

Teplota vzduchu ve vertikálním profilu porostu pšenice během hlavního vegetačního období

(Air temperature in vertical profile of winter wheat canopy during the main growing season)

Středa, T., Pokorný, R., Krédl, Z., Filipi, A.
Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta

Souhrn

V porostu pšenice seté v Žabčicích byla během hlavní vegetační sezóny v letech 2010 a 2011 monitorována teplota vzduchu. Teplotní čidla byla umístěna ve třech úrovních: 0,05 m a 2 m nad povrchem půdy a v efektivní výšce porostu. Dle růstových fází rostlin bylo monitorovací období rozděleno do třech (čtyř) zásadně odlišných období. Teplota vzduchu ve vertikálním profilu porostu se významně lišila v závislosti na podmínkách ročníku, růstové fázi rostlin a denní době. Rozdíly ve vertikální stratifikaci teplot se projeví zejména během světlé části dne. V této části dne byla přízemní teplota vzduchu výrazně nižší. Teploty vzduchu z porostního monitoringu byly rovněž porovnávány s údaji ze standardních klimatologických stanic. Výsledky mohou být využity pro zpřesnění metod prognózy výskytu škodlivých činitelů, pro matematické modelování procesů tvorby výnosů polních plodin, výpočty evapotranspirace apod.

Klíčová slova: mikroklima; teplota vzduchu; pšenice ozimá; porost

Abstract

Air temperature was monitored in wheat canopy in Žabčice during the main growth season in 2010 and 2011 years. Automatic sensors were positioned at three levels (on the ground, at the effective height and at 2 meters above the ground). According to crop developmental stage period was divided to three (four) parts. Air temperature in vertical profile of canopy differed significantly in dependence on year, wheat developmental stage and time of day. The differences in vertical stratification of air temperature were pronounced especially during the light part of the day. In this time the temperature in ground part of canopy was significantly lower. Air temperature measured in wheat canopy was compared with data from standard meteorological stations, also. The results can be used in precision of prediction methods of some harmful agent's occurrence, in models of crop and yield development, simulation of evapotranspiration etc.

Key words: microclimate; air temperature; winter wheat; canopy

Úvod

Pro vznik choroby jsou nezbytné tři hlavní komponenty – náchylný hostitel, virulentní patogen a vhodné podmínky prostředí. Nelze tedy posuzovat pouze vztahy mezi jednotlivými složkami patosystémů, ale je nutno brát v potaz celý komplex vztahů. Kromě vztahu hostitel a patogen se na rozvoji choroby podílejí i různé faktory prostředí a to jak vzhledem k patogenu, tak hostiteli. Patogeny během svého infekčního cyklu, který zahrnuje jejich rozmnožování, se na hostiteli a tvorbu nových generací disperzních jednotek, rozšiřování těchto jednotek mezi hostiteli a přežívání patogena přes nepříznivá období, interagují s mnoha faktory prostředí. Jako klíčové bývají považovány teplota a vlhkost, na kterých jsou závislé epidemiologické procesy především ve fázi rozmnožování patogenů na hostiteli (tzv. patogenezě), která zahrnuje pronikání patogena do hostitele, infekci, inkubační periodu, růst lézí, tvorbu další generace disperzních jednotek (sporulace patogenů) apod. Například Hau et deVallavieille-Pope (2006) uvádějí, že optimální teploty potřebné pro nejkratší inkubační periodu (tj. dobu od infekce hostitele po objevení se příznaků choroby), se rovněž liší u jednotlivých patogenů obilnin, např. 20 °C pro *Blumeria graminis*, 26 °C pro *Puccinia triticina* a 26–29 °C pro *Puccinia graminis*. Podle stejných autorů je sporulace patogena *Blumeria graminis* ovlivněna teplotou, jeho intenzita sporulace se zvyšuje při 18–22 °C, ale snižuje se při teplotách kolem 27 °C. Chungu et al. (2001) uvádějí optimální teploty pro tvorbu pyknid u patogena *Mycosphaerella graminicola* 18–22 °C ve dne a 15 °C v noci. Vnější podmínky mohou kromě toho ovlivňovat enzymatickou aktivitu hostitele a parazita, čímž vznikají rozdílné redoxní potenciály a také změnu odolnosti orgánů rostlin během ontogeneze a růstu (Benada, 2008). Údaje, týkající se teploty vzduchu, jsou proto často využí-

