

Nový přístup k vyhodnocení vlhkostně - teplotních podmínek při pěstování brambor

A new approach to evaluation of moisture and temperature conditions
in potato growing

Tomáš Litschmann¹, Petr Doležal², Ervín Hausvater²

AMET, Velké Bilovice¹, Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod²

Abstrakt

V práci je popsána konstrukce a aplikace hodnocení meteorologických podmínek pro růst brambor v jednotlivých letech založená na teplotě vzduchu a vlhkosti půdy. Obě veličiny jsou parametrizovány tak, aby jejich nulové hodnoty charakterizovaly vhodné podmínky pro pěstování, hodnoty -1 a 1 pak extrémní. Kombinací těchto parametrizovaných veličin lze každý den z vegetačního období zařadit do jedné z devíti kategorií, stejně tak lze jednotlivým kategoriím dnů přiřadit číselné hodnoty a po jejich sečtení za celou sezónu charakterizovat jedním číslem vliv teplotně – vlhkostních podmínek daného ročníku na růst brambor.

Klíčová slova: brambory, pěstování, teplota vzduchu, vlhkost půdy, hodnocení

Abstract

The study describes construction and application of evaluation of meteorological conditions for potato growth in individual years based on air temperature and soil moisture. Both quantities are parameterized so that their zero values characterize suitable conditions for growing, values -1 and 1 represent extreme conditions. Combining these parameterized quantities every day from the growing season could be included into one of nine categories; similarly, numeric values could be assigned to individual categories of days and after counting these values for the whole growing season an effect of temperature and moisture conditions of the given year on potato growth could be characterized by one number.

Keywords: potatoes, growing, air temperature, soil moisture, evaluation

Úvod

Požadavky brambor na prostředí se fylogeneticky vyvíjely v genetických centrech Jižní Ameriky mezi 13 – 15 ° j.š. a také okolo 45 ° j.š., v nadmořských výškách 3000 – 4000 m, při malých rozdílech mezi ročními obdobími, ale velkých rozdílech mezi dnem a nocí a za průměrné roční teploty do 9,3 °C. Vývoj probíhal na krátkém dni při rovnoměrně rozdělených srážkách během vegetačního období a jejich ročním úhrnu 560 – 1100 mm. I přes značnou přizpůsobivost, výnos i jakost brambor závisejí na vlhkostních a teplotních podmínkách vegetace a délce dne (Petr a kol. 1987). V průběhu vegetačního cyklu brambor se nároky na teplotu a vláhu mění, vysoká půdní vlhkost po vysazení společně s nízkými teplotami vede ke špatnému klíčení a častému vyhívání sadby, kromě toho brambory za takových podmínek vytvářejí mělký kořenový systém, který při případném nedostatku vláhy v dalším období nestačí zásobovat rostliny vodou a živinami. Na lehkých půdách sucho v květnu a v první polovině června není pro výnos polopozdních a pozdních brambor rozhodující, ale v další vegetaci brambory vyžadují optimální zásobení vodou a chladnější počasí a před sklizní sušší a teplejší počasí k vyzrání hlíz a zpevnění slupky.

S postupnou změnou klimatických podmínek v celoplanetárním měřítku dochází i u nás k nárůstu teplot na celém území, společně se změnou dalších prvků lze očekávat, že se budou měnit i podmínky pro pěstování brambor v jejich tradičních oblastech. Na obr. 1 jsou vyneseny průměrné teploty za vegetační období na vybraných místech ČR a SR, kde probíhaly pokusy v rámci výzkumného úkolu NAZV QJ1210305. Jejich srovnání s obdobím 1901 - 1930 (Machyček 1958), tedy přibližně před 100 lety, ukazuje, že v roce 2015 teplotní poměry vegetačního období typických bramborařských oblastí dosahovaly hodnot, jaké se vyskytovaly v minulosti v nejteplejších oblastech Moravy. Vysoké teploty vyvolávají vyšší evapotranspiraci porostu a při nedostatku vláhy v půdě následně dochází k prvním viditelným příznakům na listech – vadnutí natě (obr. 2).

Materiál a metody

Teplotní index

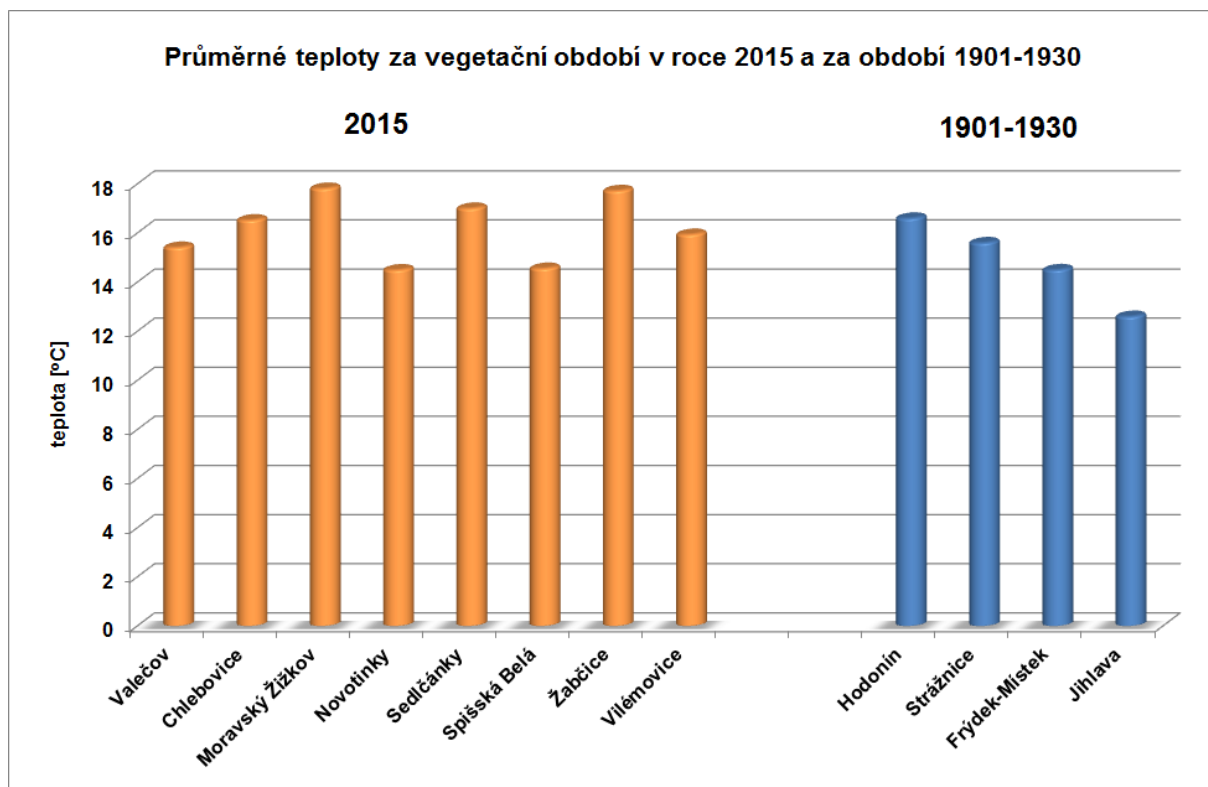
Přes mírně odlišné údaje o vlivu teplot na růst brambor podle jednotlivých autorů lze s mírným zjednodušením konstatovat, že brambory začínají vegetovat při teplotách vzduchu kolem cca 5 °C, optimální růst nastává při teplotách od 15 do 25 °C a s jejich dalším zvyšováním až k cca 33 °C se růst opět zpomaluje až zastavuje. Explicitněji tuto závislost vyjádřil Sands et al (1979) při tvorbě tzv. P-days, určité období sum efektivních teplot (v zahraniční literatuře označovány jako degree-days, DD), avšak odrážející lépe teplotní nároky brambor. V P-days je teplotní funkce relativní závislosti P(T) vyjádřena těmito rovnicemi:

