

VPLYV AGROKLIMATICKÝCH PODMIENOK NA VÝVOJ PATOGENA

Blumeria graminis f.sp. tritici

Natália Leskovská
Katedra ochrany rastlín
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Abstrakt

Skúmanie vplyvu kombinovaného účinku CO₂ a teploty na vývoj patogéna *Blumeria graminis f.sp. tritici* spôsobujúceho múčnatku na pšenici. Zdravé a inokulované rastliny pšenice sledovaným patogénom rásli v šiestich fytotronových podmienkach s rôznou simuláciou klímy dvoch abiotických faktorov: A. 450 ppm CO₂ (okolité) x 18-22° C (nízke teploty), B. 850 ppm CO₂ (zvýšené) x 18-22° C (nízke teploty), C. 450 ppm CO₂ (okolité) x 22-26° C (stredné teploty), D. 850 ppm CO₂ (zvýšené) x 22-26 ° C (stredné teploty), E. 450 ppm CO₂ (okolité) x 26-30° C (vysoké teploty), F. 850 ppm CO₂ (zvýšené) x 26-30° C (vysoké teploty). Najvýhodnejšie podmienky pre vývoj patogénu *Blumeria graminis f.sp. tritici* na pšenici, sú nízke teploty a okolité CO₂ (450 ppm). Vysoké teploty (26-30° C) inhibovali rast patogéna nezávisle od podmienok CO₂, a neboli pozorované žiadne typické symptómy múčnatky. Zvýšená koncentrácia CO₂ (850 ppm) nespôsobila vývoj múčnatky, ale bola škodlivá pre životaschopnosť rastliny.

Úvod

V posledných rokoch sa štúdie zaoberajú zhoršujúcou sa klimatickou zmenou a jej dopadom na životné prostredie, a tým aj na sektor ekonomiky. V oblasti poľnohospodárstva je zaznamenaný pokles výnosov pestovaných plodín kvôli vodnému deficitu v pôde, ktorý je zapríčinený nedostatkom zrážok. Tie síce za celý rok splnia dané množstvo úhrnu, ale zvyšujúca priemerná ročná teplota má za následok jeho nerovnomerné rozdelenie počas vegetačnej doby. Okrem abiotických faktorov, zmena klímy vplýva aj na rastlinných patogénov a choroby, ktoré vyvolávajú na hostiteľoch (Chakraborty, 2005).

Odhadovalo sa, že globálna zmena klímy povedie k zvýšeniu teploty o 0,9 °C, čo sa dosiahlo v roku 2012, do roku 2100 to má byť až o 6,4 °C, niektoré štúdie predpokladajú vyšší nárast. Je známe, že zvýšenie teploty ovplyvňuje okrem rastu a výnosov rastlín aj vlastnú patogenézu daného patogéna v interakcií s jeho hostiteľom (Matić a kol., 2018).

Svetová zmena klímy je v prvom rade dôsledkom zvýšených emisií skleníkových plynov, predovšetkým CO₂ ako výsledok spaľovania fosílnych palív. Atmosferická koncentrácia CO₂ narástla z 367 ppm na 379 ppm v rokoch 2000-2006, a je predpovedané, že sa dosiahnu hodnoty 730 až 1020 ppm do roku 2100 (Pugliese a kol., 2012).

Pri pôsobení zvýšeného CO₂ sa predpokladá, že z pohľadu vyššej fotosyntetickej aktivity, rastu plodín, a zároveň ich hospodárenie s vodou, budú na tom lepšie rastliny typu C₃ ako C₄, pretože majú vyvinuté mechanizmy voči zvýšenému účinku CO₂. Adaptačný potenciál je druhovo závislý, a čo sa týka druhov typu C₃, tak vo všeobecnosti sa vedia prispôsobiť širokému rozsahu teplôt vďaka vysokej flexibilitě fotosyntézy (Matić a kol., 2018).

Zvyšovanie hladiny CO₂ v atmosfére ovplyvňuje metabolizmus, fyziológiu a vývoj rastlín, čo vplýva aj na inokuláciu, a následnú penetráciu patogéna (Bencze a kol., 2015). Múčnatka spôsobená patogénomom *Blumeria graminis* f.sp. *tritici* je jednou z najdôležitejších listových ochorení na pšenici po celom svete, najmä vo vlhkých oblastiach. Patogén sa prevažne šíri nepohlavným štádiom, a to pomocou vetra, kedy sa rozptyľujú konídiá. Pohlavné rozmnožovanie založené na askospórach, uložené v kleistothéciami, umožňujú prežitie huby, pretože nepohlavné konídiá majú obmedzenú variabilitu, cca 24 hod (Matić a kol., 2018).