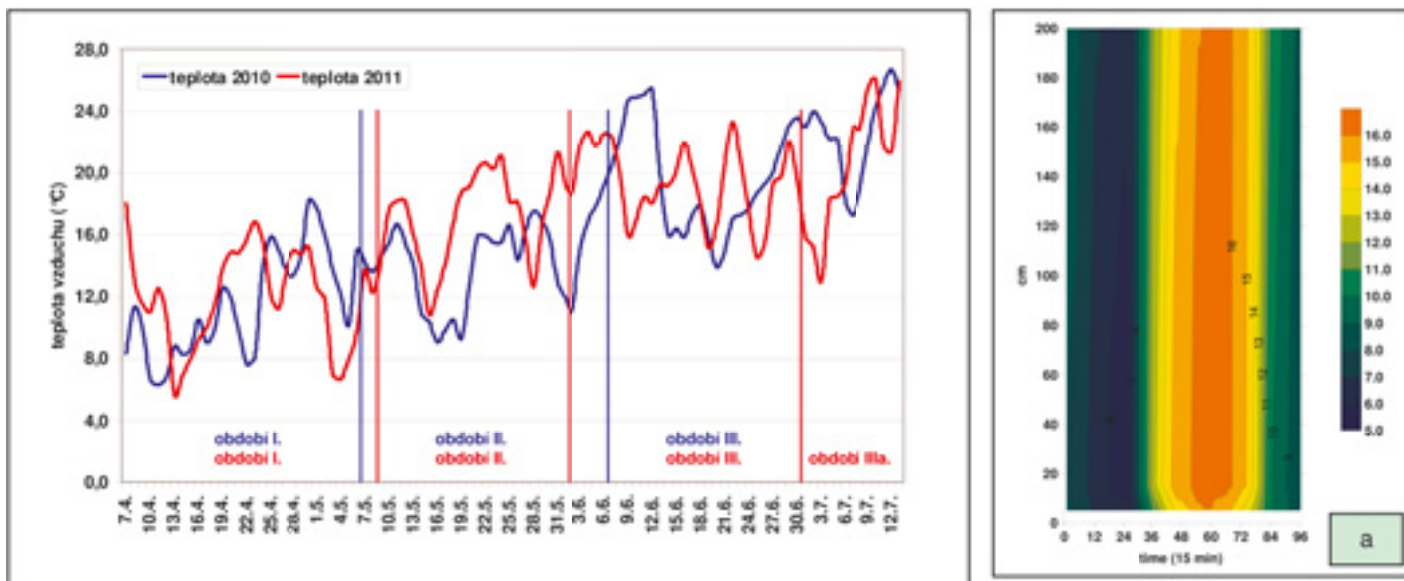
vány při tvorbě modelů prognóz výskytu patogenů na jednotlivých plodinách. Většinou bývají získávány z nejbližších klimatologických stanic, na kterých jsou zpravidla měřena ve standardní výšce 2 m (např. te Beest et al., 2009). Teploty vzduchu uvnitř porostu však mohou být ovlivněny jeho členitostí, vrstevnatostí, hustotou, mírou penetrace difúzní složky globálního záření, evapotranspirací apod. Mohou se tak výrazně lišit od okolního prostředí, přičemž variabilita rozdílů se může projevovat i v závislosti na průběhu vývoje plodiny. Z těchto důvodů je práce zaměřena na sledování teplot v různých vrstvách porostu pšenice a jejich srovnání s údaji měřenými na standardních klimatologických stanicích.

