

Vliv sněhové pokrývky na promrzání půdy

Effect of Snow Cover on Soil Frost Penetration

Rožnovský Jaroslav^{1,2}, Brzezina Jáchym¹

*Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno, Kroftova 43, Brno 616 67¹,
Mendelova univerzita v Brně, Ústav šlechtění a množení zahradnických rostlin, Valtická 337,
691 44 Lednice²*

Abstrakt

Výskyt sněhové pokrývky ovlivňuje průběh přezimování organismů také tím, že má významný vliv na promrzání půdy. Z analýzy závislosti promrzání půdy na výšce sněhové pokrývky v období listopad až březen z 12 automatizovaných klimatologických stanic Českého hydrometeorologického ústavu na Jižní Moravě s minimální délkou pozorování 5 let vyplývají následující poznatky. Teploty půdy v 5 cm kolísají výrazně méně při výskytu sněhové pokrývky. Avšak vliv sněhové pokrývky na teplotu vzduchu ve 2 m je velmi malý. V případech jasného počasí se holá půda může naopak velmi prohřát a rozdíly teplot během dne mohou být i vyšší než ve 2 m. Významnou roli sehrává výška sněhové pokrývky, kdy pokud klesá, rozdíly v denní amplitudě teplot půdy se zvyšují. Ovšem i při 1 cm sněhu je amplituda teploty výrazně nižší v období bez sněhu. Z výsledků je patrné, že izolační schopnost sněhu sehrává významnou roli v promrzání půdy a má velmi výrazný vliv na teploty půdy a jejich kolísání.

Klíčová slova: sníh, promrzání půdy, teplota půdy

Abstract

Snow cover occurrence affects wintering and lives of organisms also because it has a significant effect on soil frost penetration. An analysis of the dependence of soil frost penetration and snow depth between November and March was performed using data from 12 automated climatological stations located in Southern Moravia, with a minimum period of measurement of 5 years, which belong to the Czech Hydrometeorological institute. The soil temperatures at 5cm depth fluctuate much less in the presence of snow cover. In contrast, the effect of snow cover on the air temperature at 2m height is only very small. During clear sky conditions and no snow cover, soil can warm up substantially and the soil temperature range can be even higher than the range of air temperature at 2m height. The actual height of snow is also important – increased snow depth means lower soil temperature range. However, even

just 1cm snow depth substantially lowers the soil temperature range and it can therefore be clearly seen that snow acts as an insulator and has a major effect on soil frost penetration and soil temperature range.

Keywords: snow cover, soil frost penetration, soil temperature

Úvod

Na podmínky přezimování rostlin a živočichů má velký vliv výskyt sněhové pokrývky, která svými fyzikálními vlastnostmi významně ovlivňuje radiační bilanci krajiny. Jde hlavně o její vysoké albedo a současně nízkou tepelnou vodivost (Zhang, 2007). Dlouhodobé analýzy výskytu sněhové pokrývky uvádějí, že výskyt sněhové pokrývky se celkově snižuje, zkracuje se doba setrvávání sněhu v krajině, ale také výška sněhové pokrývky (Zahradníček et al., 2016).

Výskyt sněhové pokrývky ovlivňuje teplotní poměry půd, zvláště pak jejich promrzání. Tento stav půdy nastává při ztuhnutí půdního roztoku při poklesu teploty pod jeho bod mrznutí. Hloubka promrzání půdy je kromě výšky sněhové pokrývky závislá především na poklesu teplot vzduchu, tedy intenzitě mrazů, ale také na porostu půdy a jejím zpracování, jak je uvedeno v Meteorologickém slovníku (1993).

Intenzita mrazů a délka jejich výskytu, zvláště v době bez sněhové pokrývky, mají vliv na přezimování zemědělských plodin (Vašák et al., 2000; Středa a Rožnovský, 2007; Prášil, 2002). Sníh snižuje kolísání teploty půdy a působí jako izolátor. Při výskytu sněhové pokrývky je amplituda teplot půdy výrazně nižší, než amplituda teploty vzduchu. V absenci sněhové pokrývky je při výskytu silných mrazů nebezpečí výrazného prochladnutí půdy, což může mít negativní dopady na rostliny (Inouye, 2000).

