

Výnos plodin v odlišných agroekologických podmínkách

Crop yields in different agroecological conditions

Pavlna Krmelová; František Toman; Hana Středová

Mendelova univerzita v Brně

Abstrakt

Agrometeorologickým modelem AVISO byla vypočítána půdní zásoba vody (využitelná kořeny rostlin) pro 21 pokusných stanic ÚKZÚZ ve vegetačním období 1975 – 2010. Zkušební stanice se nachází v různých částech ČR a v různých výrobních oblastech. Zásoba vody byla vyjádřena jako % využitelné vodní kapacity (% VVK). Nejsušším rokem (s nejnižší hodnotou VVK) ze všech 21 stanic ÚKZÚZ byl rok 2007 (průměrně 63 % VVK). Vláhově nejbohatším byl rok 1987 (průměrně 95 % VVK). Historické výnosové řady stanic ÚKZUZ pro modelovou plodinu (ječmen jarní) byly korelovány s hodnotami VVK ve vegetačním období 1975 – 2010. Byly zjištěny statisticky průkazné korelace mezi výnosem ječmene a % VVK v půdě u dvanácti stanic.

Klíčová slova: ječmen jarní, výnos, sucho, využitelná vodní kapacita (VVK)

Abstract

The soil water supply (usable for plant roots) during the growing season 1975 – 2010 was calculated for 21 experimental stations by AVISO agro meteorological model. The experimental stations are located in different parts of the Czech Republic and in different production areas. The supply of water was expressed as % of available water holding capacity (% AWHC). The year 2007 was the driest year (with the lowest AWHC value) from all 21 experimental stations (in average 63 % AWHC). The wettest year was 1987 (in average 95 % AWHC). The historical yield range from the experimental stations for spring barley was correlated with the values of AWHC in the vegetation period 1975 - 2010. The statistically significant correlation between the yield and % AWHC were found at 12 experimental stations.

Keywords: spring barley, yield, drought, available water holding capacity (AWHC)

Úvod

Společnost je do značné míry závislá na klimatických faktorech, které působí na zemědělskou produkci. Nejvíce je dopadem těchto faktorů ovlivněn výnos rostlin během

kritického výnosotvorného období. Tím, že je Česká republika z hydrografického hlediska významnou pramennou oblastí evropského kontinentu a nachází se na hlavním evropském rozvodí (úmoří Severního, Baltského a Černého moře), je velká část území odkázána na sycení půdního profilu atmosférickými srážkami, jejichž průběh i výskyt je ovlivněn především nadmořskou výškou a expozicí. Meteorologické podmínky se v jednotlivých letech od sebe liší, a to jak ve srovnání za sebou jdoucích ročníků, tak i ve vztahu k víceletým průměrům. Variabilita těchto meteorologických podmínek ročníku se podílí na kolísání objemu rostlinné produkce.

Nedostatek vody je pro rostliny jeden z nejvýznamnějších stresových faktorů. Pro zemědělství je výskyt sucha jeden z meteorologických extrémů, který způsobuje značné škody na pěstovaných plodinách. Voda je jedním z nejdůležitějších faktorů prostředí. Podle poměru mezi příjmem a výdejem vody dochází k dosycování pletiv vodou nebo naopak k vodnímu deficitu (KINCL a KRPEŠ, 2000).

Sucho není náhodný jev. Může se jako přechodná anomálie klimatu vyskytovat ve všech klimatických zónách (srážkových režimech) a liší se tak od aridity, která je považována za trvalý znak klimatu. Sucho se vyznačuje pomalým vznikem i vývojem, který trvá měsíce. Někdy se může vyskytovat v průběhu celé sezóny, roků a dokonce i dekad (BLINKA, 2004).

Materiál a metody

Cílem bylo odhadnout vazbu mezi průběhem počasí a tvorbou výnosu obilnin. Jako modelová plodina pro popis vazby byl vybrán ječmen setý (*Hordeum vulgare* L.), jeho jarní forma (ječmen jarní). Byla konfrontována závislost nasycenosti půdního profilu a výnosu ječmene na 21 pokusných stanicích Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského (ÚKZÚZ). Vláhové podmínky byly zjišťovány v dlouhodobém horizontu (1975 až 2010) a to pomocí agrometeorologického modelu „Agrometeorologické výpočetní a informační soustavy“ (AVISO) pro daná vegetační období (v 91. až 180. dnu roku). Model AVISO je provozován na Českém hydrometeorologickém ústavu (ČHMÚ), pobočce Brno. Základním výstupem modelu je aktuální deficit půdní vody, který je vyjádřen v mm a který charakterizuje množství vody v půdě chybějící do hydrolimitu polní vodní kapacity. Odvozenými charakteristikami je zásoba dostupné půdní vody v procentech využitelné vodní kapacity (% VVK), se kterou je dále pracováno. Využitelná vodní kapacita je rozdíl mezi polní vodní kapacitou a bodem vadnutí. Tedy množství vody, které se může v půdě zadržet po delší dobu a je přitom využitelné pro rostliny.