Zmena klímy má tiež významný vplyv na výskyt a epidémiu škodcov a chorôb. Citlivosť epidemických ochorení sledovaného patogén v reakcii na zmenu teploty je taktiež ovplyvnená zmenami v iných parametroch klímy, ako sú zrážky a relatívna vlhkosť vzduchu. Zmeny teploty významne ovplyvňujú interakcie patogéna a hostiteľa, ako aj hostiteľsko-patogénne interakcie (Tang a kol., 2017). Napadnutie pšenice múčnatkou je tiež odrodová záležitosť, ktorá bola skúmaná v práci (Bencze a kol., 2013) zameranej na odpoveď chorôb pšenice k vysokým koncentráciám CO₂, kde bolo zistené, že múčnatka sa objavila spontánne na citlivých odrodách (Mv Mambo a Mv Emma), z ktorých obe mali významne vyššiu úroveň infekcie v dôsledku zvýšenej hladiny CO₂.

Existuje veľmi málo štúdií, ktoré zaznamenávajú pôsobenie teploty a CO₂ počas pokusov, a to tiež len so zohľadnením jedným abiotickým faktorom na infekciu. Zatiaľ sa veľmi málo vie o vplyve kombinovaného účinku CO₂ x teploty na vývoj patogéna spôsobujúceho múčnatku u pšenice (*Blumeria graminis* f.sp. *tritici*).

Metodika

Pre vypracovanie semestrálnej práce s danou problematikou boli použité informácie z prác a štúdií, ktoré sú dostupné pre verejnosť formou vedeckých článkov zahraničného pôvodu. Pre vyhľadávanie konkrétnych článkov som využila najmä stránku ResearchGate či Google Scholar.

Cieľom práce daných výskumov, odkiaľ boli čerpané výsledky, bolo odhadnúť kombinovaný účinok rôznych teplôt a hladín CO₂ na patosystém *Blumeria graminis* f.sp. *tritici*/pšenica za fytotronových podmienok.

Výsledky

V tejto štúdií interakcia CO₂ a teploty významne ovplyvnila vývoj *Blumeria graminis* f.sp. *tritici* na pšenici. Taktiež sa uvádza, že kombinácia CO₂ a teploty mala významný vplyv na pokrok vo výskyte múčnatky v iných hostiteľoch ako je vinič (Pugliese a kol., 2011) a cuketa (Pugliese a kol., 2012). Poukazuje to na význam, že vplyv týchto dvoch sledovaných faktorov zohráva úlohu aj u iných druhov rodu múčnatka.

Pre výskum sa odlišovali dva režimy: CO₂ (okolité a vysoké) a tri teplotné podmienky (nízke, stredné a vysoké). Zistilo sa, že najnižšie teploty (18-22 ° C) a okolitý CO₂ (450 ppm)

sú najpriaznivejšími podmienkami pre vývoj múčnatky, pri ktorých patogén dosiahol najvyšší stupeň vývoja. Priemerné teploty boli tiež výhodné pre vývoj choroby hlavne v kombinácii s okolitým CO₂. Vysoké teploty v rozmedzí od 26 do 30 ° C inhibovali vývoj patogénov, neboli pozorované viditeľné typické symptómy múčnatky, iba pomocou kvantitatívnej PCR v reálnom čase bol detekovaný patogén *Blumeria graminis* f.sp. *tritici* v asymptomatických listoch pšenice. Vysoký obsah CO₂ významne znížil vývoj patogéna v porovnaní s úrovňami okolitého CO₂. Tieto výsledky sú v súlade s výsledkami opísané v Thompson a kol. (1993), ktorý preukázal znížený rast múčnatky (pšenica) na rastlinách pestovaných pri zvýšenom atmosférickom CO₂ v kombinácii s nízkym obsahom dusíka alebo vysokým prívodom vody (Matić a kol., 2018).

V práci (Matić a kol., 2018) na pšenici, (Pugliese a kol., 2012) na cukete a (Pugliese a kol., 2011) na viniči pri vysokom obsahu CO₂ v porovnaní s okolitým CO₂ sa nezistil žiadny významný rast múčnatky. Existuje len málo správ o tom, kde sa zvýšil výskyt infekcie múčnatky pri zvýšenom obsahu CO₂, napr. v sóji a niektorých odrodách pšenici.

