

■ РЕФЕРАТИ СТАТЕЙ, ОПУБЛІКОВАНИХ В «CYTOLOGY AND GENETICS», № 3, 2022 р.

ADAPTATION OF PHYTOPATHOGENIC FUNGI TO QUANTITATIVE HOST RESISTANCE: *IN VITRO* SELECTION OR GREATER AGGRESSIVENESS IN FUSARIUM HEAD BLIGHT SPECIES ON WHEAT

N. SAKR

Department of Agriculture, Atomic Energy Commission of Syria (AECS),
Damascus, P.O. Box 6091, Syria

E-mail: ascientific@aec.org.sy

Fusarium head blight (FHB) is a global significant threat to crop production in small grains such as wheat. Till recently, we still lack empirical data on the selective effects of wheat quantitative resistance on aggressiveness changes in diverse FHB pathogens which may lead to potential resistance erosion because of the difficulty of conducting such studies under field conditions. Four FHB causative agents were used to study the evolution of aggressiveness using in vitro serial passage assays on susceptible «S» and moderately resistant «MR» wheat cultivars. These pathogens were previously tested and were found to be highly aggressive in vitro. Differences due to the selective impact of a cultivar among non-selected and selected isolates were measured for traits contributing to parasitic (latent period (LP) and area under disease progress curve (AUDPC)) and saprophytic (growth rate) fitness. The pathogen populations evolved faster on «MR» cultivars than «S» cultivars. Selected isolates were significantly more aggressive than non-selected isolates for LP and AUDPC, while no increase in aggressiveness was found on potato dextrose agar, indicating that the evolution of aggressiveness in FHB agents is associated with the presence of wheat plants with contrasted resistance levels. Selected isolates from «MR» cultivars were more aggressive than selected isolates from «S» cultivars, as they had a shorter LP (48.8 %) and a higher level of AUDPC (18.4 %). These results provide the first direct evidence that FHB pathogens adapt to wheat by increasing aggressiveness, suggesting a risk of directional selection and possible erosion of FHB resistance, an essential element for the development of durable management strategies for resistant wheat cultivars to FHB infection.

© N. SAKR, 2022

Key words: area under disease progress curve, erosion, FHB pathogens, latent period, selection pressure.

АДАПТАЦІЯ ФІТОПАТОГЕННИХ ГРИБІВ ДО КІЛЬКІСНОЇ РЕЗИСТЕНТНОСТІ ГОСПОДАРЯ: СЕЛЕКЦІЯ *IN VITRO* ЩОДО ВИЩОЇ АГРЕСИВНОСТІ ВИДІВ ФУЗАРІОЗУ КОЛОСА ПШЕНИЦІ

Фузаріоз колоса (ФНВ) – це значна глобальна загроза для вирощування таких зернових злаків, як пшениця. Дотепер нам бракує емпіричних даних щодо селекційного впливу кількісної резистентності пшениці на зміни в агресивності різних патогенів ФНВ, який може призвести до потенційного зниження резистентності через складність проведення таких досліджень у польових умовах. Для дослідження еволюції агресивності було використано чотири збудники ФНВ в серійних пасажах аналізу *in vitro* на сприйнятливій «S» і помірно резистентній «MR» сорти пшениці. Ці патогени були попередньо перевірені; було виявлено їхню високу агресивність *in vitro*. Відмінності між невибілковими і вибілковими ізолятами, залежні від селекційного впливу на сорт, вимірювали у плані властивостей, що сприяють пасивному (латентному) періоду (LP) і площі під кривою розвитку захворювання (AUDPC), а також сапрофітному росту (рівню росту). Популяції патогену розвивалися швидше на сортах «MR», ніж на сортах «S». Вибіркові ізоляти були значно агресивніші, ніж невибілкові ізоляти, щодо LP і AUDPC, у той час як на картопляному агарі з декстрозою не було виявлено підвищення рівня агресивності, що вказує на те, що еволюція агресивності збудників ФНВ пов'язана з присутністю рослин пшениці з контрастними рівнями резистентності. Вибіркові ізоляти з сортів «MR» були більш агресивними, ніж вибілкові ізоляти з сортів «S», оскільки у них був коротший LP (48,8 %) і вищий рівень AUDPC (18,4 %). Ці результати демонструють перші безпосередні докази того, що патогени ФНВ адаптуються до пшениці шляхом підвищення агресивності, що дозволяє припустити ризик направленої селективності і можливе зниження резистентності до ФНВ, важливої складової для розробки довгострокових стратегій управління для сортів пшениці, стійких до фузаріозу колосу.

Ключові слова: площа під кривою розвитку захворювання, зниження, патогени FHB, латентний період, селекційний тиск.