Pro srovnání vláhových podmínek a produkce ječmene jarního, musely být pro jednotlivé pokusné stanice ÚKZÚZ sestaveny dlouhodobé výnosové řady (1975 - 2010). Roční výnos byl zaznamenáván pouze v těch letech, kdy byly do osevního postupu zařazeny vhodné předplodiny, jako jsou okopaniny a kukuřice na zrno či na siláž. Hodnoceny byly výnosy z 1. pěstitelského systému ÚKZÚZ, tedy s nejméně intenzivním systémem a s omezenou aplikací fungicidů. Trend zvyšujícího se výnosu díky odrůdové skladbě (šlechtění) byl pomocí detrendace výnosových dat upraven a to za použití počítačového programu STATISTICA 7.0 od firmy StatSoft. Použita byla metoda odečtení trendu (Trend subtract) dle vztahu $x = x - (a + b * t)$. Došlo tím k vyhlazení a upravení křivek trendu. Následně byly pomocí korelačního koeficientu vymezeny závislosti mezi půdní vláhou a výnosem ječmene na 21 stanicích ÚKZÚZ.

Pro bližší hodnocení byly vybrány stanice, které měly nejdelší a co nejkompletnější výnosovou řadu a které nejlépe korelovaly se zásobou dostupné půdní vody vyjádřené v procentech využitelné vodní kapacity. Těmito kritérii prošlo pouze 12 stanic uvedených v Tab. 1 (Branišovice, Libějovice, Jaroměřice nad Rokytnou, Brno-Chrlice, Vysoká, Rýmařov, Pusté Jakartice, Krásné Údolí, Sedlec, Nechanice, Žatec a Chrastava).

Tab. 1 Pokusné stanice ÚKZÚZ. Charakteristika teplotní, vláhová, zařazení do výrobních oblastí.

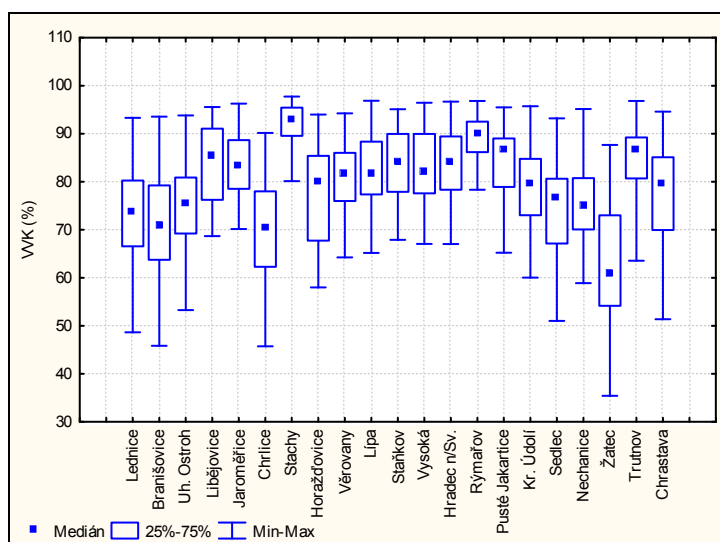
Stanice	Nadmořská výška (m)	Dlouhodobá průměrná teplota (°C)	Dlouhodobý průměrný úhrn srážek (mm)	Výrobní oblast
Branišovice	190	8,8	460	KVO
Chrastava	345	8,0	738	OVO
Brno-Chrlice	190	9,0	451	ŘVO
Jaroměřice nad Rokyt.	425	8,0	471	OVO
Krásné Údolí	647	6,3	602	PVO
Libějovice	460	7,9	563	OVO
Nechanice	235	8,8	597	ŘVO
Pusté Jakartice	295	8,3	584	ŘVO
Rýmařov	602	6,5	751	ŘVO
Sedlec	300	8,9	520	ŘVO
Vysoká	585	7,1	611	BVO
Žatec	285	9,0	439	ŘVO

Výsledky a diskuse

Z vyhodnocení celoročního průměru % VVK na všech stanicích ÚKZÚZ v období 1975 – 2010 vyplynulo, že průměrná hodnota z 21 stanic je 79 % VVK. Nejnižší průměrná