Materiál a metody

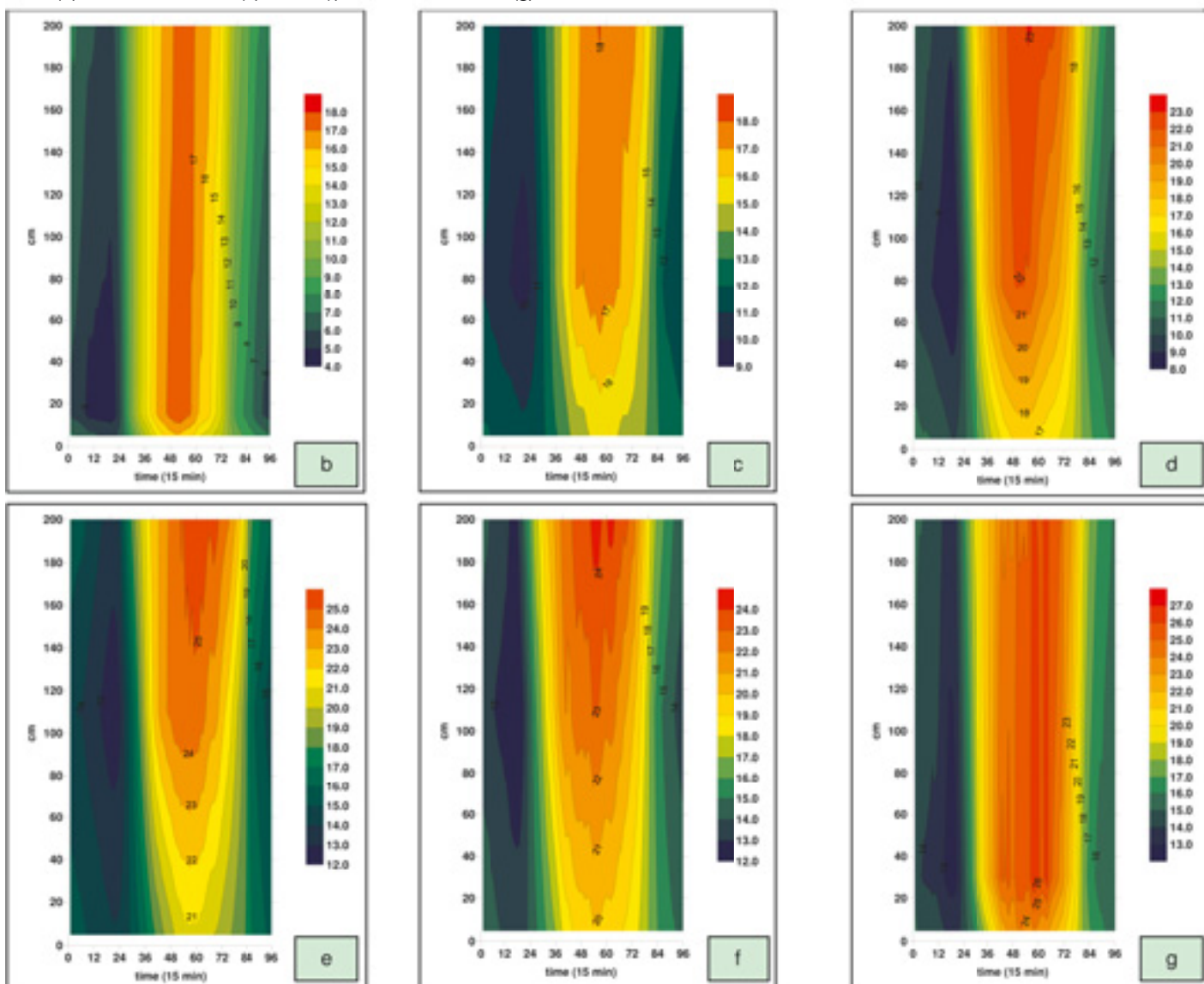
Během hlavního vegetačního období byla v letech 2010 a 2011 na pokusné stanici v Žabčicích (GPS Loc: 49°1'18.656"N, 16°36'56.150"E) monitorována teplota vzduchu v porostu pšenice seté, odrůda Sultan. Digitální senzory teploty (Dallas semiconductor, typ DS18B20) byly umístěny do přízemní výšky (0,05 m), efektivní výšky porostu (70 – 85 % výšky porostu – v závislosti na růstové fázi) a do 2 m nad povrchem půdy. Všechna čidla byla usazena v radiačním štítu. S ohledem na dřívější pokusy (Středa et Krédl, nepublikováno), kdy byla na rovinatých pozemcích uvnitř homogenních porostů pšenice a řepky zjištěna pouze zanedbatelná horizontální variabilita teplot a vlhkostí vzduchu, byla použita v příslušné výšce vždy jedna sada čidel.