REFERENCES

- Abang MM, Baum M, Ceccarelli S et al. (2006) Differential selection on *Rhynchosporium secalis* during parasitic and saprophytic phases in the barley scald disease cycle *Phytopathology* 96(11):1214–1222. doi: 10.1094/PHTO-96-1214
- Ahmed HU, Mundt CC, Hoffer ME et al. (1996) Selective influence of wheat cultivars on pathogenicity of *Mycosphaerella graminicola* (anamorph *Septoria tritici*) *Phytopathology* 86(5):454–458. doi: 10.1094/Phyto-86-454
- Akinsanmi OA, Chakraborty S, Backhouse D et al. (2007) Passage through alternative hosts changes the fitness of *Fusarium graminearum* and *Fusarium pseudograminearum* *Environ Microbiol* 9(2):512–520. doi: 10.1111/j.1462-2920.2006.01168.x
- Bottalico A, Perrone G. (2002) Toxicogenic *Fusarium* species and mycotoxins associated with head blight in small-grain cereals in Europe *Eur J Plant Pathol* 108(7):611–624. <https://doi.org/10.1023/A:1020635214971>
- Browne RA. (2009) Investigation into components of partial disease resistance, determined *in vitro*, and the concept of types of resistance to *Fusarium* head blight (FHB) in wheat *Eur J Plant Pathol* 123(2):229–234. doi: 10.1007/s10658-008-9353-7
- Burdon JJ, Silk J. (1997) Sources and patterns of diversity in plant pathogenic fungi *Phytopathology* 87(7):664–669. <http://dx.doi.org/10.1094/PHTO.1997.87.7.664>
- Caten CE. (1974) Intra racial variation in *Phytophthora infestans* and adaptation to field resistance for potato late blight *Ann Appl Biol* 77(3):259–270. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1974.tb01402.x>
- Chen Y, Wang WX, Zhang AF et al. (2011) Activity of the fungicide JS399-19 against *Fusarium* head blight of wheat and the risk of resistance *Agr Sci China* 10(12):1906–1913. [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(11\)60191-0](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(11)60191-0)
- Cowger C, Mundt CC. (2002) Aggressiveness of *Mycosphaerella graminicola* isolates from susceptible and partially resistant wheat cultivars *Phytopathology* 92(6):624–630. doi: 10.1094/PHTO.2002.92.6.624
- Delmas CEL, Fabre F, Jolivet J. (2016) Adaptation of a plant pathogen to partial host resistance: selection for greater aggressiveness in grapevine downy mildew *Evol Appl* 9(5):709–725. doi: 10.1111/eva.12368
- Dweba CC, Figlan S, Shimelis HA et al. (2017) *Fusarium* head blight of wheat: Pathogenesis and control strategies *Crop Prot* 91:114–122. doi: 10.1016/j.cropro.2016.10.002
- Fedak G, Cao W, Wolfe D et al. (2017) Molecular characterization of *Fusarium* resistance from *Elymus repens* introgressed into bread wheat *Cytol Genet* 51:130–133. <https://doi.org/10.3103/S0095452717020025>
- Karelov AV, Borzykh OI, Kozub NO et al. (2021) Current approaches to identification of *Fusarium* fungi infecting wheat *Cytol Genet* 55(5):433–446. doi: 10.3103/S0095452721050030
- Kimura M. (1990) Some models of neutral evolution, compensatory evolution, and the shifting balance process *Theor Popul Biol* 37(1):150–158. [https://doi.org/10.1016/0040-5809\(90\)90032-Q](https://doi.org/10.1016/0040-5809(90)90032-Q)
- Krenz JE, Sackett KE, Mundt CC. (2008) Specificity of incomplete resistance to *Mycosphaerella graminicola* in wheat *Phytopathology* 98(5):555–561. doi: 10.1094/PHTO-98-5-0555
- Laurent B, Moinard M, Spataro C et al. (2020) QTL mapping for aggressiveness variation in *F. graminearum* revealed one causal mutation in FgVe1 velvet protein *BioRxiv* 2020.06.19.161349. <https://doi.org/10.1101/2020.06.19.161349>
- Leach J, Cruz C, Bai J et al. (2001) Pathogen fitness penalty as a predictor of durability of disease resistance genes *Ann Rev Phytopathol* 39:187–224. doi: 10.1146/annurev.phyto.39.1.187
- Lehman JS, Shaner G. (1997) Selection of populations of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* for shortened latent period on a partially resistant wheat cultivar *Phytopathology* 87(2):170–176. <https://doi.org/10.1094/PHTO.1997.87.2.170>
- McDonald B, Linde C. (2002) Pathogen population genetics, evolutionary potential, and durable resistance *Phytopathology* 40:349–379. doi: 10.1146/annurev.phyto.40.120501.101443
- Mundt CC. (2014) Durable resistance: a key to sustainable management of pathogens and pests *Infect Genet Evol* 27:446–455. doi: 10.1016/j.meegid.2014.01.011
- Mundt C, Cowger C, Garrett K. (2002) Relevance of integrated disease management to resistance durability *Euphytica* 124(2):245–52. doi: 10.1023/A:1015642819151
- Pariaud B, Ravigne V, Halkett F et al. (2009) Aggressiveness and its role in the adaptation of plant pathogens *Plant Pathol* 58:409–424. doi: 10.1111/j.1365-3059.2009.02039.x
- Parlevliet JE. (2002) Durability of resistance against fungal, bacterial and viral pathogens; Present situation *Euphytica* 124:147–156. doi: 10.1023/A:1015642819151
- Parry DW, Jekinson P, MCleod L. (1995) *Fusarium* ear blight (scab) in small grain cereals – a review *Plant Pathol* 44(2):207–238. doi: 10.1111/j.1365-3059.1995.tb02773.x