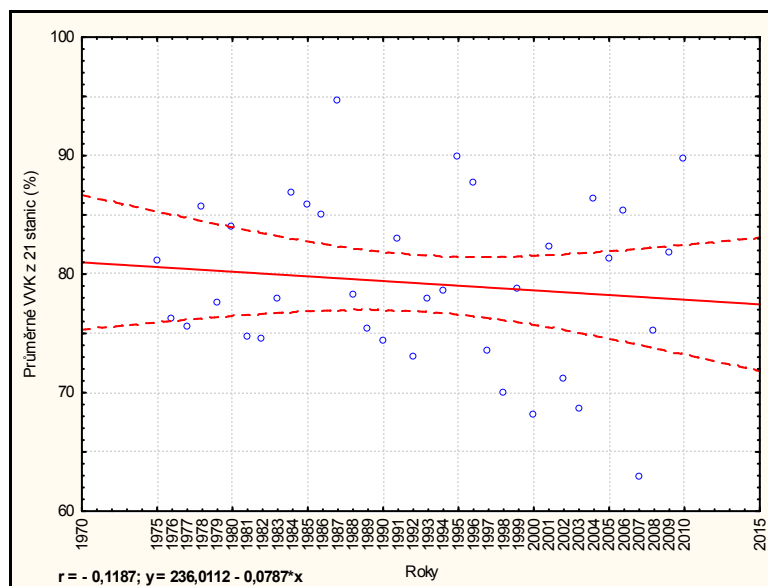
hodnota ze všech stanic byla v roce 2007, a to 63 % VVK, kdy hodnoty 35 % VVK bylo dosaženo na stanici v Žatci (Obr. 1). SPITZ et al. (2007) uvádí, že podíl využitelné vody, k tomu aby se nesnížily výnosy, se pohybuje mezi 45 a 75 % VVK, což stanice Žatec v uvedeném roce nespĺňovala. Nízkého průměrného % VVK bylo dále dosaženo v letech 2000, 2003, 1998, 2002 (pořadí od nejsuššího roku).

Při konfrontaci s historickými daty průměrných ročních srážkových úhrnů ČR byl srážkově podnormální pouze rok 2003. Při porovnání uvedených roků (i zmíněného roku 2003) s průměrnými ročními teplotami ČR je patrné, že ve všech letech byly průměrné roční teploty v ČR nad normálem. Nejvyšší teplotní rozdíl byl zjištěn v roce 2000, kdy odchylka od normálu činila +1,6 °C. Suchost roků 2000 a 2003 dokládá i práce TRNKY et al. (2009).



Obr. 1 Vlahové poměry stanic ÚKZÚZ v období 1975 - 2010

Z Obr. 2, který znázorňuje průběh průměrných ročních hodnot % VVK všech 21 stanic ÚKZÚZ, je patrné, že korelační koeficient ($r = -0,1187$) není statisticky průkazný na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ ani $\alpha = 0,01$. Avšak tím, že nabývá záporných hodnot (závislost je tedy nepřímá) je pravděpodobné, že se bude v průběhu dalších let hodnota % VVK dále snižovat. Dále zde vidíme již zmiňovaný rok 2007 i další nízké hodnoty (v letech od roku 1997 do roku 2010) ve srovnání s lety dřívějšími. To dokládá i práce BLINKY (2004), která se zabývá hodnocením suchých období v letech 1876 – 2003. Ta potvrzuje, že se výskyt méně intenzivních suchých období směrem ke konci 20. století zvyšuje (viz opět Obr. 2).



Obř. 2 Průběh průměrných ročních hodnot % VVK ze všech stanic ÚKZÚZ během období 1975 – 2010s uvedeným regresním pásem spolehlivosti (95%)

Modelem AVISO vypočítané % využitelné vodní kapacity dvanácti stanic v 91. až 180. dnu roku (různé fáze vegetačního období ječmene) bylo korelováno s detrendovanými výnosovými řadami těchto stanic od roku 1975 až po rok 2010 (Tab. 2). Pro další práci byly vybrány pouze stanice s vysoce statisticky průkaznými závislostmi.