Ďalej analýza z týchto štúdií ukázala, že teplota aj CO₂ a ich interakcia mali významný vplyv na úhyn rastlín. Konkrétne najnebezpečnejšou kombináciou pre životaschopnosť rastliny bol zvýšený CO₂ pri nízkych teplotách. Patogény múčnatky zvyčajne neničia hostiteľské rastliny, aj keď sú biotrofnými patogénmi. Oslabujú však rastliny, ktoré sú tak predisponované k smrti, keď sa vyskytnú iné stresové podmienky, čo znamená, že vysoký obsah CO₂ ako stresový faktor môže viesť k zvýšeniu úmrtnosti rastlín pšenice po napadnutí patogénom *Blumeria graminis* f.sp. *tritici*. Ostatné abiotické stresy, ako je ozón, sucho, slanosť, vysoká a nízka teplota v kombinácii s patogénnym napadnutím, boli preukázané, že vážne ovplyvňujú vitalitu a rast rastlín (Pandey et al., 2017). Zvýšená úmrtnosť rastlín pri zvýšených podmienkach CO₂ môže byť tiež spojená so zvýšenou agresivitou *Blumeria graminis* f.sp. *tritici* a zmenenými epidermálnymi listovými charakteristikami, napr. podobný výsledok, ktorý sa zistil pri vysokom obsahu CO₂ v patosystéme *Erysiphe cichoracearum* / *Arabidopsis thaliana* (Matić a kol., 2018).

Výška rastliny bola významne ovplyvnená teplotou, ale keď sa bral do úvahy kombinovaný účinok teploty a CO₂, nedošlo k žiadnym významným rozdielom výšky medzi rastlinami *Blumeria graminis* f.sp. *tritici* - zaočkované a rastlinami kontrolnými vo všetkých fytotronových podmienkach. Hmotnosť sušiny rastlín bola výrazne ovplyvnená CO₂, a to najmä v interakcii CO₂ x teplota. Pozorovali sa väčšie zmeny sušiny inokulovaných a neinokulovaných rastlín medzi okolitým a vysokým CO₂ v kombinácii s nízkou a strednou teplotou. Zníženie hmotnosti sušiny sa v infikovaných rastlinách pohybovalo medzi 31% a 38% v porovnaní so zdravými rastlinami. Strata hmotnosti u pšeníc infikovaných múčnatkou môže byť spojená s nižšou rýchlosťou fotosyntézy. V skutočnosti bol obsah chlorofylu významne zmenený teplotou a jej interakciou s CO₂, a taktiež CCI poklesol v infikovaných rastlinách približne o 1,1 až 4,6 násobku v porovnaní so zdravými rastlinami, čo môže odrážať celkové zníženie hmotnosti a vývoja rastlín. Za týchto fytotronových podmienok boli najpriaznivejšie nízke a stredné teploty s koncentraciami okolitého CO₂ (450 ppm). Zatiaľ čo vysoký obsah CO₂ (850 ppm) nebol priaznivý na vývoj *Blumeria graminis* f.sp. *tritici*, bol škodlivý pre životaschopnosť rastlín pri nízkych a stredných teplotách. Okrem toho existujú správy o iných patogénoch, ako sú hrdze (*Puccinia recondita* f.sp. *tritici* a *P. striiformis* f.sp. *tritici*), ktoré tiež nezvyšujú svoj výskyt na rastlinách pšenice pri vysokom obsahu CO₂. V tejto štúdii bol ďalšou nevýhodou vývoja múčnatky vysoký teplotný režim (nezávisle na podmienkach CO₂), ako už bolo pozorované u hrdzí pri vysokých teplotách (výskyt *P. striiformis* f. sp. *tritici* sa znižuje zvyšovaním priemerných ročných teplôt). To naznačuje, že

tieto dve skupiny biotrofných patogénov sa môžu podobne chovať na pšenici za opísaných podmienok prostredia (Matić a kol., 2018).

Táto práca poukazuje na fakt, že stredomorská oblasť s výskytom častých suchých epizód, môže mať za následok znížený výskyt múčnatky pšenice (*Blumeria graminis* f.sp. *tritici*), najmä pri horúcich vlnách s vysokým stupňom teploty počas vegetačného obdobia pšenice. Taktiež pri narastajúcej hladiny CO₂ sa patogén bude čoraz menej vyskytovať v pestovaných plodinách. To však bude vyžadovať ďalšie potvrdenie predpovedaním klimatických modelov pre vývoj múčnatky v južnej Európe a oblasti Stredozemného mora, podobne ako už existujú modely v niektorých zónach severnej Európy. Možná komplikácia sa môže vyskytnúť, ak sa patogén prispôsobí vyšším teplotám. Adaptácia produkcie spór na zvýšené teploty bola zaznamenaná už u *Neurospora discreta* v pôde, a u mnohých hrdz (Matić a kol., 2018).

