

Diference teploty a vlhkosti vzduchu v městském prostředí

Air temperature and humidity differences in urban climate

Jaroslav Rožnovský, Jana Burgová

*Mendelova univerzita v Brně, Ústav šlechtění a množení zahradnických rostlin ZF,
Valtická 337, 691 44 Lednice*

Abstrakt

Z analýzy měření teploty a vlhkosti vzduchu v desetiminutovém intervalu v teplém půlroku 2018 na vybraných stanicích na území města Hradec Králové vyplývá, že městské klima je rozdílné podle typu prostředí jeho částí. Výrazné rozdíly teploty vzduchu nacházíme mezi lesním porostem a zástavbou. V lese bylo dosaženo statisticky průkazně nejnižších hodnot teploty vzduchu ze všech pohledů. Naopak na stanovišti „Tiskárna“, tedy v souvislé průmyslové zástavbě, byly průkazně nejvyšší hodnoty teploty vzduchu. U hodnot relativní vlhkosti vzduchu je tomu naopak, nejvyšší hodnoty nacházíme v lese, nejnižší na stanovišti „Tiskárna“. Přes vyhodnocení jednoho vegetačního období lze považovat výsledky za reprezentativní, a také jako doklad pozitivního vlivu zeleně na mikroklima města i s ohledem na jeho obyvatele.

Klíčová slova: teplota vzduchu, vlhkost vzduchu, klima města, Hradec Králové

Abstract

Analysis of air temperature and humidity measured in 10-minute intervals during the warm half-year of 2018 at selected stations in the city of Hradec Králové showed that urban climate is different based on the surrounding environment. Significant differences in air temperature can be seen between the location in a forest and the location in built-up area. Forest location had the lowest air temperature values from all perspectives. In contrast, the location “printing company”, found in an industrial built-up area, had the highest air temperatures. Air humidity shows the exact opposite trend – highest values were observed in the forest, lowest at the location “printing company”. Despite the fact that the analysis only covers one vegetation period, these results can be considered representative and proving that green areas have a positive effect on the urban microclimate also from the perspective of the inhabitants.

Keys words: air temperature, air humidity, urban climate, Hradec Králové

Úvod

Stále rostoucí počet obyvatel ve městech na úkor venkova je příčinou jejich plošného rozvoje. Tím se však mění charakter povrchu, kdy místo porostů rostlin nastupují umělé povrchy. Dochází tak k radikální změně hodnot radiační bilance, a tím i velikosti a dynamiky meteorologických prvků. Jde o specifické klima, tedy klima městské, Meteorologický slovník (2003) jako klima velkých měst a průmyslových aglomerací, které se vytváří za spolupůsobení specifického *aktivního povrchu* měst, antropogenní produkce tepelné energie a průmyslové, dopravní i jiné činnosti ve městech. Aktivní povrch měst je tvořen střechami a stěnami budov, vozovkami s umělým povrchem, malou plochou zeleně a jeho vlastnosti závisí i na typu zástavby, šířce ulic apod. Od klimatu přilehlého venkovského okolí se městské klima zpravidla liší nižší průměrnou rychlostí větru, vytvářením *tepelného ostrova* města (projevuje se vyššími denními i roč. průměry teploty vzduchu), nižší *relativní vlhkostí vzduchu*, sníženou dohledností a podstatně vyššími *emisemi* znečišťujících látek, které unikají do atmosféry z různých zdrojů znečištění (tepelné elektrárny, teplárny, továrny, domácí topeniště, spalovací motory aj.). Větší *znečištění ovzduší* ve městech se projevuje snížením slunečního záření. Městským klimatem se zabývá *klimatologie měst*.

Pojem „tepelný ostrov města“ (urban heat island, UHI) dokládá, že dominantním projevem „ostrova“ je zvýšení teploty vzduchu. Citované poznatky dokládají, že se teplota vzduchu směrem k centru měst se zvyšuje v závislosti na narůstající hustotě zástavby. Jak uvádí Voogt (2002) jde především o tyto změny:

- změna geometrie aktivního povrchu – zvětšení jeho velikosti a převaha vertikálních povrchů vede k zvýšení množství pohlceného slunečního záření a k jeho četným odrazům, uzavřené prostory mezi budovami vedou k omezení dlouhodobého vyzařování v nočních hodinách a tím i ke snížení ztrát tepla
- změna tepelných vlastností aktivního povrchu – budovy mají poměrně značnou tepelnou kapacitu, což umožňuje zvýšené pohlcování tepla v období pozitivní energetické bilance a jeho uvolňování během negativní energetické bilance
- změna v hydrologické bilanci – převaha nepropustných povrchů vede k snížení dostupného množství vody k evapotranspiraci a tím současně i k snížení latentního toku tepla a k zvýšení turbulentního toku.