V průběhu vegetace byla zjišťována výška porostu a vegetační fáze dle metodiky Meier (1997). Vegetace byla dle charakteru porostu a souvisejícího vlivu na mikroklima rozdělena na tři období: I. – BBCH 23–32 (odnožování až počátek sloupkování;

Obr. 1: Průběh průměrných denních teplot vzduchu na klimatologické stanici Žabčice v hlavních vegetačních sezónách 2010 a 2011



Obr. 2: Průměrné hodnoty teploty vzduchu ve vertikálním profilu porostu pšenice: období I. 2010 (a), 2011 (b); období II. 2010 (c), 2011 (d); období III. 2010 (e), 2011 (f); období IIIa. 2011 (g)



7.4.–6.5.2010 resp. 7.4.–8.5.2011), II. – BBCH 33–69 (sloupkování až konec kvetení; 7.5.–6.6.2010 resp. 9.5.–1.6.2011) a III. – BBCH 70–89 (zelená zralost až počátek plné zralosti; 7.6.–11.7.2010 resp. 2.6.–30.6.2011). V roce 2011 porost ve fázi BBCH 85 polehl a toto období (1.7.–13.7.2011) bylo, vzhledem k výrazné změně charakteru porostu, hodnoceno zvlášť (označeno jako období IIIa.). Vertikální stratifikace teploty vzduchu byla interpolována metodou triangulace s lineární interpolací a vykreslena do 2D map prostřednictvím software SURFER. Regresní analýzou byly získány rovnice vztahů mezi teplotou vzduchu v porostu v hodnocených výškách a teplotou vzduchu ve 2 m nad zemí na klimatologické stanici se standardním travním porostem v bezprostřední blízkosti monitorovaného porostu pšenice (teplotní čidlo HOBO, výrobce Onset Computer, USA) a stanicí ČHMÚ v Brně – Tuřanech (kombinované teplotně vlhkostní čidlo Vaisala HMP35d), vzdálené 16 kilometrů (GPS Loc: 49°9'15.797"N, 16°41'25.565"E). V obou letech byly na stanici v Žabčicích v příslušném období měřeny i srážky automatickým srážkoměrem.

Výsledky a diskuse

Jak je zřejmé z Obr. 1, byl průběh teplot vzduchu ve sledovaných ročnících odlišný, nicméně průměrné teploty jednotlivých období byly téměř shodné, s výjimkou období II. Zatímco v období I. činila průměrná teplota vzduchu v roce 2010 11,5 °C, v období II. 14,3 °C a v období III. 20,3 °C, činily v roce 2011 průměrné teploty v jednotlivých obdobích 12,0 °C, 17,2 °C a 19,4 °C. Ve druhém roce, po polehnutí porostu (období IIIa), byly průměrné teploty 20,1 °C.

Z Obr. 2 je zřejmé, že teploty vzduchu 2 m nad porostem a difference mezi jednotlivými vrstvami byly závislé na ročníku a období hodnocení. V roce 2010 se během období I. průměrné teploty ve 2 m v průběhu dne pohybovaly mezi 7 až 16 °C a v roce 2011 mezi 6–17 °C (Obr. 2a a 2b). V období II. byly zjištěny značné rozdíly mezi ročníky, v roce 2010 teploty dosahovaly hodnot 11–18 °C a v roce 2011 9–23 °C (Obr. 2c a 2d). Podstatné difference v této výšce nebyly zjištěny v období