$$P(T) = 0 \text{ když } T < 7 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$P(T) = 10[1 - (T - 7)/(21 - 7)]^2 \text{ když } 7^\circ\text{C} \leq T \leq 21 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$P(T) = 10[1 - (T - 21)/(30 - 21)]^2 \text{ když } 21^\circ\text{C} \leq T \leq 30 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$P(T) = 0 \text{ když } T > 30 \text{ } ^\circ\text{C}$$



Obr. 1 Průměrné teploty vzduchu za vegetační období v roce 2015 a za období 1901 - 1930



Obr. 2 Vadnutí natě na bramboru v důsledku nedostatku vláhy a vysokých teplot

Graficky je tato funkce znázorněna na obr. 3. Při teplotách pod 7 a nad 30 °C je hodnota relativního růstu nulová, v tomto intervalu teplot je funkce tvořena pomocí dvou větví paraboly, spojujících se v hodnotě teploty 21 °C. Vyplývá z toho, že jak při nižších, tak i při vyšších teplotách, než je optimálních 21 °C, se vývoj rostlin zpomaluje. Takto koncipovaná závislost však neumožňuje odlišit, zpomaluje-li se vývoj z důvodu nižších, anebo vyšších teplot.

Upravili jsme proto rovnice závislosti do tvaru:

$$P\text{-index}(T) = -1 \text{ když } T < 7 \text{ °C,}$$

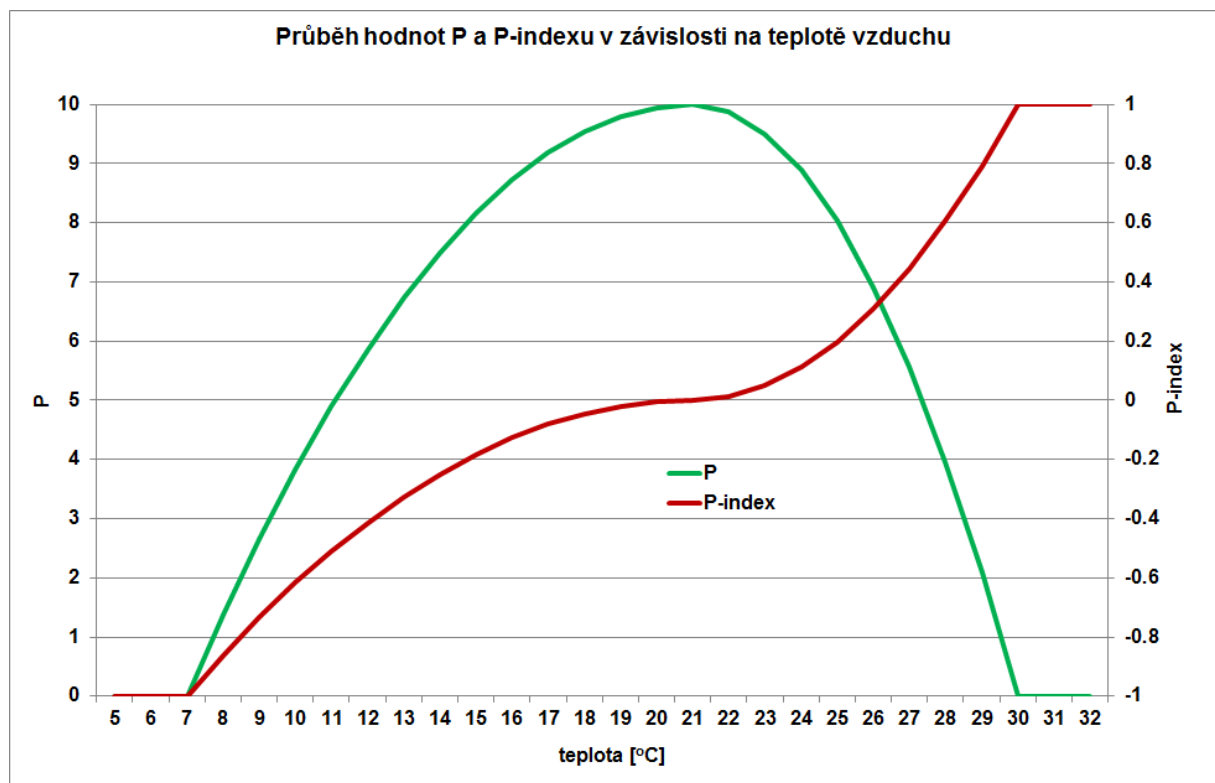
$$P\text{-index}(T) = -[(T - 21)^2 / (21 - 7)^2] \text{ když } 7\text{°C} \leq T \leq 21 \text{ °C}$$

$$P\text{-index}(T) = [(T - 21)^2 / (30 - 21)^2] \text{ když } 21\text{°C} \leq T \leq 30 \text{ °C}$$

$$P\text{-index}(T) = 1 \text{ když } T > 30 \text{ °C}$$

a označili ji jako P-index(T). Tato funkce je rovněž vynesena na obr. 3. Je zřejmé, že po této úpravě má velikost P-indexu při optimálních teplotách hodnoty blízké nule, při nižších teplotách se index pohybuje v záporných hodnotách až do -1, při vyšších teplotách nabývá kladných hodnot až do velikosti 1.