Pro vyjádření specifík městského klimatu je možné vést monitoring různými metodami. Nejčastěji je to vybudování účelových meteorologických stanic, které na rozdíl od klimatologických v síti Českého hydrometeorologického ústavu (dále jen ČHMÚ) jsou umístěny v různých stanovištních podmínkách tak, aby mezo a mikroklima města naopak

vyjádřily. Výsledky velmi podrobného plošného monitoringu v lokalitě Barrow na Aljašce během zimní sezóny 2001/2002 uvádějí Hinkel a kol. (2003). Jejich výsledky vycházejí z měření registrátory HOBO rozmístěných na 54 stanovištích. Využívány jsou také, tzv. měřící jízdy. Tuto metodu používal při mezoklimatickém výzkumu měst (mj. i Brna) a volné krajiny Quitt (1972), ze zahraničních pramenů přibližně jde o studii Kopce (1970).

Za jednu z prvotních studií o klimatu měst můžeme považovat publikaci o klimatu Bratislavy (Petrovič, 1979). Z pohledu synoptických situací bylo posuzováno klima Prahy (Beranová a Huth, 2003). Jak dokládají výsledky různých autorů, městské klima ovlivňuje i zdravotní podmínky pro obyvatele (Litschmann a Rožnovský, 2009).

Z hlediska plošného vyjádření rozložení hodnot meteorologických prvků jsou velmi vhodné metody dálkového průzkum, např. infračervené letecké snímky, znázorňující povrchovou teplotu jednotlivých objektů, jak dokládá práce Estec et al. (1999).

Materiál a metody

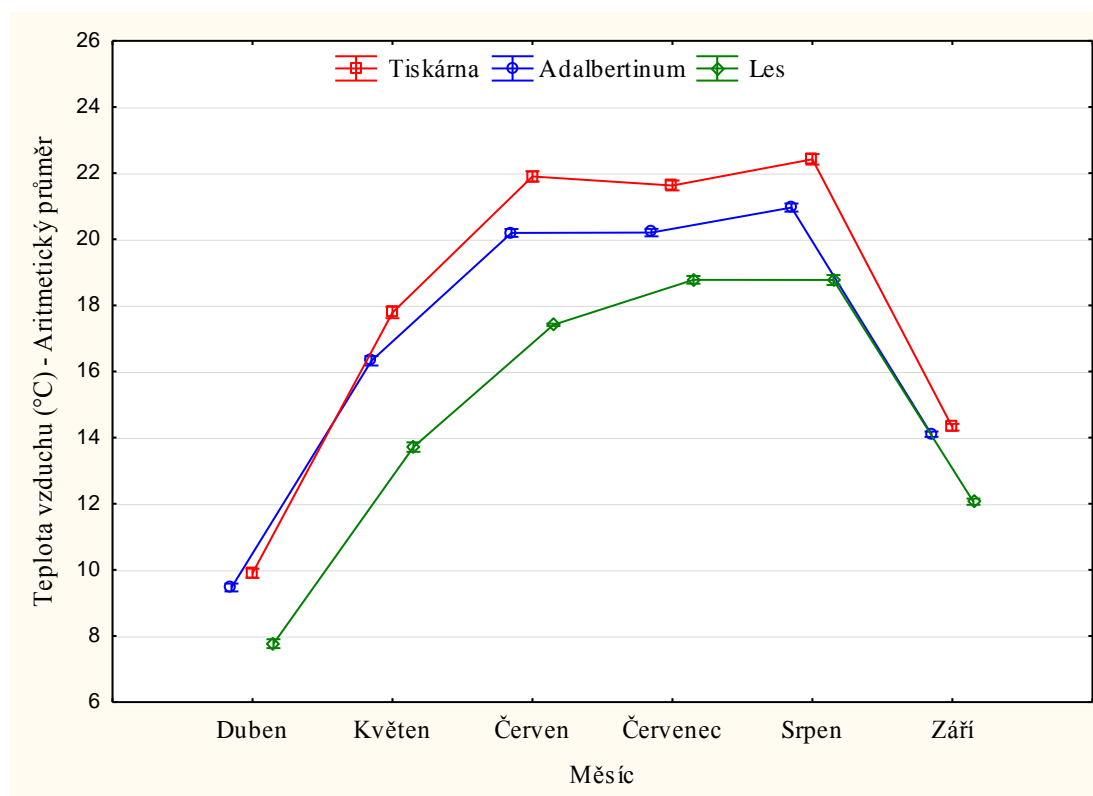
Pro hodnocení bylo vybráno město Hradce Králové, které má na svém území významně zastoupenou zeleň. Rozkládá se v Polabské nížině s nadmořskou výškou do 240 m n. m. na soutoku řek Labe a Orlice. Katastr města i jeho okolí není významně členitý, ale jsou zde velmi rozdílné povrchy, od husté zástavby centra města, přes části s rodinnými domky, s průmyslovou zónou, ale velké části pokrývají Hradecké lesy, nacházíme i rybníky a vodní plochy. Lze tedy konstatovat, že jde o město vhodné k posouzení diferencí městského klimatu. Účelová měření teploty a vlhkosti vzduchu probíhají nepravidelně na území Hradce Králové v podstatě od roku 2012. Pro naše hodnocení bylo zvoleno období 1. 4. 2017 až 30. 9. 2017 na třech rozdílných stanovištích. Lesní porost na okraji měst představuje stanoviště „Les“. Průmyslová část města je reprezentována stanovištěm „Tiskárna“ a hustě zastavěná část města stanovištěm „Adalbertinum“. Ovšem jde o měření v uzavřené části bloků domů, kde významnou roli sehrává zastínění.