III., když v roce 2010 bylo zjištěno rozpětí teplot 14–25 °C a v roce 2011 13–24 °C (Obr. 2e a 2f). Difference ve vertikální stratifikaci teplot vzduchu se v obou letech projevily především během světlé části dne, kdy byly vlivem porostu v přízemní vrstvě vzduchu zaznamenávány nižší teploty ve srovnání s teplotami ve 2 m nad povrchem půdy v porostu. V této části dne byly nejmenší průměrné difference vertikální stratifikace teplot vzduchu v porostu zjištěny v období I. – 1 °C v roce 2010 a 2 °C v roce 2011 (Obr. 2a a 2b). Od druhého období byla zaznamenána výrazná vertikální stratifikace teplot vzduchu, když maximální průměrné rozdíly ve vertikálním profilu činily 3 °C v roce 2010 a v roce 2011 6 °C (Obr. 2c a 2d). V období III. tyto difference činily v obou letech 5 °C (Obr. 2e a 2f). Polehnutí porostu v roce 2011 se projevilo výrazným snížením vertikální difference teplot vzduchu na úrovni max. 2 °C (Obr. 2g). Zajímavé je, že při nejnižších teplotách v tmavé fázi dne byly průměrné teploty vzduchu v aktivní výšce o 1 až 2 °C nižší nejenom ve srovnání s výškou 2 m, ale také s přízemím porostu.

Vztahy mezi naměřenými hodnotami teplot vzduchu v porostu v jednotlivých výškách a ve 2 m nad zemí na srovnávacích stanicích, vyjádřené regresními rovnicemi, jsou uvedeny v Tab. 1. Na základě průběhu regresních křivek byly vypočítány pravděpodobné teploty vzduchu v jednotlivých výškách porostu pro stanovené referenční hodnoty, které byly zvoleny na základě průměrných hodnot daného období (Tab. 2).

V přízemí porostu se v obou letech udržovala nižší teplota vzduchu především při použití vyšší referenční hodnoty pro dané období. Při srovnání na stanici v Žabčicích tyto rozdíly činily v jednotlivých letech 2,1 °C, resp. 3,2 °C v období I., 6,6 °C a 7,1 °C v období II., 7,4 °C, resp. 7,2 °C v období III. Při polehnutí porostu v roce 2011 (období IIIa) tato difference činila pouze 3,1 °C. V efektivní výšce porostu nebyly i při použití obou referenčních teplot výraznější rozdíly v období I. a v roce 2011 po polehnutí porostu. V období II. byly za vyšší referenční teploty zjištěny rozdíly v letech 2010 a 2011 1,5 °C, resp. 2,2 °C a v období III. 1,8 °C, resp. 2,3 °C. Teploty vzduchu ve 2 m nad porostem byly téměř shodné u obou referenčních teplot. Při srovnání na stanici v Brně – Tuřanech byly v I. období při použití vyšších referenčních teplot v jednotlivých letech teploty v přízemí porostu nižší

Rok	Srovnání na	Období	přízemí	efektivní výška	2 m
2010	Žabčice	I.	$y = -0,004x^2 + 0,9422x + 0,6289$	$y = 0,0012x^2 + 0,9956x - 0,3063$	$y = -0,0017x^2 + 1,0015x + 0,1925$
		II.	$y = -0,0112x^2 + 0,9061x + 2,7552$	$y = -0,0093x^2 + 1,2748x - 2,5478$	$y = -0,0034x^2 + 1,095x - 0,5936$
		III.	$y = 0,0031x^2 + 0,3914x + 8,0703$	$y = 0,0044x^2 + 0,7695x + 1,1903$	$y = -0,0015x^2 + 1,0527x - 0,6017$
	Tuřany	I.	$y = -0,0054x^2 + 1,1046x - 0,7517$	$y = 0,0024x^2 + 1,113x - 1,4742$	$y = 0,0008x^2 + 1,1013x - 1,0075$
		II.	$y = -0,0114x^2 + 0,9869x + 1,857$	$y = -0,0047x^2 + 1,2441x - 2,6838$	$y = -0,0015x^2 + 1,1714x - 1,655$
		III.	$y = 0,0032x^2 + 0,5317x + 5,4711$	$y = 0,0045x^2 + 0,9604x - 2,2337$	$y = 0,0012x^2 + 1,157x - 3,4416$
2011	Žabčice	I.	$y = -0,001x^2 + 0,8193x + 0,8476$	$y = -0,0018x^2 + 1,0881x - 1,9232$	$y = -0,0004x^2 + 1,0088x - 0,353$
		II.	$y = -0,0058x^2 + 0,7396x + 3,0003$	$y = -0,0007x^2 + 1,003x - 1,8758$	$y = 0,0007x^2 + 0,9949x - 0,6708$
		III.	$y = -0,0003x^2 + 0,5905x + 5,3707$	$y = -0,0022x^2 + 1,0398x - 1,5339$	$y = -0,0008x^2 + 1,0492x - 1,0437$
		IIIa.	$y = 0,0023x^2 + 0,7317x + 2,8644$	$y = 0,0012x^2 + 1,0566x - 2,186$	$y = 0,0019x^2 + 0,9886x - 0,5485$
	Tuřany	I.	$y = 0,0016x^2 + 0,8426x + 0,4836$	$y = 0,0023x^2 + 1,0926x - 2,2174$	$y = 0,0018x^2 + 1,0739x - 1,0605$
		II.	$y = -0,0022x^2 + 0,6892x + 2,9584$	$y = 0,0079x^2 + 0,8602x - 1,603$	$y = 0,0061x^2 + 0,9814x - 1,5189$
		III.	$y = -0,0004x^2 + 0,6965x + 3,6409$	$y = -0,002x^2 + 1,2005x - 4,307$	$y = -0,0034x^2 + 1,3389x - 5,1628$
		IIIa.	$y = -0,0027x^2 + 1,0525x - 0,9981$	$y = -0,001x^2 + 1,2975x - 5,5679$	$y = -0,0033x^2 + 1,3562x - 5,1738$