Tab. 2 Korelační koeficienty stanic-VVK a výnosové řady ječmene jarního za období 1975 – 2010

%VVK	BR	LIB	JAR	CHR	VYS	RYM	PJA	KUD	SED	NEC	ZAT	CHT
91-100	0,404	0,106	0,267	** -0,639	-0,121	-0,269	-0,013	0,169	0,319	* -0,471	0,050	-0,159
101-110	0,450	0,203	0,247	* -0,536	0,114	** -0,725	0,161	0,144	* 0,425	-0,450	0,460	0,019
111-120	* 0,599	0,319	0,452	-0,168	0,147	* 0,594	0,212	-0,007	** 0,465	0,256	0,285	0,200
121-130	0,486	* 0,432	* 0,512	-0,009	* 0,453	-0,007	-0,016	* 0,366	* 0,399	-0,039	0,204	0,297
131-140	0,415	0,404	* 0,520	0,135	** 0,549	-0,075	0,129	0,150	** 0,466	0,218	0,169	* 0,445
141-150	0,392	* 0,485	* 0,532	0,096	* 0,486	-0,136	0,385	-0,055	* 0,458	0,117	0,416	0,323
151-160	0,242	* 0,508	0,257	0,124	* 0,508	0,106	* 0,399	-0,172	0,313	0,076	0,642	0,309
161-170	0,153	0,225	0,156	0,073	** 0,643	0,373	0,306	0,120	0,213	-0,021	* 0,777	0,206
171-180	0,246	0,190	0,267	0,089	** 0,670	0,197	0,039	* 0,427	0,174	-0,162	0,052	0,033

Vysvětlivky:

- **** statisticky vysoce průkazný vztah
***** statisticky průkazný vztah

BR Branišovice	NEC Nechanice	JAR Jaroměřice nad Rokytnou	SED Sedlec
CHT Chrastava	PJA Pusté Jakartice	KUD Krásné Údolí	VYS Vysoká
CHR Brno - Chřlice	RYM Rýmařov	LIB Libějovice	ZAT Žatec

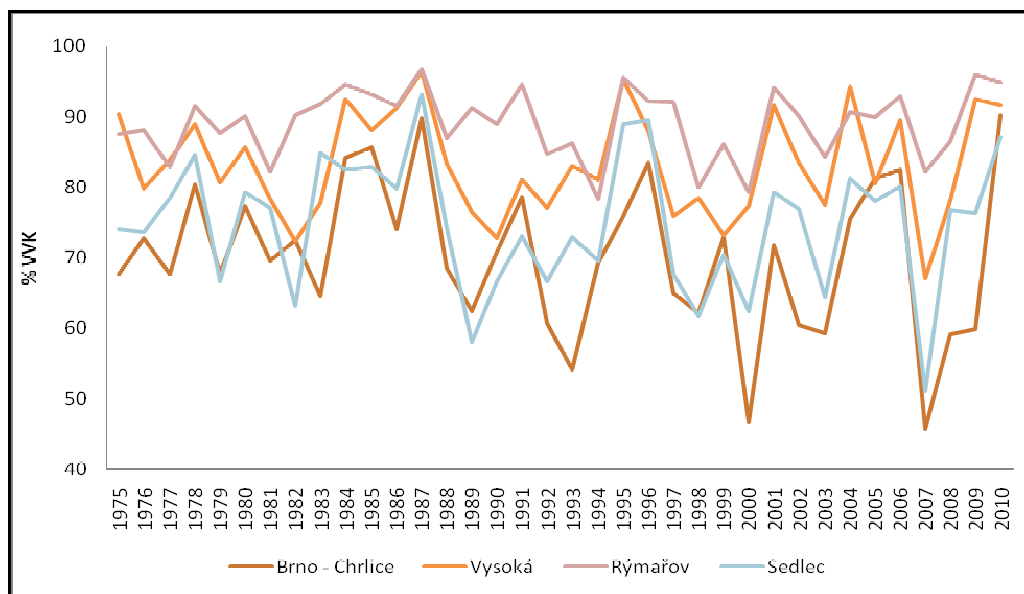
Vysoce statisticky průkazná závislost (pozitivní, $\alpha = 0,01$; se zvyšujícím se % VVK se zvýší i výnosy a to s 99% pravděpodobností, nebo naopak se snižujícím % VVK se sníží i výnosy) byla vypočítána na stanici Vysoká. Druhá ze stanic s velmi statisticky průkaznou závislostí je stanice Sedlec. Obě se nachází ve Středočeském kraji.

Nejnižší výnos byl na stanici Vysoká v roce 1982 a to $2,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Nejnižší výnos na stanici Sedlec byl v roce 1976 a to $4,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Naopak nejvyššího výnosu bylo dosaženo u obou stanic shodně v roce 2004 (stanice Vysoká $8,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, stanice Sedlec $9,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). U stanice Vysoká je značný rozdíl mezi maximálním a minimálním výnosem. Rok 1982 se držel dle dlouhodobého normálu Středočeského kraje (1961 - 1990) v kritickém období (duben, květen, červen) na 50% úrovni srážkového normálu. Teplota tohoto roku v měsíci dubnu byla v průměru o $2,1 \text{ }^\circ\text{C}$ nižší než normál. Nižších výnosů bylo dosaženo i kvůli nižším srážkovým úhrnům a chladnějším počasí.