Data teploty a vlhkostí vzduchu byly zaznamenávány automatickými registrátory HOBO Pro v desetiminutových intervalech. Z těchto naměřených hodnot byly po kontrole dat vypočteny nejdříve základní údaje teploty a vlhkostí vzduchu pro jednotlivé hodiny a dny. Následně byly pro jednotlivé měsíce vypočteny statistické charakteristiky pomocí programu Statistica 12 Cz. U dat byla následně provedena analýza Anova s využitím Tukeyova HSD testu a stanovení homogenních skupin. Jednotlivé homogenní skupiny ($\alpha=0,05$) jsou označeny odlišnými písmeny abecedy uvedené v horním indexu ve výsledkové tabulce. Pro možné srovnání s hodnotami denních průměrů na klimatologických stanicích ČHMÚ byly denní průměry

vypočteny jako prostý aritmetický průměr z desetiminutových měření, ale také jako vážený průměr z klimatologických termínů (7:00, 14:00 a 21:00 SSMČ).

Výsledky a diskuze

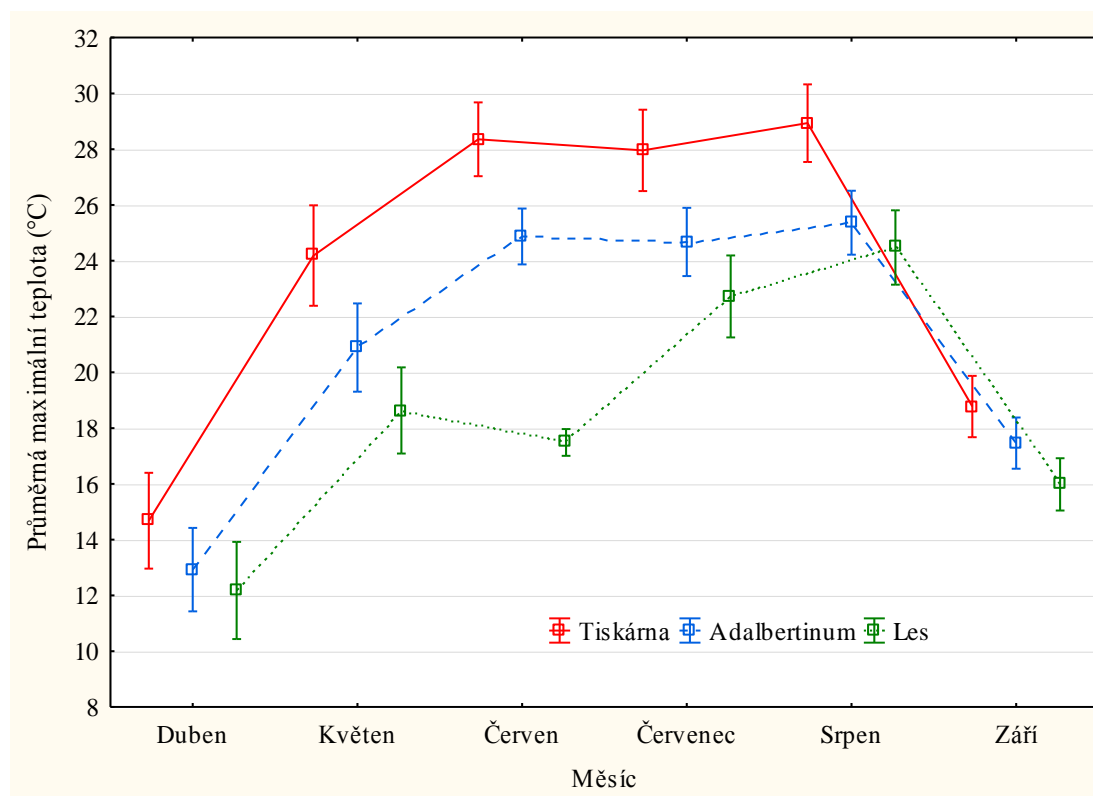
Statistické charakteristiky teploty vzduchu jsou uvedeny v Tab. 1. Na stanovišti „Les“ ve srovnání s ostatními stanovišti bylo dosaženo statisticky průkazně nejnižších hodnot teploty vzduchu v průběhu sledovaného období, jakož i v jednotlivých měsících. Naopak na stanovišti „Tiskárna“ bylo zaznamenáno statisticky průkazně nejvyšších hodnot teploty vzduchu ve srovnání s ostatními stanovišti, jak za celé sledované období, tak i v jednotlivých měsících. Pokud jde o měsíční průměry, nejvyšší hodnoty teploty vzduchu byly zaznamenány na všech stanovištích v měsíci srpnu (Obr. 1), kdy byly zaznamenány i nejvyšší průměrné a absolutní maximální teploty na jednotlivých stanovištích (Obr. 2)



Obr. 1: Aritmetický průměr teploty vzduchu na třech stanovištích v průběhu sledovaného období

Z hlediska hodnocení statisticky průkazného rozdílu vážených průměrů byly v měsících květen až září 2017 zaznamenány průkazně nižších hodnoty na stanovišti „Les“ ve srovnání s ostatními sledovanými stanovišti. Naopak přes dílčí rozdíly v průměrech, v dubnu průkazný rozdíl zaznamenán nebyl. Přičemž stanoviště „Tiskárna“ a „Adalbertinum“ se od sebe v průběhu celého sledovaného období v tomto parametru průkazně nelišili, přičemž na

