	1,68	AG
	2	42	34	44,81	22,04	-2,2	AG	25	19,13	19,13	1,45	AC
	3	30	32	40,01	17,53	-1,79	AG	14	9,66	9,66	1,55	AC
	TOTAL	114	99	131,74	64,02	-4,03	AG	65	47,71	47,71	2,57	AG
2	1	34	26	42,32	19,64	-0,41	AC	22	12,46	12,46	2,84	AG
	2	37	30	43,58	20,84	-2,86	AG	22	14,8	14,8	2,00	AG
	3	32	39	41,25	18,25	-0,4	AC	12	11,02	11,02	0,45	AC
	TOTAL	103	94	127,42	59,87	-4,25	AG	57	38,91	38,91	2,98	AG
3	1	25	27	36,12	14,24	-2,28	AG	12	6,66	6,66	2,26	AG
	2	35	28	42,79	20,08	-3,18	AG	20	13,22	13,22	2,00	AG
	3	33	29	41,81	19,16	-2,81	AG	18	11,73	11,73	1,97	AG
	TOTAL	93	84	121,94	54,81	-5,07	AG	50	31,68	31,68	3,34	AG

Fonte: Os autores (2019)

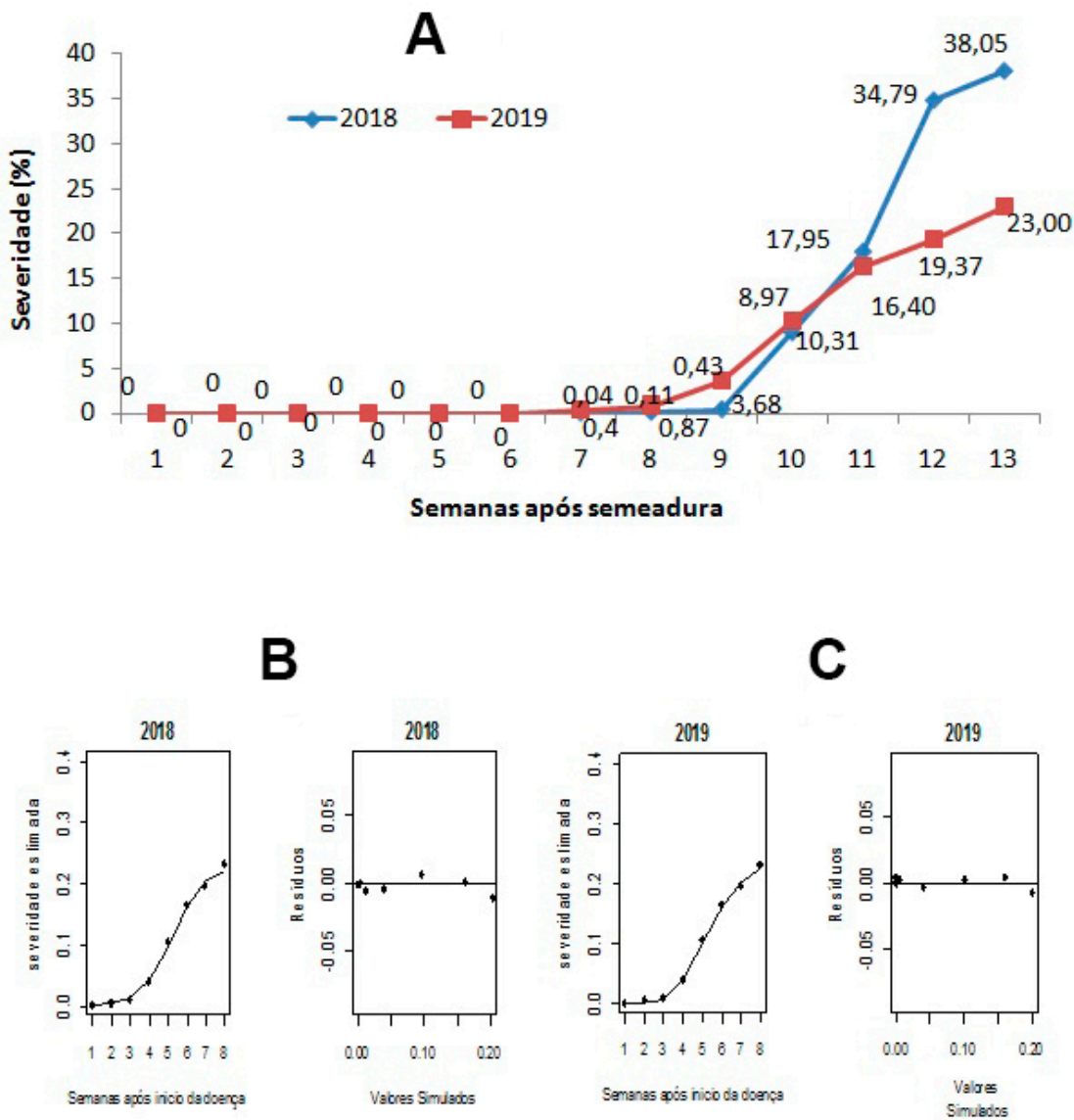
Legenda: M: número de plantas doentes; R: número de runs; D: número de doublets; E: valor esperado de R e D; σ : variância de R e D; valor standardizado: runs (Z_R) e doublets (Z_D); P (padrão): AG (agregado) e AC (acaso)

A diferença no percentual de severidade final da doença entre os anos (Figura 2A) é decorrente das condições climáticas, já que apesar de praticamente ocorrer a mesma intensidade de chuva em ambos os anos, houve um período de estiagem durante o desenvolvimento da cultura em 2018 e as chuvas foram concentradas no final do ciclo, fazendo com que a safra 2019 apresentasse quase o dobro de severidade em relação à de 2018.