Tab. 1: Regresní rovnice vztahu mezi teplotami vzduchu na klimatologických stanicích Žabčice a Brno – Tuřany a teplotami v jednotlivých patrech porostu

Období	Ref. teplota	přízemí				efektivní výška				2 m			
		2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
	10	9,7	9,8	8,9	9,1	9,8	9,9	8,8	8,9	10,0	10,1	9,7	9,9
I.	20	17,9	19,2	16,8	18,0	20,1	21,7	19,1	20,6	19,5	21,3	19,7	21,1
	R ²	0,89	0,90	0,93	0,84	0,93	0,91	0,93	0,83	0,92	0,94	0,99	0,91
	15	13,8	14,1	12,8	12,8	14,5	14,9	13,0	13,1	15,1	15,6	14,4	14,6
II.	25	18,4	19,4	17,9	18,8	23,5	25,5	22,8	24,8	24,7	26,7	24,6	26,8
	R ²	0,82	0,86	0,92	0,84	0,88	0,86	0,94	0,88	0,90	0,91	0,98	0,93
	20	17,1	17,4	17,1	17,4	18,3	18,8	18,4	18,9	19,9	20,2	19,6	20,3
III.	30	22,6	24,3	22,8	24,2	28,2	30,6	27,7	29,9	29,6	32,3	29,7	31,9
	R ²	0,81	0,89	0,92	0,83	0,90	0,88	0,96	0,87	0,91	0,92	0,98	0,91
	20	x	x	18,4	19,0	x	x	19,4	20,0	x	x	20,0	20,6
IIIa.	30	x	x	26,9	28,1	x	x	30,6	32,5	x	x	30,8	32,5
	R ²	x	x	0,94	0,90	x	x	0,95	0,91	x	x	0,99	0,95

Pozn.: A – Žabčice, B – Tuřany

Tab. 2: Pravděpodobné hodnoty teplot vzduchu (°C) v jednotlivých úrovních porostu, vypočtené dle regresních rovnic z Tab. 1

o 0,8 °C resp. 2,0 °C, v období II. o 5,6 °C a 6,2 °C, v období III. o 5,7 °C a 5,8 °C. V efektivní výšce za vyšších referenčních teplot byly v I. období teploty vyšší o 1,7 °C, resp. 0,6 °C, v období II. a III. byly teploty téměř shodné. Při srovnání teplot 2 m nad porostem se stanic Brno-Tuřany byly ve všech obdobích při použití nižších referenčních teplot zjištěny téměř stejné hodnoty. Na druhé straně, při vyšších referenčních teplotách, sejevila lokalita v Žabčicích teplejší. Tento rozdíl činil v jednotlivých letech a obdobích 1,1 °C až 2,5 °C.