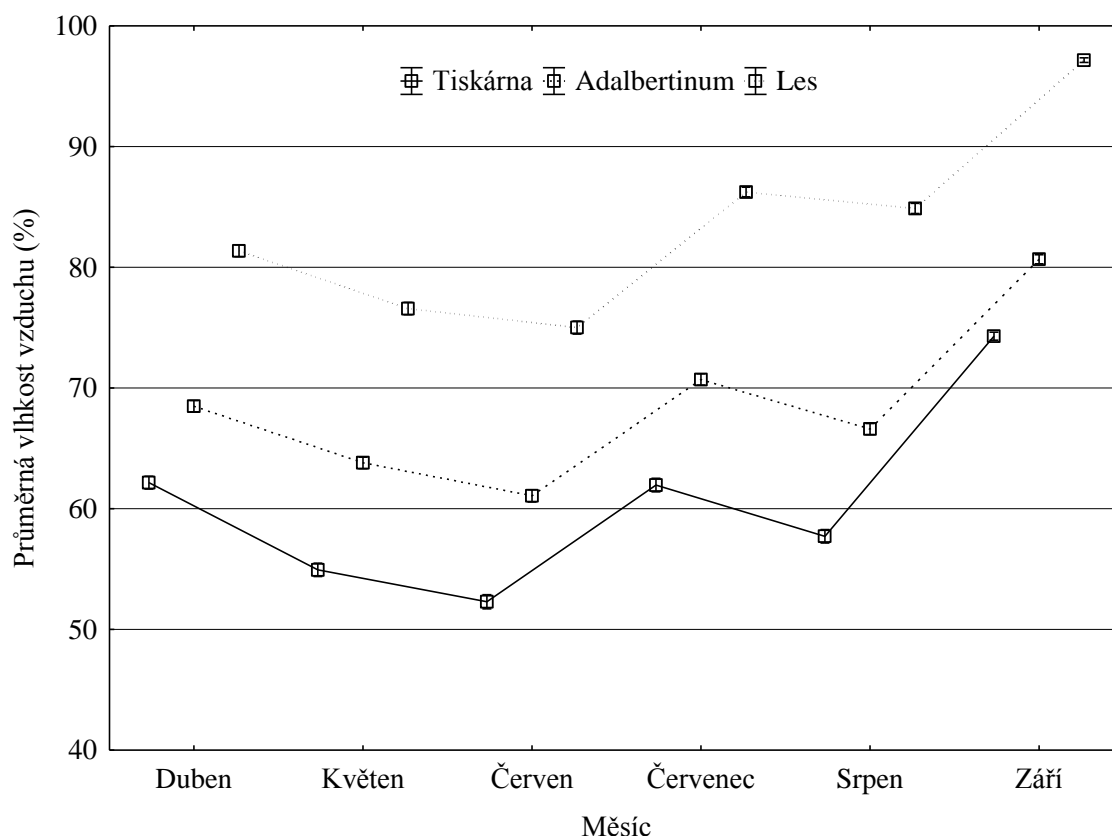
stanovišti „Tiskárna“ bylo dosaženo nejvyšších průměrných hodnot vážených průměrů teploty vzduchu (Tab. 1).



Obr. 2: Průměrné maximální teploty zaznamenané na třech stanovištích ve sledovaném období roku 2017

V Tab. 1 jsou uvedeny také celkové počty letních, tropických dnů, sumy délky trvání tropických teplot v průběhu dne a počet tropických nocí v daném měsíci na všech sledovaných stanovištích. Z uvedených hodnot lze konstatovat, že na stanovišti „Tiskárna“ byl zaznamenáno průkazně nejvyššího počtu letních a tropických dnů ve srovnání s ostatními dvěma stanovišti. Rovněž suma délky trvání tropických teplot v průběhu dne byla zaznamenána jako nejvyšší na stanovišti „Tiskárna“.

Průměrné, absolutní minimální a maximální vlhkosti vzduchu jsou uvedeny v Tab. 2. Na stanovišti „Les“ byly zaznamenány průkazně nejvyšší průměrné hodnoty vlhkosti vzduchu v průběhu celého sledovaného období ve srovnání s ostatními stanovišti. Naopak průkazně nejnižší průměrné hodnoty vlhkosti vzduchu byly zaznamenány na stanovišti „Tiskárna“ (Obr. 3), což koresponduje s tím, že zde byly nejvyšší teploty vzduchu



Obr. 3: Průběh průměrných vlhkostí vzduchu na třech stanovištích v průběhu sledovaného období

Závěr

Z hodnocení teploty a vlhkosti vzduchu byly získány výsledky, které odpovídají poznatkům jiných autorů, tedy, že zastavěné části měst mají obecně vyšší teploty z různých pohledů hodnocení. Naopak plochy zeleně, hlavně souvislé porosty, jsou chladnější, ale s vyššími hodnotami relativní vlhkosti vzduchu. Na katastru města Hradce Králové jsou logicky nejchladnější a současně s vyšší vlhkostí lesní porosty, a můžeme uvést, že to obecně platí i pro poměry v parcích.

Další poznatek, kterým jsou hodnoty teploty a vlhkosti vzduchu stanoviště „Adalbertinum“, dokládá, že tepelný ostrov města, většinou autory uváděný v největším rozsahu pro centrální husté zástavby, není kompaktní. V částech, kde jsou uzavřené plochy mezi vysokými budovami, stín těchto budov sehrává určitou „ochlazující“ funkci.