Například Pilon a jeho tým v roce 1994 při pokusu odstranili v okolí javorů ve vysokých nadmořských výškách napadený sníh, čímž došlo ke snížení teploty půdy až o 10 °C a to mělo okamžitý vliv na řadu jejich fyziologických procesů a následně vedlo k prokazatelně vyššímu odumírání listů a dřívějšímu opadu (Pilon, 1994).

Z pohledu probíhající klimatické změny je podle nejnovějších klimatických modelů předpovídán nárůst průměrné teploty vzduchu (IPCC, 2013). Výše nárůstu závisí na tom, jak se budou v budoucnu vyvíjet emise skleníkových plynů. Existuje několik emisních scénářů. Podle scénáře RCP 4.5 (stabilizace emisí), dojde do konce 21. století v České republice k oteplení o v průměru 2.4 °C. U emisního scénáře RCP 8.5 je předpovídán nárůst dokonce až 4.9 °C (Štěpánek a kol., 2016). Vyšší teplota vzduchu paradoxně vede k nižším teplotám půdy, protože je menší pravděpodobnost sněžení, akumulace sněhu a případná sněhová

pokrývka rychleji odtává. Absence sněhu pak znamená, že není půda nijak izolována a holomrazy můžou mít velmi neblahé dopady na vegetaci.

V tomto článku byl analyzován vliv sněhové pokrývky na teploty půdy v 5 cm. Byl analyzován vliv v závislosti na hloubce sněhu a rovněž amplitudy teplot vzduchu ve 2 m a teploty půdy v 5 cm v době přítomnosti a absenci sněhové pokrývky.

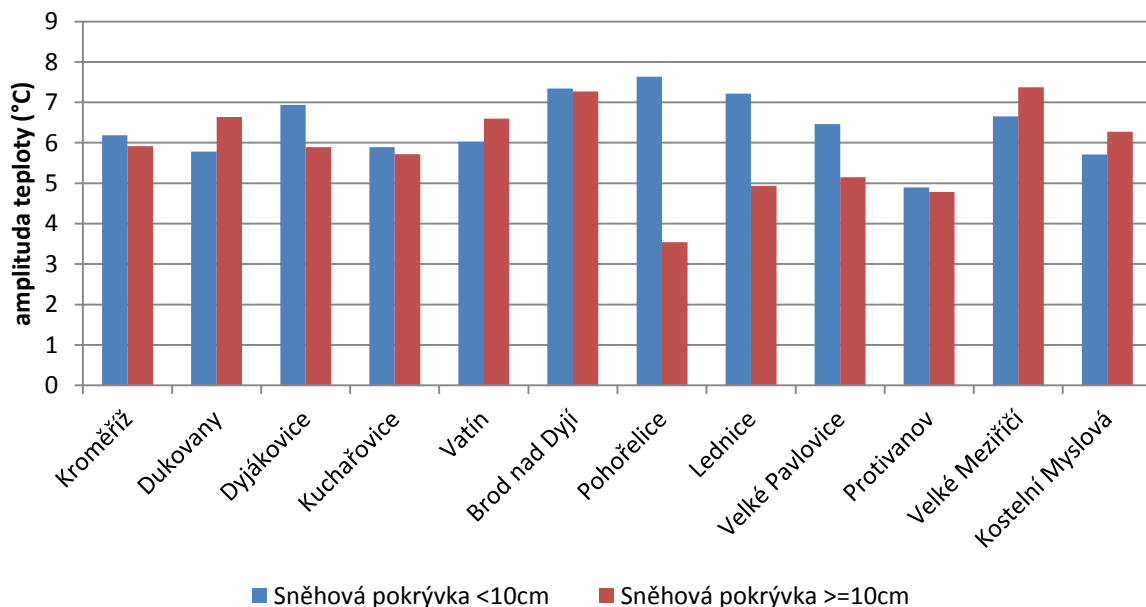
Data a metody

Jako vstupní data byla použita data z 12 automatizovaných klimatologických stanic Českého hydrometeorologického ústavu na Jižní Moravě s minimální délkou pozorování 5 let. Pro data o sněhové pokrývce byla použita denní data měřená vždy v 7h. Pro analýzu teploty půdy byla použita data z hloubky 5 cm v 10 minutovém intervalu. Pro teplotu vzduchu ve 2 m byla rovněž použita data z 10minutových měření. Před samotnou analýzou byla ověřena kvalita dat (Štěpánek et al., 2016).