Hodnoty P-indexu jsou počítány pro jednotlivé hodinové teploty daného dne a následně zprůměrovány, takže pro každý den nabývá hodnotu z intervalu <-1;1>.



Obr. 3 Průběh hodnot P a P-indexu v závislosti na teplotě vzduchu

Vlhkostní index

Brambory mají relativně mělký kořenový systém, v závislosti na půdních a odrůdových podmínkách dosahující hloubky kolem 30 – 60 cm. Vyžadují proto pravidelný přísun vláhy nejlépe formou dešťových srážek k jejich dostatečnému zásobení vodou a plné transpiraci. Dostatečná zásoba půdní vláhy v teplých dnech umožňuje rostlinám provádět aktivní ochlazování listů transpirací a částečně tak mírnit jejich negativní dopad. Jak však ukazuje např. práce Klementová, Litschmann, Rožnovský (2002), v posledních desetiletích se zvyšují výskyty suchých období, způsobené déletrvalejšími obdobími bez srážek, která většinou bývají střídána vlhkými obdobími s jejich nadbytkem.

Ke konstrukci vlhkostního indexu, jež by měl vyjadřovat míru zásobení rostlin vláhou, jsme využili údaje o vlhkosti půdy, nejlépe přímo měřené v terénu, vztažené k základním hydrolimitům pro konkrétní druh půdy. Vlhkostní stav půdy je pak vyjádřen v % využitelné vodní kapacity (VVK), což je rozdíl mezi polní vodní kapacitou a bodem vadnutí. Novotný a kol. (1990) uvádí, že vlhkost půdy v případě brambor by neměla klesnout pod 60 % VVK. Tento údaj je pak v dobré shodě např. s hodnotou 65 % VVK, publikovanou Curwenem (1993). Hranice 60 %VVK je označována jako bod snížené dostupnosti (BSD).

Hodnoty vlhkostí jednotlivých hydrolimitů pro různé druhy půdy je možno stanovit pomocí vztahů odvozených Brežným (1970):

$$\Theta_{PVK} = 6,66 + 1,03Z - 0,008Z^2$$

$$\Theta_{BV} = 2,97 + 0,33Z - 0,0012Z^2$$

kde

Θ_{PVK} – vlhkost půdy při hydrolimitu polní vodní kapacita (obj. %)

Θ_{BV} – vlhkost půdy při hydrolimitu bod vadnutí (obj. %)

Z – obsah zrn I. kategorie (%)

Na obr. 4 jsou tyto závislosti vyjádřeny graficky, je zde rovněž vykreslena i hodnota odpovídající vlhkosti půdy při dosažení 60 %VVK.

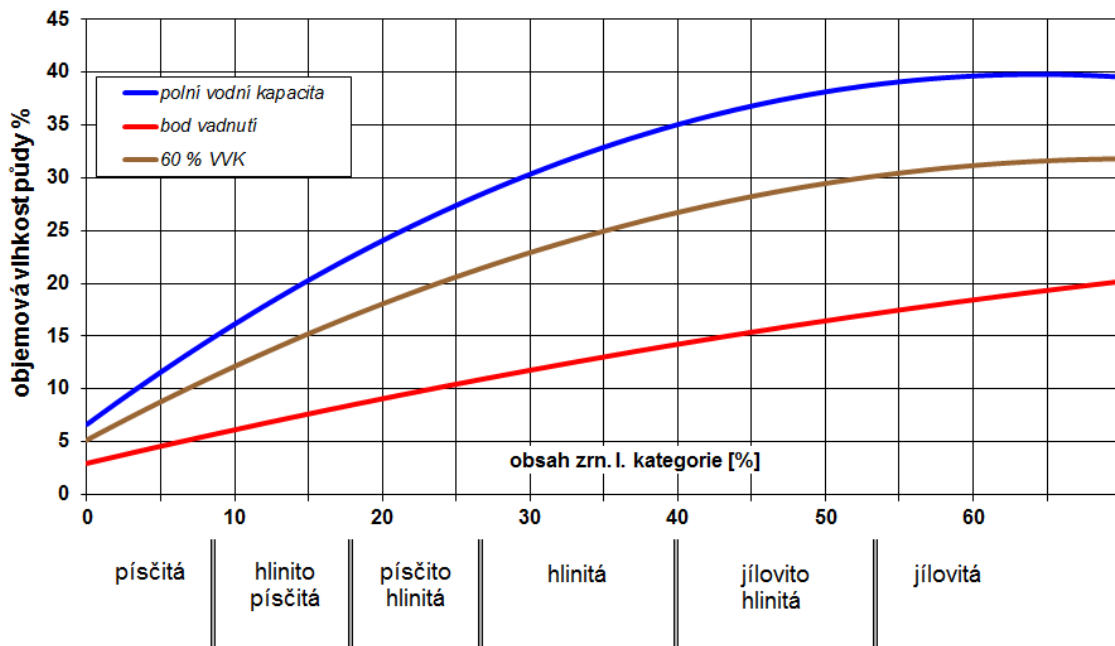
Použitý vlhkostní index je zkonstruován tak, aby při hodnotě vlhkosti odpovídající PVK byla jeho hodnota 1, při dosažení bodu vadnutí -1, při vlhkosti BSD je jeho hodnota nulová. Změna indexu je v závislosti na vlhkosti půdy lineární a je možno jej vyjádřit vztahy:

$$M\text{-index}(\Theta) = [(\Theta_{PVK} - \Theta) / (\Theta_{PVK} - \Theta_{BSD})] \quad \text{když } \Theta_{BSD} \leq \Theta \leq \Theta_{PVK}$$

$$M\text{-index}(\Theta) = - [(\Theta - \Theta_{BV}) / (\Theta_{BSD} - \Theta_{BV})] \quad \text{když } \Theta_{BV} \leq \Theta \leq \Theta_{BSD}$$

Při obvyklém vlhkostním režimu půdy nabývá index hodnot v intervalu <-1;1>, pouze v případech přemokření po vydatnějších deštích anebo na jaře po tání sněhu překračuje hodnotu 1.