V době, kdy se tolik diskutuje o dopadech rostoucích koncentrací skleníkových plynů a následné změně klimatu, je potřebné věnovat zvýšenou pozornost klimatu měst. Jak dokládají i naše poznatky, ve městech dochází ovlivněním radiační bilance k nárůstu teplot a snižování vlhkosti vzduchu.

Je nutné připomenout, že z části lze tyto projevy městského klimatu snižovat rozšiřováním ploch zeleně.

Poděkování

Tento článek byl podpořen projektem Interní grantové agentury Zahradnické fakulty Mendelovy univerzity v Brně č. IGA-ZF/2018-AP009.

Použitá literatura

Beranová, R., Huth, R. (2003): Pražský tepelný ostrov za různých synoptických podmínek. Meteorologické zprávy, č. 5, s. 137 - 142

Hinkel, K. M. et al. (2003): The urban heat island in winter at Barrow, Alaska. Int. Journal of Climatology, 23, s. 1889-1905

Kopec, R. J. (1970): Further observations of the urban heat island in a small city. Bulletin American meteorological Society, Vol. 51, No. 7, s. 602-606

Litschmann, T., Rožnovský, J., 2009. The incidence of heat index levels in urban areas of Brno. In: Sustainable development and bioclimate: Reviewed Conference Proceedings, Eds. Pribullová and Bičarová. Geophysical Institute of the Slovak Academy of Science and Slovak Bioclimatological Society of the Slovak Academy of Science, Stará Lesná, pp. 205–206. ISBN 978-80900450-1-9.

Meteorologický slovník výkladový a terminologický (eMS), ČMeS, dostupný na: <http://slovník.cmes.cz>

Petrovič, Š., 1979. Klíma a bioklíma Bratislavy. VEDA, Bratislava, 272 s.

Quitt., E. (1972): Měřící jízdy jako jedna z cest k racionalizaci mezoklimatického výzkumu. Meteorologické zprávy, č. 6, s. 172-176

Voogt, J.A. (2002): Urban heat island. In.: Encyclopedia of global environmental change, s. 660-666, ISBN 0-471-97796-9

Tab. 1:

Stanoviště	Měsíc	Průměrná teplota vzduchu (°C)	Průměrná teplota vzduchu (°C) (Vážený průměr)	Absolutní minimální teplota vzduchu (°C)	Průměrná minimální teplota vzduchu (°C)	Absolutní maximální teplota vzduchu (°C)	Průměrná maximální teplota vzduchu (°C)	Celkový počet letních dní v měsíci (den)	Celkový počet tropických dní v měsíci (den)	Σ délky trvání tropických teplot (hod.)	Celkový počet tropický ch nocí v měsíci (den)
Les	duben	7,8 ± 4,5 ^a	7,8 ± 3,4 ^a	-4,3	3,7	22	12,2	-	-	-	-
	květen	13,7 ± 4,9 ^e	13,8 ± 3,2 ^c	-1,8	8,7	27,3	18,6	2	-	-	-
	červen	17,4 ± 1,3 ^h	17,4 ± 1,3 ^e	15,2	17,3	19,6	17,5	-	-	-	-
	červenec	18,8 ± 4,0 ⁱ	18,9 ± 2,8 ^{efg}	6,8	15,1	30,4	22,7	8	2	2,7	5
	srpen	18,8 ± 5,1 ^j	18,1 ± 3,2 ^{efg}	4,8	13,1	32,8	24,5	12	2	9,7	1
	září	12,1 ± 3,1 ^d	12,0 ± 1,6 ^{bc}	4,5	8,3	21,3	16,0	-	-	-	-
Tiskárna	duben	9,9 ± 4,7 ^c	9,9 ± 3,6 ^{ab}	-1,1	5,7	24,4	14,7	-	-	-	-
	květen	17,8 ± 6,0 ⁱ	18,0 ± 4,3 ^{ef}	2,2	11,4	35,5	24,2	15	3	15,7	-
	červen	21,9 ± 5,3 ^m	22,3 ± 2,8 ^h	10,6	14,8	35,4	28,4	27	11	51,2	-
	červenec	21,6 ± 5,1 ^m	21,8 ± 3,3 ^h	10,5	16,0	34,9	28,0	24	12	49,3	1
	srpen	22,4 ± 5,4 ⁿ	21,8 ± 3,4 ^h	9,1	16,5	37,8	28,9	25	11	66,2	5
	září	14,3 ± 3,4 ^f	14,4 ± 1,8 ^{cd}	7	10,5	24,6	18,8	-	-	-	-
Adalbertinum	duben	9,5 ± 3,9 ^b	9,7 ± 3,3 ^{ab}	-0,2	6,3	21,2	12,9	-	-	-	-
	květen	16,3 ± 4,9 ^g	16,7 ± 3,7 ^{de}	2,5	11,6	30,3	20,9	4	1	1,3	-
	červen	20,2 ± 4,0 ^k	20,6 ± 2,1 ^{gh}	11,1	15,0	29,4	24,9	15	-	-	-
	červenec	20,2 ± 3,9 ^k	20,5 ± 2,7 ^{fgh}	10,7	16,1	30,4	24,7	14	1	2	-
	srpen	21,0 ± 4,2 ^l	20,6 ± 3,0 ^{gh}	9,3	16,6	33,4	25,4	15	2	13	5
	září	14,1 ± 2,7 ^f	14,2 ± 1,6 ^{cd}	7,8	11,1	22,1	17,5	-	-	-	-