S ohledem na obtížnost měření promrznání půdy nejsou v současné době k dispozici údaje o promrznání, protože se na klimatologických stanicích neměří. Proto za promrznání považujeme stav, kdy jsou teploty půdy nižší než 0 °C. Jsme si vědomi, že toto stanovení není zcela fyzikálně přesné. V analýze bylo zahrnuto období od listopadu do března, protože mimo tyto měsíce se sněhová pokrývka na většině území České republiky, s výjimkou horských oblastí, vyskytuje jen velmi zřídka. Byly sledovány charakteristiky, jako je průměrná, maximální a minimální denní teplota vzduchu ve 2 m, průměrná, maximální a minimální teplota půdy, denní amplituda teploty a srovnán rozdíl těchto hodnot v případech bez sněhové pokrývky nebo se sněhovou pokrývkou do 10 cm, a situace s výškou sněhu nad nebo rovnou 10 cm.

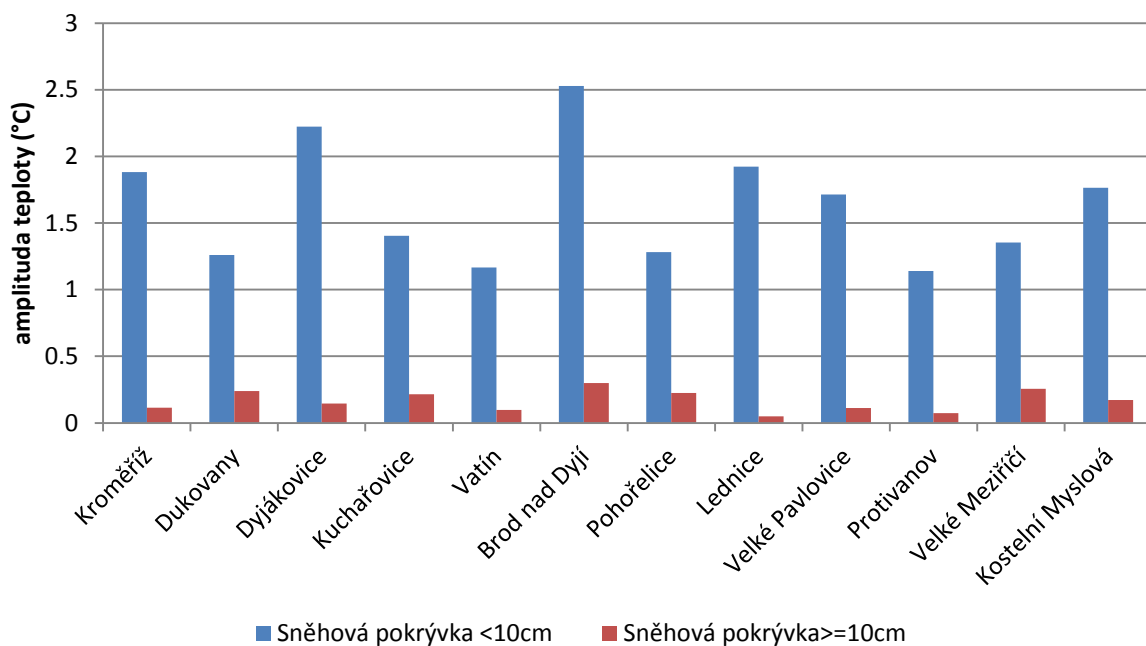
Výsledky

Nejdříve byly srovnány průměrné denní amplitudy teplot vzduchu ve 2 m (rozdíl mezi maximální a minimální denní teplotou) pro dny se sněhovou pokrývkou vyšší než nebo rovnou 10 cm a sněhovou pokrývkou nižší než 10 cm či bez sněhové pokrývky. Z obrázku 1 je patrné, že rozdíly nejsou výrazné a navíc na některých stanicích jsou amplitudy při sněhové pokrývce ≥ 10 cm vyšší, zatímco na jiných nižší.