V našich pozorováních byl zjištěn podstatný vliv ročníku a růstové fáze na vertikální stratifikaci teplot vzduchu v porostu pšenice seté. Obecně lze konstatovat, že teplotní rozdíly ve vertikálním profilu v porostu pšenice jsou závislé nejenom na formování porostu během vegetace, ale také na hodnotě teplot vzduchu měřených ve 2 m, případně dalších faktorech. Se stoupající výškou porostu se zvyšují diference mezi teplotou vzduchu v přízemí a teplotami měřenými na standardních klimatologických stanicích, případně přímo nad porostem ve 2 m, především při vyšších teplotách. Tato diference může být způsobena nejenom omezením penetrace sluneční radiace do porostu, vyšší vlhkostí přízemního patra porostu (Pokorný et al., 2012), ale také vlivem teplot povrchu transpirujícího porostu, které mohou být nižší ve srovnání s okolní teplotou vzduchu až o několik stupňů. Tato vlastnost porostu pšenice je často využívána při odhadu tolerance odrůd pšenice k suchu (Balota et al., 2006; Karimizadeh et Mohammadi, 2011), ale také jako indikátor rezistence k některým patogenům (Rosyara et al., 2008). I když teplota vzduchu může ovlivňovat celou řadu

procesů v průběhu vývoje porostu pšenice, včetně epidemiologických, je v současné době věnována malá pozornost její stratifikaci ve vertikálním profilu. Franzaring et al. (2010) zjistili zvýšení teploty v porostu pšenice ve výšce 0,3 m nad povrchem půdy v průměru o 0,7 °C, na rozdíl od autorů Kimbal et al. (1995) v jejichž měření byla teplota nižší až o 3,0 °C. První autoři se domnívají, že to mohlo být způsobeno rozdílnými podmínkami prostředí. Zatímco jejich pozorování probíhalo v humidnějších podmínkách střední Evropy, další autoři měli své pokusy umístěny v suchých podmínkách Arizony, USA. V našich podmínkách jsme při interpolaci na tuto výšku (Obr. 2) v období II. zjistili podstatný rozdíl v diferenci teplot mezi rokem 2010 s vlhkým charakterem (srážky 120 mm) a sušším v roce 2011 (srážky 44 mm). V prvním ze sledovaných let byla diference mezi teplotou ve 2 m a 0,3 m nad povrchem půdy 2 °C, v následujícím 4 °C. Výhodou námi použité metody interpolace programem Surfer je možnost odvození teploty vzduchu v libovolné výšce nad povrchem půdy i při omezeném počtu použitých senzorů.

Při porovnání dvou referenčních stanic bylo prokázáno, že se odhady teploty vzduchu na základě regresních rovnic výrazně lišily především v úrovni 2 m nad povrchem půdy. Při použití nižších referenčních teplot byly v této výšce vypočtené porostní teploty vzduchu téměř shodné při srovnání na Žabčice i Brno-Tuřany. Na druhé straně, při použití vyšších referenčních teplot, se pro 2 m nad povrchem půdy prokázala lokalita Žabčice jako teplejší. Uvedené rozdíly jsou zapříčiněny pravděpodobně různým mezoklimatem obou lokalit, kde může určitou roli sehrávat podíl zastoupení aktivních povrchů různého charakteru (např.

holá půda, typ okolního vegetačního pokryvu a jeho aktuální zapojení apod.). Také Chen et al. (1999) upozorňují, že kombinace jak fyziografických (např. nadmořská výška) tak ekologických faktorů (např. struktura vegetace) ovlivňuje toky energie a vlhkosti. Poměrně vysoké koeficienty determinace (0,81-0,99) zjištěné při porovnání porostních teplot vzduchu a teplot vzduchu nad standardním povrchem umožňují využití korekcí klimatologických dat pro upřesnění metod prognózy výskytu některých patogenů nebo škůdců. Nicméně, pro tyto účely je vhodné využívat buď údaje o teplotách vzduchu ze

standardní stanice v bezprostřední blízkosti nebo ideálně z přímého porostního monitoringu. Zpřesněná data se v současnosti využívají především při ochraně vůči škodlivým činitelům v sadech (Středová et al., 2011). Výsledky porostního monitoringu poskytují také nezbytné vstupní údaje nezbytné pro matematické modelování procesů tvorby výnosů polních plodin, pro fyziologickou indikaci vodního stresu rostlin a následnou optimalizaci závlahového režimu apod. (Matejka et al., 2003).