- Purahong W, Alkadri D, Nipoti P et al. (2012) Validation of a modified Petri-dish test to quantify aggressiveness of *Fusarium graminearum* in durum wheat *Eur J Plant Pathol* 132(3):381–391. doi: 10.1007/s10658-011-9883-2.
- Puri KD, Zhong S. (2010) The 3ADON population of *Fusarium graminearum* found in North Dakota is more aggressive and produces a higher level of DON than the prevalent 15ADON population in spring wheat *Phytopathology* 100(10):1007–1014. doi: 10.1094/PHYTO-12-09-0332
- Sakr N. (2018a) Aggressiveness of *Fusarium* head blight species towards two modern Syrian wheat cultivars in an in vitro Petri dish *Cereal Res Commun* 46(3):480–489. doi: 10.1556/0806.46.2018.031
- Sakr N. (2018b) Interaction between *Triticum aestivum* plants and four *Fusarium* head blight species on the level of pathogenicity: detected in an in vitro Petri dish assay *Acta Phytopathol Entomol Hung* 53(2):171–179. doi: 10.1556/038.53.2018.010
- Sakr N. (2018c) Intra- and inter-species variability of the aggressiveness in four *Fusarium* head blight species on durum wheat plants detected in an in vitro Petri-dish assay *Arch Phytopathol Plant Protect* 51(15–16):814–823. <https://doi.org/10.1080/03235408.2018.1495390>
- Sakr N. (2019a) In vitro quantitative resistance components in wheat plants to *Fusarium* head blight *Open Agri J* 13:9–18. doi: 10.2174/1874331501913010009
- Sakr N. (2019b) Long term storage for five important cereal phytopathogenic species *Pak J Phytopathol* 31(2):155–162. doi: 10.33866/phytopathol.031.02.0503
- Sakr N. (2019c) Pathogenicity and quantitative resistance in Mediterranean durum and bread wheat cultivars of Syrian origin towards *Fusarium* head blight agents under controlled conditions *J Plant Protect Res* 59(3):451–464. <https://doi.org/10.24425/jppr.2019.131261>
- Sakr N. (2020a) Aggressiveness of *Fusarium* species causing head blight on wheat plants determined in detached leaf and seedling in vitro assays. *Indian Phytopathol* 73(3):483–491. doi: 10.1007/s42360-020-00234-x
- Sakr N. (2020b) In vitro analysis of *Fusarium* head blight resistance in ancient Syrian wheat cultivars (*Triticum* sp.) *Indian J Agric Sci* 90(2):283–286.
- Sakr N, Shoaib A. (2021) Pathogenic and molecular variation of *Fusarium* species causing head blight on barley landraces *Acta Phytopathol Entomol Hung* 56(1):5–23. <https://doi.org/10.1556/038.2021.00006>
- Steele KA, Humphreys E, Wellings CR et al. (2001) Support for a stepwise mutation model for pathogen evolution in Australasian *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* by use of molecular markers *Plant Pathol* 50(2):174–180. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.2001.00558.x>
- Tunali B, Obanor F, Erginbas G et al. (2012) Fitness of three *Fusarium* pathogens of wheat *FEMS Microbiol Ecol* 81(3):596–609. doi: 10.1111/j.1574-6941.2012.01388.x
- Van der Plank JE. (1968) *Disease resistance in plants.*, Academic Press, USA and UK.
- Wang B et al. (2008) Evolution of virulence in *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* using serial passage assays through susceptible cotton *Phytopathology* 98(3):296–303. doi: 10.1094/PHYTO-98-3-0296
- Xu X, Nicholson P. (2009) Community ecology of fungal pathogens causing wheat head blight *Ann Rev Phytopathol* 47:83–103. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080508-081737>
- Xue AG, Armstrong KC, Voldeng HD et al. (2004) Comparative aggressiveness of isolates of *Fusarium* species causing head blight on wheat in Canada *Can J Plant Pathol* 26(1):81–88. <https://doi.org/10.1080/07060660409507117>

Received September 27, 2020

Received December 23, 2021

Accepted May 18, 2022