Obrázek 1 - Průměrná denní amplituda teploty vzduchu ve 2 m

Následně byl zkonstruován shodný graf, avšak namísto teploty vzduchu ve 2 m byla použita teplota půdy v hloubce 5 cm. Na obrázku 2 je jasně patrný velmi výrazný rozdíl, kdy na všech stanicích je průměrný denní rozsah teplot v době sněhové pokrývky ≥ 10 cm několikanásobně nižší, než ve dnech bez nebo s nižší sněhovou pokrývkou.



Obrázek 2 - Průměrná denní amplituda teplot půdy v hloubce 5 cm

V tabulce 1 jsou shrnuty průměrné rozdíly a minimální a maximální hodnoty z dat ze všech sledovaných stanic.

Tabulka 1 - Souhrnné výsledky amplitud, maxim a minim teploty vzduchu ve 2 m a teploty půdy v 5 cm

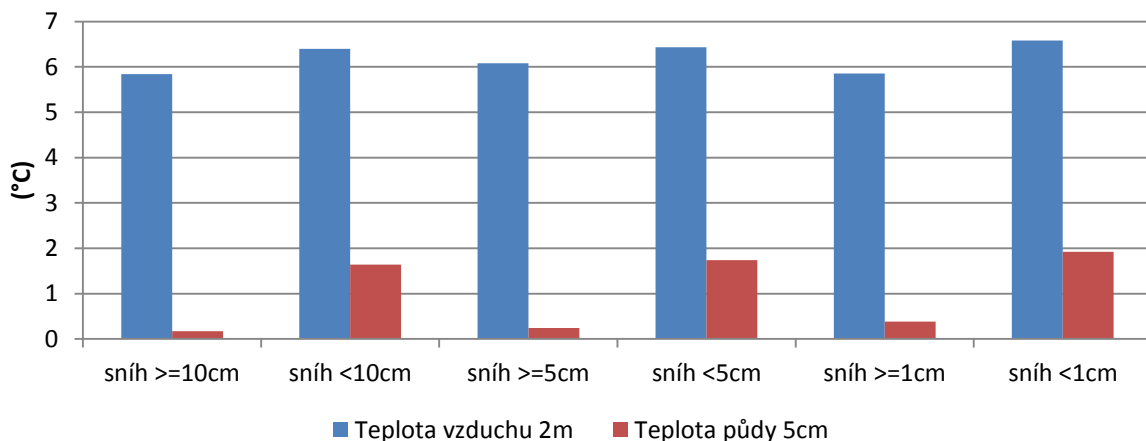
	Teplota vzduchu ve 2 m		Teplota půdy 5 cm	
	Sníh <10 cm	Sníh >=10 cm	Sníh <10 cm	Sníh >=10 cm
Průměrná denní amplituda	6,40 °C	5,84 °C	1,64 °C	0,17 °C
Maximální průměrná denní amplituda	7,64 °C Brod nad Dyjí	6,64 °C Dukovany	2,53 °C Brod nad Dyjí	0,26 °C Velké Meziříčí
Minimální průměrná denní amplituda	4,90 °C Protivanov	3,54 °C Pohořelice	1,14 °C Protivanov	0,05 °C Lednice
Absolutní maximální denní amplituda	24.6 °C Brod nad Dyjí	23.9 °C Vatín	26.7 °C Kuchařovice	9.1 °C Kostelní Myslová
Průměr	2,00 °C	-2,91 °C	3,07 °C	0,24 °C
Průměrné denní maximum	5,22 °C	-0,07 °C	3,96 °C	0,33 °C
Průměrné denní minimum	-1,17 °C	-5,91 °C	2,32 °C	0,16 °C

Pro ověření jak důležitá je vlastní hloubka sněhu, byla podobná analýza provedena ještě s hraniční hloubkou sněhu 5 cm a 1 cm, výsledky udává tabulka 2 a obrázek 3.

Tabulka 2 - Průměrné denní amplitudy teploty vzduchu ve 2 m a teploty půdy v 5 cm při různé výšce sněhové pokrývky

	Teplota vzduchu ve 2 m	Teplota půdy v 5 cm
Sněhová pokrývka >=10 cm	5,84 °C	0,17 °C
Sněhová pokrývka <10 cm	6,40 °C	1,64 °C
Sněhová pokrývka >=5 cm	6,08 °C	0,24 °C
Sněhová pokrývka <5 cm	6,43 °C	1,74 °C
Sněhová pokrývka >=1 cm	5,85 °C	0,38 °C
Sněhová pokrývka <1 cm	6,58 °C	1,92 °C

Dané poznatky také dobře ilustruje obrázek 4. Na obrázku je jako příklad použita stanice Kroměříž a období od listopadu 2005 do konce března 2006. Tuto zimu byla relativně bohatá na sněhovou pokrývku.