Vztah mezi půdními hydrolimity a druhem půdy



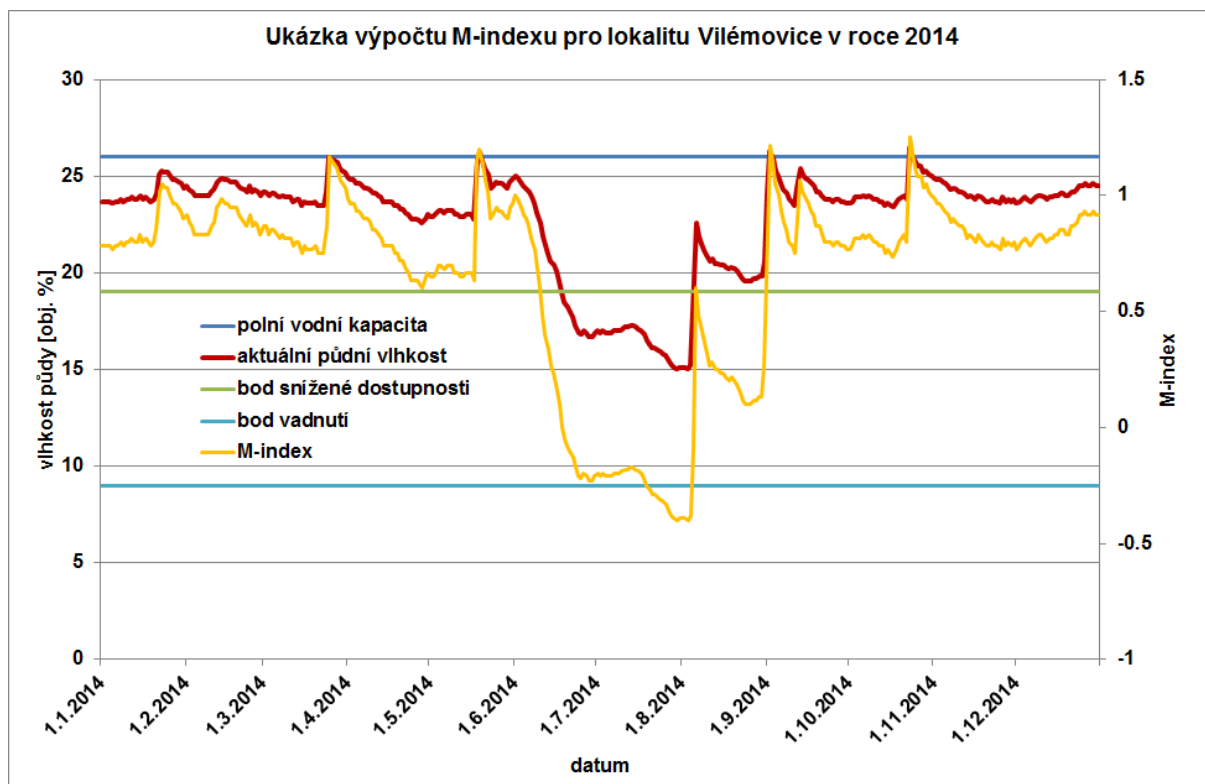
Obr. 4 Vztah mezi půdními hydrolimity a druhem půdy

Na obr. 5 je ukázka stanovení jednotlivých parametrů a výpočtu M-indexu pro lokalitu Vilémovice za rok 2014. Aby bylo možno tento index stanovit na základě měřené půdní vlhkosti, je zapotřebí ji měřit dlouhodobě v povrchové vrstvě do 30 cm pokud možno za různých vlhkostních stavů. Jak je zřejmé z obr. 5, křivka denních průměrů aktuálně naměřené půdní vlhkosti dosahuje po vydatnějších deštích lokálních maxim, mírně převyšujících hodnotu 26 obj. %. Tuto hodnotu lze pak označit jako PVK a na jejím základě pak dopočítat i ostatní potřebné hydrolimity. Ze znalosti těchto hydrolimitů a údajů o aktuální vlhkosti půdy pro jednotlivé dny lze následně vypočítat denní hodnoty M-indexu(Θ).

Výsledky a diskuse

Konstrukce termohydrogramu

Na základě hodnot obou indexů lze každý den zařadit do některé z následujících teplotně – vlhkostních kategorií: chladný, studený, vlhký, suchý, chladný-suchý, chladný-vlhký, normální, teplý-vlhký, teplý-suchý. Jako příklad jsou na obr. 6 vyneseny pro každý den za vegetační sezónu od května do konce srpna hodnoty obou indexů pro Vilémovice za rok 2014. Již z toho lze usoudit na extremitu jednotlivých dní a jejich zastoupení v daném ročníku, lepší představu však mohou poskytnout souhrnné grafy, znázorněné na obr. 7. Jsou zde pro porovnání shrnuty počty dnů v jednotlivých kategoriích pro lokality Vilémovice a Chlebovice (u Frýdku – Místku) za roky 2014 a 2015. Na první pohled je patrný rozdíl mezi oběma ročníky: v roce 2014 na obou lokalitách převažovaly dny charakterizované jako chladné, vlhké, normální, suché a teplé se vyskytovaly jen ojediněle. Chlebovice měly četnější zastoupení vlhkých dnů, ve Vilemovicích zase chladných (tzn., že vlhkostní podmínky byly v mezích normálu, avšak teploty byly nízké).