Hodnoty ve sloupci 7 a 8 značí aritmetický průměr zaznamenaných nebo vypočtených hodnot ± směrodatná odchylka; * odlišné písmena ve sloupcích jednotlivých značí průkazný rozdíl mezi jednotlivými stanovišti a měsíci na hladině $\alpha=0,05$

Tab. 2:

Stanoviště	Měsíc	Průměrná vlhkost vzduchu (%)	Absolutní minimální vlhkost vzduchu (%)	Průměrná minimální vlhkost vzduchu (%)	Absolutní maximální vlhkost vzduchu (%)	Průměrná maximální vlhkost vzduchu (%)
Les	duben	81,4 ± 16,3 ^k	39,7	60,1	100	96,3
	květen	76,6 ± 17,3 ^j	36,2	52,5	100	94,9
	červen	75,0 ± 17,8 ⁱ	35	51,5	100	94,5
	červenec	86,2 ± 13,6 ^m	42,4	63,9	100	98,1
	srpen	84,9 ± 14,3 ^l	45,5	63,4	100	98,5
	září	97,2 ± 6,5 ⁿ	59,1	88,6	100	100,0
Tiskárna	duben	62,2 ± 17,9 ^d	23,2	62,6	93,6	81,8
	květen	54,9 ± 18,8 ^b	17,9	54,8	97,3	79,6
	červen	52,3 ± 19,6 ^a	15	52,1	93,6	80,2
	červenec	62,0 ± 19,4 ^d	24	61,8	96,5	86,4
	srpen	57,7 ± 19,1 ^c	22,3	57,6	95,3	82,1
	září	74,3 ± 11,1 ⁱ	39,5	74,2	91,8	86,2
Adalbertinum	duben	68,5 ± 15,5 ^g	34,6	50,6	95,8	84,5
	květen	63,8 ± 16,2 ^e	29,3	44,4	98,6	83,2
	červen	61,1 ± 17,1 ^d	22,5	41,0	95,7	83,6
	červenec	70,7 ± 15,9 ^h	36,2	48,2	97,4	89,5
	srpen	66,6 ± 15,7 ^f	33,8	47,1	99,1	85,4
	září	80,7 ± 12,7 ^k	43,4	63,9	99	92,3

Hodnoty ve sloupci 7 a 8 značí aritmetický průměr zaznamenaných nebo vypočtených hodnot ± směrodatná odchylka; * odlišné písmena ve sloupcích jednotlivých značí průkazný rozdíl mezi jednotlivými stanovišti a měsíci na hladině $\alpha=0,05$

Kontaktní osoba:

RNDr. Ing. Jaroslav Rožnovský, CSc.

Ústav šlechtění a množení zahradnických rostlin

Zahradnická fakulta Mendelovy univerzity v Brně

Valtická 337, 691 44 Lednice

email: roznov@mendelu.cz