Obrázek 3 - Průměrné denní amplitudy teploty vzduchu ve 2 m a teploty půdy v 5 cm při různé výšce sněhové pokrývky

Na grafu je šedě znázorněna výška sněhové pokrývky a dále červeně denní amplituda teploty vzduchu ve 2 m a modře denní amplituda teploty půdy v 5 cm. Z grafu je dobře vidět, že v době absence sněhové pokrývky je jak červená, tak modrá čára většinou nenulová, zatímco v případě sněhové pokrývky, červená čára ukazující amplitudu teploty vzduchu ve 2 m dále zaznamenává hodnoty podobné těm v době absence sněhu, avšak teploty půdy jsou povětšinou nulové, tzn. teplota půdy klesá během dne zcela minimálně.



Obrázek 4 - Denní amplituda teploty vzduchu ve 2 m (červeně) a teploty půdy v 5 cm (modře) ve srovnání s výškou sněhu (šedě), pro stanici Kroměříž v období od listopadu 2005 do března 2006.

Diskuze

Z výsledků je jasně patrné, že při sněhové pokrývce kolísají teploty půdy v 5cm hloubce výrazně méně, než v její absenci, u teplot vzduchu ve 2 m jsou rozdíly jen velmi malé. V absenci sněhové pokrývky se však půda naopak může velmi prohřát a rozdíly teplot během dne mohou být i vyšší než ve 2 m. To je vidět i na hodnotě absolutní maximální denní amplitudy v době bez, nebo s nízkou sněhovou pokrývkou, která ve 2 m činila 24,6 °C, zatímco u teploty půdy v 5 cm to bylo 26,7 °C. Je navíc třeba dodat, že tyto rozdíly jsou patrné zejména v teplém období, tato analýza sledovala pouze období od listopadu do konce března.

Rozdíly v kolísání teplot jsou patrné i při pohledu na průměrná denní maxima a minima. U teplot vzduchu ve 2 m jsou průměrná denní maxima při sněhové pokrývce vyšší nebo rovné 10 cm v průměru o více než 5 °C nižší, u denních minim je rozdíl ještě větší. V případě teplot půdy v 5 cm jsou však rozdíly mezi průměrným denním maximem a minimem při sněhové pokrývce rovné nebo vyšší 10 cm velmi malé a podstatně nižší než při nižší výšce sněhu nebo případech bez sněhové pokrývky.

V další části analýzy byla sledována významnost samotné výšky sněhu. Výsledky z tabulky 2 a obrázku 3 ukazují na dva fakty. Prvním je, že s klesající výškou sněhové pokrývky se rozdíly v denní amplitudě teplot půdy zvyšují, což odpovídá hypotéze a je dáno skutečností, že při nižší výšce sněhu, nemá tato vrstva takovou izolační schopnost. Pro jednotlivé hraniční výšky 10 cm, 5 cm a 1 cm, jsou průměrné denní amplitudy teplot půdy 0,17, 0,24, respektive 0,38 °C. I v případě výšky sněhu 1 cm je však hodnota výrazně nižší, než pro případy s výškou sněhu nižší 1 cm nebo bez sněhu (1,92 °C). Z toho tedy plyne druhý fakt, a to, že i při velmi slabé vrstvě sněhu, má již izolační schopnost velmi výrazný vliv na teploty půdy a jejich kolísání. U teplot vzduchu ve 2 m jsou rozdíly zanedbatelné.

Závěr

Teplota půdy má vliv na fyziologické procesy přezimujících rostlin. Velmi nízké teploty rostlinným buňkám nesvědčí, což dokazují škody na porostech způsobené holomrazy. Analýza vlivu sněhové pokrývky na promrzání půdy na 12 stanicích Jižní Moravy v souladu s podklady z literatury potvrdila vliv sněhové pokrývky na teplotní podmínky půd za období listopad až březen. Sněhová pokrývka díky svým fyzikálním vlastnostem, hlavně však izolační schopností významně snižuje kolísání a poklesy teploty půdy. Při vyšší sněhové pokrývce je kolísání i pokles teploty půdy nižší. Dokonce i výška sněhu 1 cm snižuje výkyvy teploty půdy oproti půdě sněhem nepokryté.