Poděkování

Práce vznikla s podporou Výzkumného záměru č. MSM6215648905 a projektu NAZV QI111C080.

Literatura

Balota M., Payne, W.A., Evett, S.R., Peters, T.R. (2008): Morphological and physiological traits associated with canopy temperature depression in three closely related wheat lines. *Crop Sci* 48: 1897–1910.

Benada J. (2008): Redox potential and pH in plants and their function in the mechanism of resistance to diseases and in plant physiology. *Obilnářské Listy* 16: 114–117.

Franzaring, J., Hogy, P., Erbs, M., Fangmeier, A. (2010): Response of canopy and soil climate in six year free-air CO₂ enrichment study with spring crops. *Agr Forest Meteorol* 150: 354–360.

Hau, B., deVallavieeille-Pope, C. (2006): Wind-dispersed diseases. Chapter in Cooke, B.M., Gareth Jones, D., Kaye, B.: *The epidemiology of plant diseases*. Springer Dordrecht, The Netherlands: 576 s.

Chen, J., Saunders, S., C., Crow, T., R., Naiman, R., J., Brosofske, K., D., Mroz, G. D., Brookshire, B., L., Franklin, J., F. (1999): Microclimate in forest ecosystem and landscape ecology. *Bioscience* 49: 288–297.

Chungu, C., Gilbert, J., Townley-Smith, F. (2001): Septoria tritici blotch development as affected by temperature, duration of leaf wetness, inoculum concentration, and host. *Plant Dis* 85: 430–435

Karimizadeh, R., Mohammadi, M. (2011): Association of canopy temperature depression with yield of durum wheat genotypes under supplementary irrigated and rainfed conditions. *Aust J Crop Sci* 5: 138–146.

Kimball, B.A., Pinter, P.J., Garcia, R.L., LaMorte, R.L., Wall, G.W., Hunsaker, D.J., Wechsung, G., Wechsung, F., Kartschall, T. (1995): Productivity and water use of wheat under free-air CO₂ enrichment. *Glob Change Biol* 1: 429–442.

Matejka, F., Rožnovský, J., Hurtalová, T., Janouš, D. (2003): Súčasný stav a perspektívy výskumu mikroklimy rastlinných porostů. In Rožnovský, J., Litschmann, T.: *Seminář „Mikroklima porostů“*. Česká bioklimatologická společnost, Praha: 1–14.

Meier, U. (1997): BBCH-Monograph. Growth stages of plants - Entwicklungsstadien von Pflanzen - Estadios de las plantas - Développement des Plantes. Blackwell Wissenschaftsverlag, Berlin und Wien: 622 s.

Pokorný, R., Krédli, Z., Středa, T., Filipi, A. (2012): Vlhkost vzduchu ve vertikálním profilu porostu pšenice během hlavního vegetačního období. In Rožnovský, J., Litschmann, T., Středa, T., Středová, H.: *Vláhové poměry krajiny*. Český hydrometeorologický ústav, Praha: 132–135.

Rosyara, U.R., Vromman, D., Duveiller, E. (2008): Canopy temperature depression as an indication of correlative measure of spot blotch resistance and heat stress tolerance in spring wheat. *J Plant Pathol* 90: 103–107.

Středová, H., Bokwa, A., Dobrovolný, P., Krédli, Z., Krahula, L., Litschmann, T., Pokorný, R., Rožnovský, J., Středa, T., Vysoudil, M. (2011): *Mikroklima a mezoklima měst, mikroklima porostů*. 1. vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav: 102 s.

te Beest, D. E., Shaw, M. W., Pietravalle, S., van den Bosch, F. (2009): A predictive model for early-warning of Septoria leaf blotch on winter wheat. *Eur J Plant Pathol* 124: 413–425.

/recenzováno/

Kontaktní adresa: tomas.streda@mendelu.cz