O valor de severidade final em 2018 ficou próximo dos 45% encontrados por Marcuzzo e Teixeira (2019) quando avaliaram a mesma cultivar. Entretanto, Souza *et al.* (2002) verificaram que valores de intensidade da doença podem chegar próximo dos 60% para a severidade da doença. O fato de se ter encontrado em 2019 a severidade final de 23% se deve à

Caracterização da epidemiologia temporal e espacial da queima das folhas da cenoura
Leandro Luiz Marcuzzo, Débora Füchter, Aline Cristina Paulakoski

Figura 2. Progresso temporal da queima das folhas da cenoura causada por *Alternaria dauci* (A), suas curvas e resíduos gerados pelo modelo de Gompertz em 2018 (B) e 2019 (C). IFC Campus Rio do Sul, 2018 e 2019



Fonte: Os autores (2019)

4 Considerações finais

O modelo espacial da queima das folhas da cenoura causada por *Alternaria dauci* apresenta um padrão de dispersão agregado e o progresso temporal foi ajustado pelo modelo de Gompertz expresso em $y=0,253356*(\exp(29,59929*\exp(-0,69466*x)))$.

Caracterização da epidemiologia temporal e espacial da queima das folhas da cenoura
Leandro Luiz Marcuzzo, Débora Fächter, Aline Cristina Paulakoski

Referências

- BERGAMIM FILHO, A.; AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais**: epidemiologia e controle econômico. São Paulo: Ceres, 1996.
- BERGAMIM FILHO, A. *et al.* Análise espacial de epidemias. *In*: VALE, F. X. R. *et al.* (org.). **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**. Belo Horizonte: Perfíl, 2004. p. 193-240.
- CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: Wiley Interscience, 1990.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013.
- FERREIRA, J. B.; ABREU, M. S.; PEREIRA, I. S. Análise da dinâmica, estrutura de focos e arranjo espacial da mancha manteigosa em campo. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 24-30, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542009000100003>.
- HAU, B.; AMORIM, L.; BERGAMIM FILHO, A. Epidemiologia: Análise espacial. *In*: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIM FILHO, A. (org.). **Manual de fitopatologia**. 4. ed. São Paulo: Ceres, 2011. v. 1, cap. 38, p. 667-695.
- HENZ, G. P.; LOPES, C. A.; REIS, A. Manejo de Doenças. *In*: NICK, C.; BORÉM, A. (org.). **Cenoura**: do plantio a colheita. UFV: Viçosa, 2016, p. 98-123.
- MARCUZZO, L. L.; TEIXEIRA, V. R. Reação de genótipos de cenoura a queima das folhas da região do Alto Vale do Itajaí/SC. **Thema**, Pelotas, v. 16, n. 1, p. 4-9, 2019.
- MONTEIRO, F. P. *et al.* Distribuição especial da necrose da medula em tomateiro cultivado em Campo e Estufas. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 50., 2017, Uberlândia. **Anais [...]**. Uberlândia, MG: SBF, 2017.
- NICK, C.; BORÉM, A. **Cenoura**: do plantio a colheita. Viçosa: UFV, 2016.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2012). **R**: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <http://www.R-project.org>. Acesso em: 13 dez. 2019.
- REIS, A. **Queima das folhas**: uma doença complexa. Brasília: CNPH, 2010. 8 p. (Circular técnica, 91).
- SOUZA, R. T. *et al.* Validação de dois sistemas de previsão para a queima das folhas da cenoura. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, n. 2, p. 87-90, 2002.
- STRANDBERG, J. O. Establishment of *Alternaria* leaf on carrots in controlled environments. **Plant disease**, St. Paul, v. 72, n. 6, p. 522-526, 1988.

Caracterização da epidemiologia temporal e espacial da queima das folhas da cenoura

Leandro Luiz Marcuzzo, Débora Fächter, Aline Cristina Paulakoski

TÖFOLI, J. G.; DOMINGUES, R. J. Sintoma, etiologia e manejo da queima das folhas (*Alternaria dauci*; *Cercospora carotae*) na cultura da cenoura. **Biológico**, São Paulo, v. 72, n. 1, p. 47-50, 2010.

Agradecimentos

Ao CNPq e ao IFC *Campus* Rio do Sul pela bolsa de iniciação científica dos alunos autores.