Na rozdíl od vlivu na teploty půdy, vliv sněhové pokrývky na denní kolísání teploty vzduchu ve 2 m významný vliv nemá.

Při současném trendu globálního oteplování a v souladu s nejnovějšími klimatologickými modely, lze předpokládat, že se bude obecně oteplovat a ubývat dnů se sněhovou pokrývkou, to však nemusí nutně znamenat, že se nebudou vyskytovat ani velmi nízké teploty. Je proto možné, že budou právě výrazné výkyvy teplot a absence sněhu v budoucnu znamenat významnější problémy v zemědělství a způsobovat větší škody na přezimujících porostech.

Literatura

INOUYE, D.W. (2000), The ecological and evolutionary significance of frost in the context of climate change. *Ecology Letters*, 3: 457–463. doi:10.1046/j.1461-0248.2000.00165.x

IPCC, 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp, doi:10.1017/CBO9781107415324.

METEOROLOGICKÝ SLOVNÍK výkladový terminologický s cizojazyčnými názvy hesel. 1. vyd. Praha: Academia, 1993. 594 s. ISBN 80-85368-45-5.

PILON, C.E., CÔTÉ, B. & Fyles, J.W. *Plant Soil* (1994) 162: 81. doi:10.1007/BF01416092

POKLADNÍKOVÁ, H., ROŽNOVSKÝ, J. The soil temperature at Pohořelice station during the years 1961 – 2000. *Contributions to Geophysics Geophysics and Geodesy*, 2006, roč. 36, č. 3, s. 329-341. ISSN 1335-2806.

PRÁŠIL, I. Mrazuvzdornost a přezimování řepky. *Úroda*, 2002, vol. 50, no. 1, s. 34-35. ISSN 0139-6013.

STŘEDA, T. a J. ROŽNOVSKÝ. Vliv průběhu počasí na přezimování a výnos řepky ozimé. In: BLÁHA, L. ed. *Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin. Sborník příspěvků z konference 21 –22. 03. 2007 Praha-Ruzyně*. Praha: VÚRV, ČZU v Praze, 2007, s. 127–132. ISBN 978-80-87011-00-3.

ŠTĚPÁNEK, P., ZAHRADNÍČEK, P., FARDA, A., SKALÁK, P., TRNKA, M., MEITNER, J, RAJDL, K. (2016): Projection of drought-inducing climate conditions in the Czech Republic according to Euro-CORDEX models. *Clim Res*, CR 70:179-193

VAŠÁK, J. et al. *Řepka*. Praha, Agrospoj, 2000. 321 s.

ZAHRADNÍČEK, P., J. ROŽNOVSKÝ, P. ŠTĚPÁNEK a A. FARDA. Změna sněhových charakteristik na území České republiky. In: 23. *Posterový deň s medzinárodnou účasťou a Deň otvorených dverí na ÚH SAV. Transport vody, chemikálií a energie v systéme pôda-rastlina-atmosféra. 10. november 2016* [CD-ROM]. Bratislava: Ústav hydrológye SAV, 2016, s. 274-284. ISBN 978-80-89139-38-5.

ZHANG, Y., WANG, S., BARR, A.G., BLACK, T.A., Impact of snow cover on soil temperature and its simulation in a boreal aspen forest, *Cold Regions Science and Technology*, Volume 52, Issue 3, May 2008, Pages 355-370, ISSN 0165-232X

Poděkování:

Tento článek vznikl při řešení projektu Národní agentury zemědělského výzkumu „Vývoj automatizovaného nástroje pro optimalizaci monitoringu eroze zemědělské půdy pomocí distančních metod“, registrační číslo QK1720289.

Kontakt:

RNDr. Ing. Jaroslav Rožnovský, CSc.

Český hydrometeorologický ústav

Kroftova 43, 616 67 Brno

Ústav šlechtění a množení zahradnických rostlin Mendelovy univerzity v Brně

Valtická 337, 691 44 Lednice

E-mail: roznovsky@chmi.cz; roznov@mendelu.cz

tel. 541421070, mobil: 724 185 617