Použitá literatúra

BENCZE S., KOMÁROMI J., VIDA G., PUSKÁS K., BALLA K., VEISZ O. : Impact of elevated atmospheric CO₂ level on powdery mildew (*Blumeria graminis* f.sp. *tritici*) severity in wheat depends on the pathotype × genotype interaction. Agricultural Institute, Centre of Agricultural Research, Hungarian Academy of Science, Martonvásár, Hungary [online]. 2015, s. 232-233 [cit. 2018-10-21] Dostupné z : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029615005654>

BENCZE S., VIDA G., BALLA K., VARGA-LÁSZLÓ E., VEISZ O. : Response of Wheat Fungal Diseases to Elevated Atmospheric CO₂ Level. Agricultural Institute, Centre of Agricultural Research, Hungarian Academy of Science, Martonvásár, Hungary [online]. 2013, s. 1-11 [cit. 2018-10-29] Dostupné z : <https://pdfs.semanticscholar.org/241a/7e261dc6f7a6cf634159310ad05ab10eb69f.pdf>

CHAKRABORTY S. : Potential impact of climate change on plant-pathogen interactions. CSIRO Plant Industry, Queensland, Australia [online]. 2005, s. 443-448 [cit. 2018-10-28] Dostupné z : <https://link.springer.com/article/10.1071%2FAP05084>

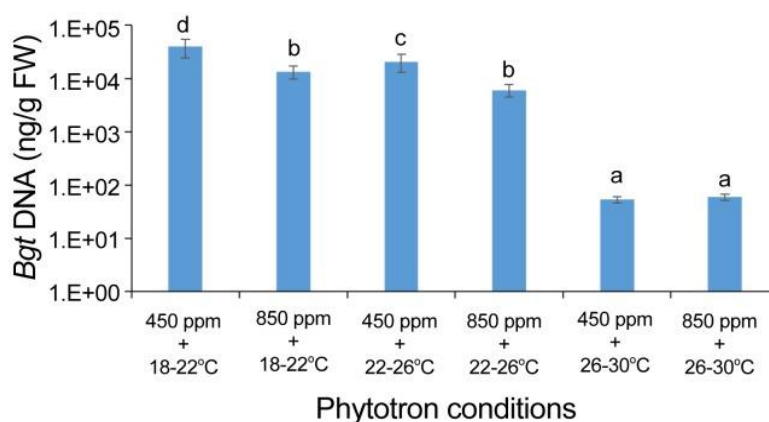
MATIĆ S., CUCU M. A., GARIBALDI A., GULLINO M. L. : Combined effect of CO₂ and Temperature on Wheat Powdery Mildew Development. AGROINNOVA – Centre of Competence for the Innovation in the Agro-environmental Sector, Università degli Studi di Torino, Grugliasco, Italy [online]. 2018, s. 316-326 [cit. 2018-10-25] Dostupné z : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6097819/>

PUGLIESE M., GULLINO M.L., GARIBALDI A. : Effect of climate change on infection of grapevine by downy and powdery mildew under controlled environment. AGROINNOVA – Centre of Competence for the Innovation in the Agro-environmental Sector, Università degli Studi di Torino, Grugliasco, Italy [online]. 2011, s. 1-4 [cit. 2018-11-1] Dostupné z : https://www.researchgate.net/publication/227160227_Effect_of_climate_change_on_infection_of_grapevine_by_downy_and_powdery_mildew_under_controlled_environment

PUGLIESE M., GULLINO M.L., LIU J., TITONE P., GARIBALDI A. : Effects of elevated CO₂ and temperature on interactions of zucchini and powdery mildew. AGROINNOVA – Centre of Competence for the Innovation in the Agro-environmental Sector, Università degli Studi di Torino, Grugliasco, Italy : Phytopathologia Mediterranea [online]. 2012, s. 480-487 [cit. 2018-10-28] Dostupné z : <http://www.fupress.net/index.php/pm/article/view/9801/11450>

TANG X., CAO X., XU X., JIANG Y., LUO Y., MA Z., FAN J., ZHOU Y. : Effect of Climate Change on Epidemics of Powdery Mildew in Winter Wheat in China. Chinese Academy of Agricultural Sciences, Institute of Plants Protection, Beijing, China [online]. 2017, s. 1-8 [cit. 2018-10-23] Dostupné z : <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS-02-17-0168-RE>

Prílohy



Obr.1 Kvantifikácia *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* s PCR v reálnom čase v inokulovaných rastlinách pšenice pestovaných v šiestich fytotronových podmienkach, FW = čerstvá hmotnosť (Matić a kol.,2018)



**450 ppm +
18-22°C**



**850 ppm +
18-22°C**



**450 ppm +
22-26°C**



**850 ppm +
22-26°C**



**450 ppm +
26-30°C**



**850 ppm +
26-30°C**

Obr.2 Symptómy múčnatky na rastlinách pšenice inokulovaných s *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* v šiestich fytotronových podmienkach (Matić a kol.,2018)