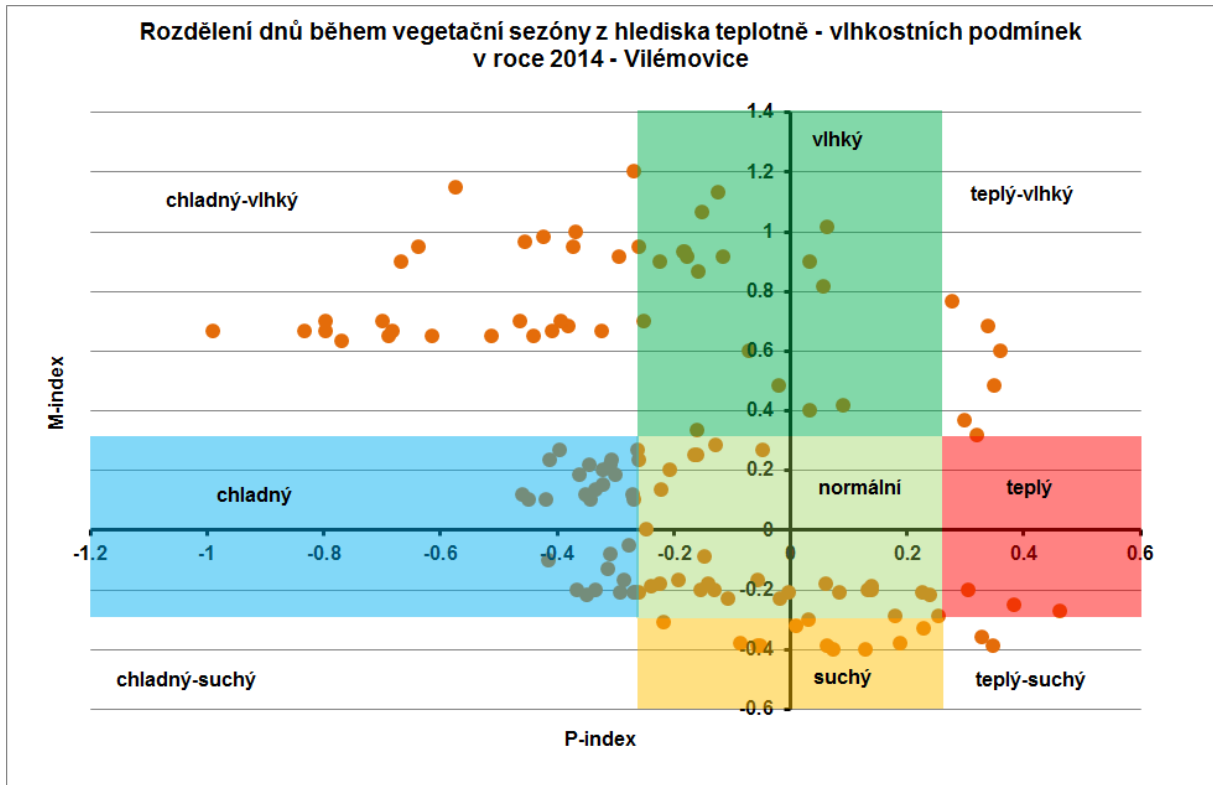


Obr. 5

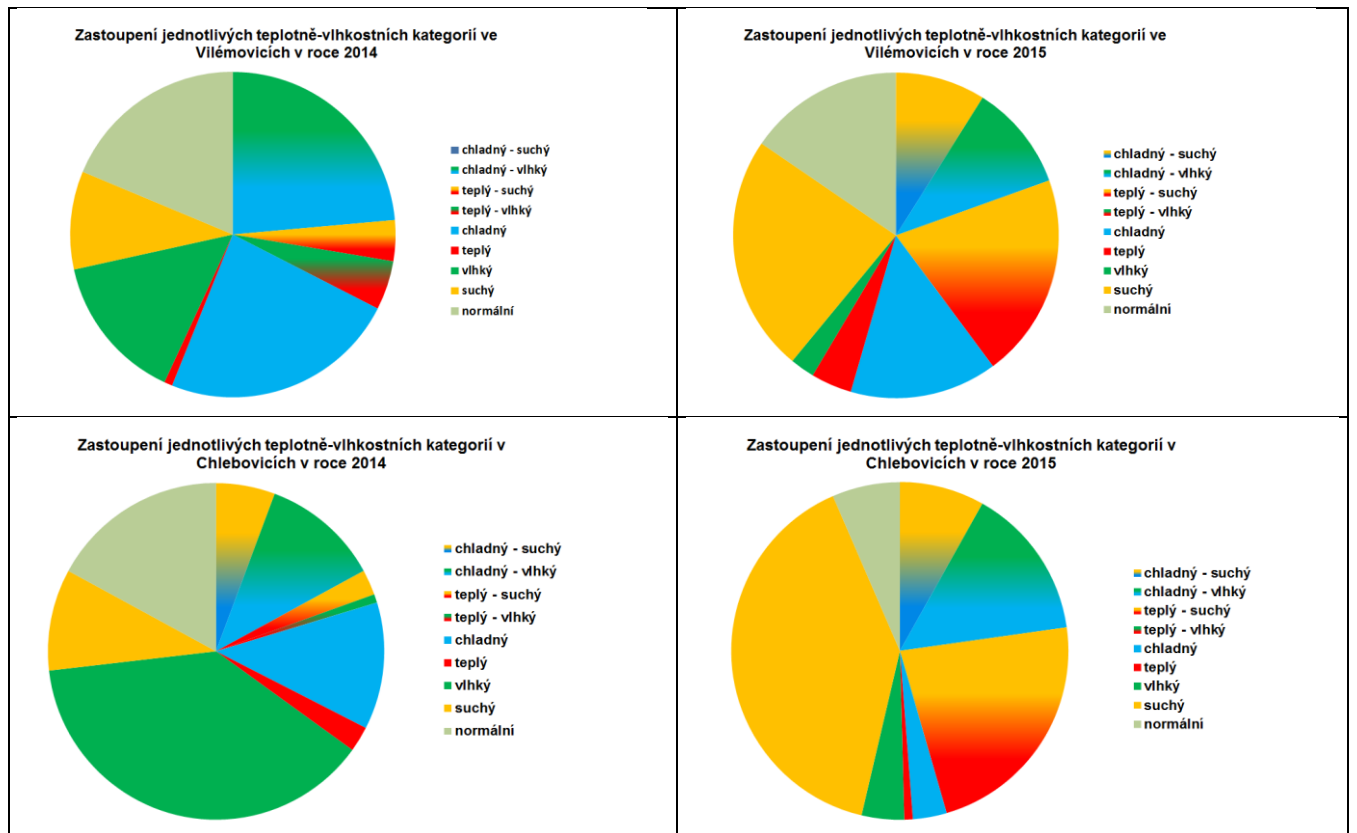
Podmínky roku 2015 byly podstatně odlišné, je možno pozorovat daleko větší zastoupení dnů klasifikovaných jako suché a rovněž i dnů patřících do nejméně příznivé kategorie z hlediska vývoj rostlin, teplých a suchých. Situace v Chlebovicích byla méně příznivá, zde do kategorií suchý a teplý-suchý patřily téměř $\frac{3}{4}$ všech dnů od května do srpna. U obou lokalit v roce 2015 nebyl zaznamenán ani jeden den v kategorii teplý-vlhký, která je o něco příznivější pro růst hlíz než kategorie teplý-suchý, v níž byl zaznamenán oproti roku 2014 výrazný nárůst.

Z hlediska vývoje rostlin je důležité i zastoupení jednotlivých teplotně-vlhkostních kategorií v průběhu vegetace. Tento přehled můžou podat typy grafů, jejichž ukázka je na obr. 8 pro Vilémovice a roky 2014 a 2015. V roce 2014 se vyskytlo teplé-suché, popřípadě jenom teplé období pouze na několik dnů na přelomu července a srpna, přičemž počátek a konec sezóny byl spíše chladnější a vlhčí. Naproti tomu se v roce 2015 první sušší období vyskytlo již na počátku června, avšak déletrvalejší suché a teplé období trvalo od července až do druhé dekády srpna. To mělo výrazný vliv na tvorbu výnosu hlíz a jejich velikost.

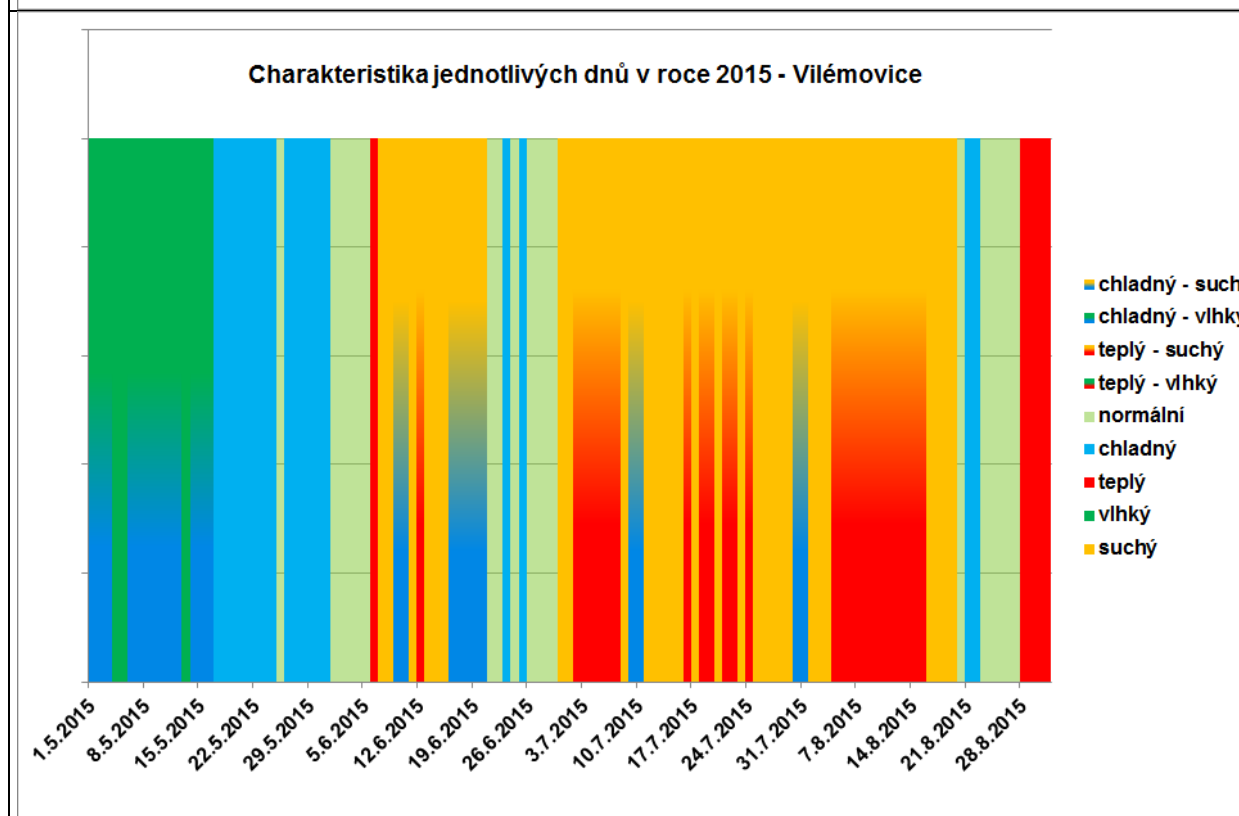
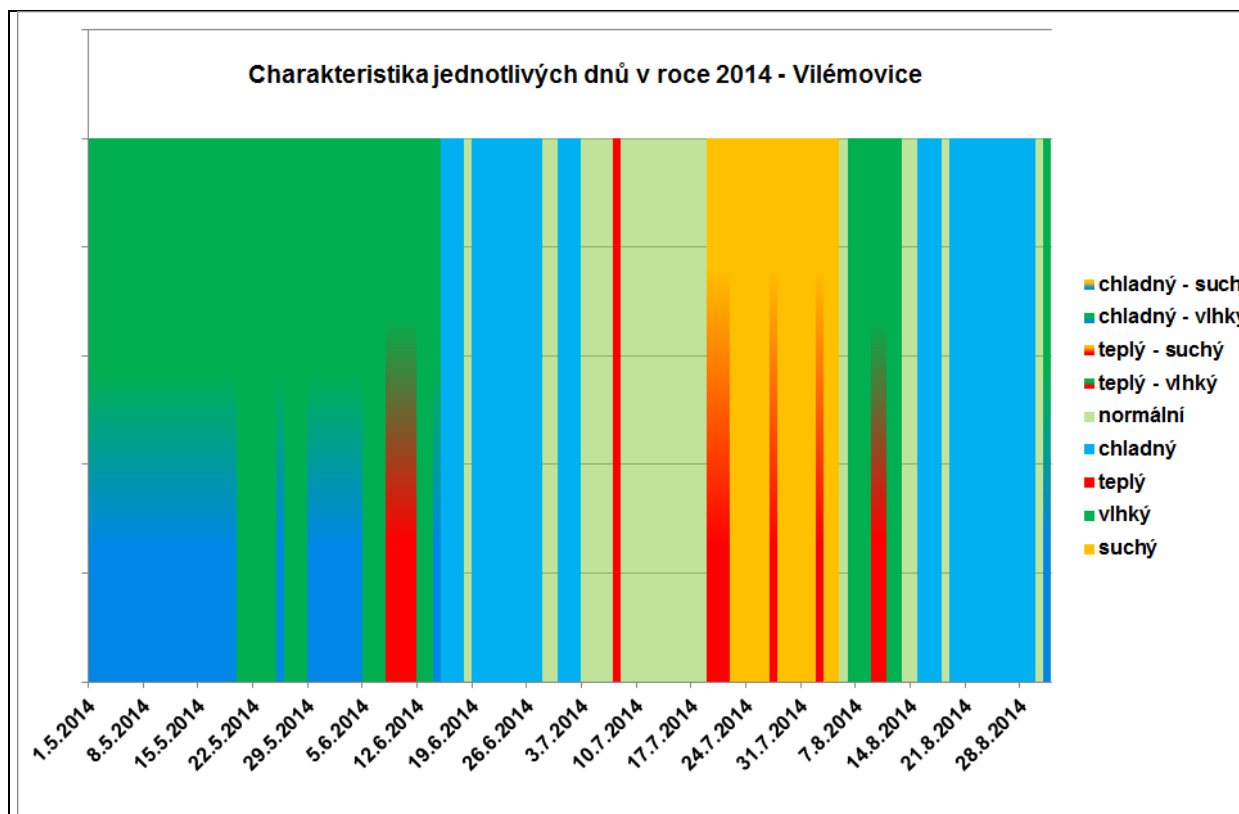
Jednotlivým kategoriím dnů je možno přisoudit rozdílné hodnoty z hlediska jejich závažnosti na vývoj porostů. V prvotním přiblížení je možno použít empiricky stanovené hodnoty, které jsou uvedeny v tab. 1.



Obr. 6



Obr. 7



Obr. 8

Tab. 1 Přiřazení hodnot závažnosti jednotlivým kategoriím dnů

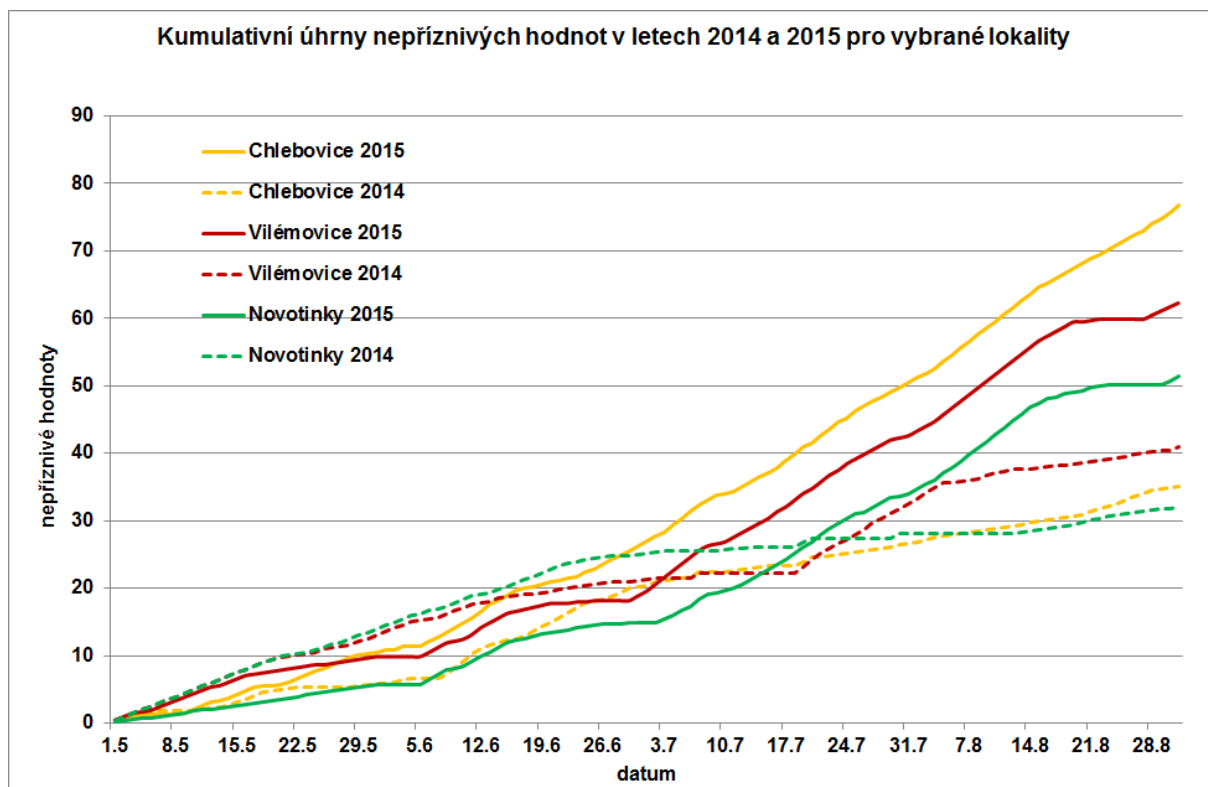
Kategorie dne	Hodnota závažnosti
chladný - suchý	0.3
chladný - vlhký	0.5
teplý - suchý	1
teplý - vlhký	0.5
chladný	0.2
teplý	0.6
vlhký	0.2
suchý	0.7
normální	0

Vychází se při tom z úvahy, že nejškodlivější jsou suché a současně teplé dny, proto je jim přiřazena hodnota 1, naproti tomu normální dny nemají žádný negativní vliv a proto je jim přiřazena nulová hodnota.

Průběžným sčítáním jednotlivých hodnot závažnosti v průběhu sezóny lze dojít k výsledné hodnotě za celou sezónu, popřípadě po jejich vykreslení do grafu si lze udělat představu o jejich rozložení. Ukázkou takového grafu pro vybrané lokality a roky 2014 a 2015 je obr. 9. Počátek sezóny byl v obou letech přibližně stejný, avšak zatímco ke konci června v roce 2014 začaly převládat dny s příznivými podmínkami pro růst brambor, v roce 2015 přibližně ve stejném období začal prudký nárůst dnů s vyššími hodnotami závažnosti. Tento nárůst trval v Chlebovicích až do konce sledovaného období, na zbývajících dvou lokalitách se v důsledku srpnových srážek zastavil a po krátkou dobu před sklizní převládaly příznivé podmínky. V tab. 2 jsou pak uvedeny celkové součty nepříznivých hodnot za celé období od května do srpna pro jednotlivé zpracované lokality. Jsou zde zřetelné rozdíly mezi lety 2014 a 2015, v roce 2015 byl jejich nejvyšší součet právě u Chlebovic. U ranobramborářských oblastí by bylo zřejmě vhodné uvažovat kratší období, během něž probíhala vegetace brambor. Při sečtení hodnot pouze od května do července vychází u Přerova n. L. pro rok 2014 i 2015 stejná hodnota, 37, u Lednice vychází pro rok 2014 celková suma 42, pro rok 2015 pak 54. I to by mohla být jedna z příčin, proč k největšímu snížení výnosů v roce 2015 oproti roku 2014 došlo u ostatních brambor, zatímco výnosy raných brambor byly sníženy jen nepatrně a dosahovaly nadprůměrných hodnot (obr. 10)

Závěr

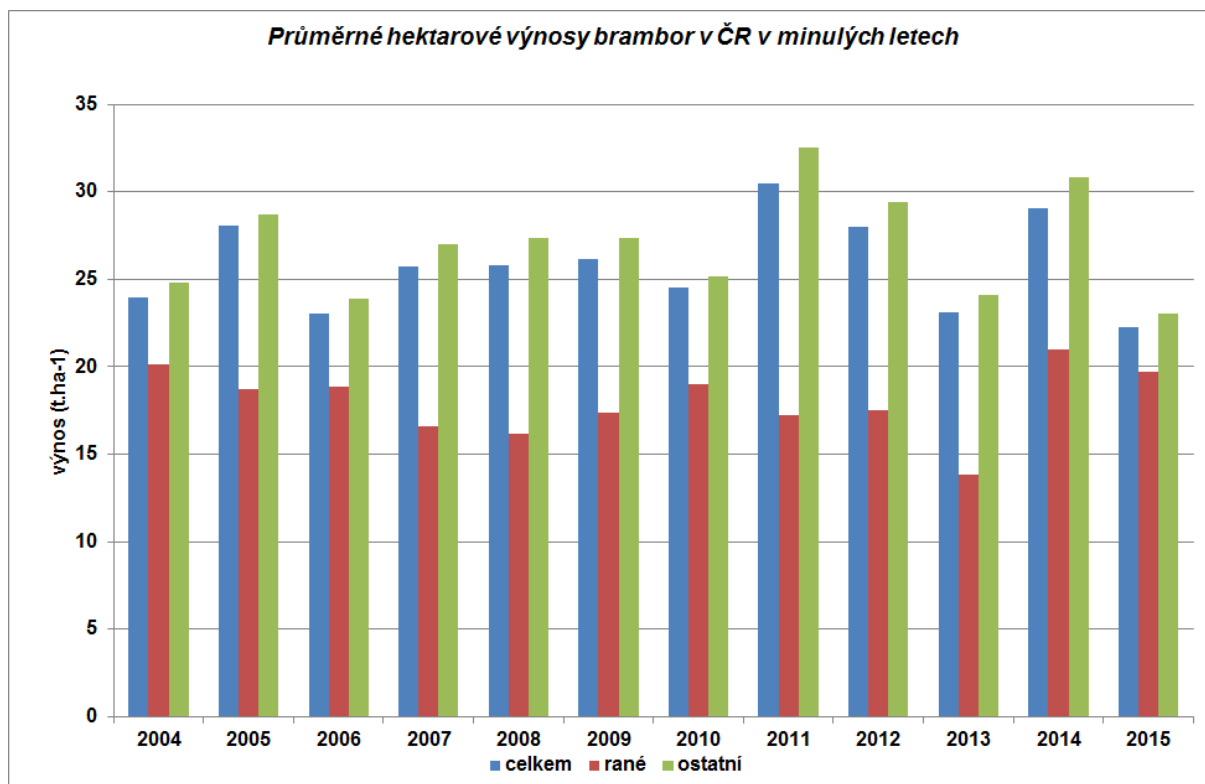
V předloženém příspěvku byl učiněn pokus o kvantitativní vyjádření vhodnosti povětrnostních a vlhkostně-půdních podmínek na pěstování brambor. Kombinací normovaných hodnot teplotního a vlhkostního indexu lze každý den zařadit do některé z devíti stanovených kategorií, kterým lze následně přiřadit určitou číselnou hodnotu. Takto lze poměrně exaktně vyjádřit vliv povětrnostních podmínek za celou sezónu pro jednotlivé lokality. Možnou modifikací číselného přiřazení jednotlivým kategoriím dnů by mohlo být zavedení určitých vah v závislosti na fenologickém vývoji porostu, definovaném např. použitím P-days.



Obr. 9 Kumulativní úhrny nepříznivých hodnot v letech 2014 a 2015 pro vybrané lokality

Tab. 2 Úhrny nepříznivých hodnot pro jednotlivé lokality za roky 2014 a 2015

lokality	2014	2015
Chlebovice	35	76
Vilémovice	41	62
Novotinky	32	51
Přerov n. Labem	45	56
Sp. Belá	28	49
Ostrov u Macochy	37	60
Lednice	47	61



Obr. 10 Průměrné hektarové výnosy brambor v ČR v minulých letech (podle ČSÚ)

Literatura

- Bárta, J., Čepl, J., Diviš, J., Hamouz, K., Jůzl, M., Vacek, J. (2008): Brambory. In: Prugar J. (ed.): Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Kvasný průmysl, Praha, s. 241-261, ISBN 978-80-86576-28-2.
- Brežný, O. (1970): Vztahy mezi půdními hydrolimitmi a mechanicko-fyzikálními vlastnostmi půdy. Vedecké práce Výskumného ústavu závlahového hospodářstva v Bratislavě, s. 53 – 80
- Curwen, D. (1993): Water Management. In: Rowe Randall, C. (Ed.) Potato Health Management. St. Paul, Minnesota, USA. APS Press. The American Phytopathological Society. 178 s.
- Griffin, T., Bradley, S., Ritchie, J. (1993). A simulation model for potato growth and development: SUBSTOR-potato version 2.0. Report, Department of Agronomy and Soil Science, College of Tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawaii, Honolulu.
- Haverkort, A.J. (1990): Ecology of potato cropping systems in relation to latitude and altitude. Agric. Syst. 32, s. 251-272.

- Klementová, E., Litschmann, T., Rožnovský, J: Assessment of Drought in Landscape. In: Participation of women in the fields of meteorology, operational hydrology and related sciences. Bratislava, 16-17. V. 2002, s. 143 – 148
- Levy D, Veilleux RE (2007): Adaptation of potato to high temperatures and salinity—A review. American Journal of Potato Research 84, s. 487–506
- Machyček, J. (1958): Teplotné poměry Moravy a Slezska. Spisy vydávané přírodovědeckou fakultou Masarykovy university v Brně, řada H2, č. 391, 96 s.
- Novotný, M. a kol. (1990): Závlaha polních a speciálních plodín. 1. vydání, Bratislava, PRÍRODA, 312 s. ISBN 80-07-00267-7
- Petr, J. a kol. (1987): Počasí a výnosy. SZN Praha, 368 s.
- Sands, P. J., Hackett, C., and Nix, H. A.(1979): A model of the development and bulking of potatoes (*Solanum tuberosum* L.). Field Crops Res. 2, s. 309-331.
- Vos, J. (1999): Potato. In: SMITH, D. L., HAMEL, C. (eds): Crop Yield - Physiology and Processes. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 504 s. ISBN 978-3642636448

Poděkování

Príspevek vznikl s podporou výzkumného úkolu NAZV QJ1210305 Integrovaná ochrana proti plísni bramboru v nových agroenvironmentálních podmínkách s využitím prognózy výskytu choroby a na základě nových poznatků o změnách v populacích patogena a procesech rozkladu hlíz.

Kontakt:

RNDr. Tomáš Litschmann PhD.

AMET

Žižkovská 1230

731702744, amet@email.cz