Vláhové poměry stanice Vysoká se pohybovaly za celou dobu sledování mezi 67% VVK (minimální hodnota) a 96% VVK (maximální hodnota), kdy minimální hodnoty bylo dosaženo v roce 2007 a maximální VVK hodnoty v roce 1987 (Obr. 3).

Statisticky vysoce průkazný, pozitivní korelační koeficient stanice Vysoká mezi % VVK a výnosem ve vegetačním období mezi lety 1975 – 2010 byl zjištěn v období 131. – 140. dne vegetace (druhá půlka května) fáze sloupkování, 161. – 170. dne vegetace (druhá půlka června) fáze kvetení a 171. – 180. dne vegetace (konec června) fáze mléčné zralosti zrna. Kladný korelační koeficient, statisticky vysoce průkazný, stanice Sedlec byl nalezen mezi % VVK a výnosem ve vegetačním období mezi lety 1975 – 2010 ve 111. – 120. dnu vegetace (konec dubna) fáze odnožování a 131. – 140. dnu vegetace (druhá půlka května) fáze sloupkování. Z toho vyplývá, že vláhový režim těchto stanic ve jmenovaných vegetačních obdobích pozitivně a přímo ovlivňuje výnos ječmene jarního.

HABERLE et al. (2008) i BRÁZDIL a KIRCHNER (2007) poukazují na změnu citlivost plodin k suchu v průběhu vývoje. U obilnin je hlavním kritickým obdobím především duben až červen (začátek fáze sloupkování, kvetení, období nalévání zrna, odnožování). Je-li dostatek vody v kritických obdobích, lze předpokládat vysokou sklizeň.



Obr. 3 Průběh % VVK na vybraných stanicích ÚKZUZ (období 1975 - 2010)

Závislost negativní, nepřímá a statisticky vysoce průkazná ($\alpha = 0,01$) mezi výnosem a % VVK (s 99% pravděpodobností) vyšla na pokusné stanici Rýmařov a Brno - Chrlice.

Za celou dobu sledování byla průměrná hodnota VVK na stanici Rýmařov během vegetačního období 89 %, na stanici Brno – Chrlice 70 %. Obě stanice se řadí k oblastem s větší vláhovou zásobou, ať už z hlediska vyšší nadmořské výšky (Rýmařov) nebo přítomnost vodního toku (Brno - Chrlice).

Korelace mezi % VVK a výnosem ve vegetačním období mezi lety 1975 – 2010 byla statisticky vysoce průkazná negativní ve fázi vzházení (začátek dubna) na stanici Brno - Chrlice. Na stanici Rýmařov byla zjištěna tato korelace ve fázi odnožování (druhá půlka dubna). Vláhové poměry stanic v tomto kritickém výnosotvorném období negativně ovlivňují konečné výnosy ječmene jarního. Při vyšších hodnotách VVK ve zmiňovaných fázích je celkový výnos ječmene jarního snižován s 99% pravděpodobností.

Nízká výnosová hodnota zde může být zapříčiněna ne nedostatkem vody, ale naopak vysokými vláhovými poměry dané lokality, především v měsících květnu a červnu, kdy mohl být porost ječmene jarního ovlivněn přemokřením.

Závěr

Práce je zaměřena na popis vazby mezi průběhem počasí a tvorbou výnosu u ječmene jarního na pokusných stanicích ÚKZÚZ. Vztah je zde popisován na základě hodnoty % VVK, která je korelována s daty dlouhodobých hektarových výnosů ječmene jarního (1975 - 2010). Pomocí modelu AVISO byly zjištěny vláhové podmínky pokusných

stanic jak v dlouhodobém horizontu, tak i pro vegetační období (duben až červen). Jako nejsušší se jeví stanice v Žatci s průměrnými 63% VVK.

Z 21 pokusných stanic ÚKZÚZ byla korelace výnosu a VVK nalezena pouze u 12 stanic. Na stanicích Branišovice, Libějovice, Jaroměřice nad Rokytnou, Pusté Jakartice, Krásné Údolí, Žatec, Chrastava, Nechanice, Vysoká, Brno – Chrlice, Rýmařov a Sedlec byla zjištěna statisticky průkazná závislost. Korelace stanic Vysoká a Sedlec byla statisticky průkazná s 99% pravděpodobností. Korelace stanic Rýmařov a Brno-Chrlice byla také statisticky průkazná s 99% pravděpodobností, ale závislost vyšla negativní.

Byla zjištěna značná variabilita vláhových poměrů stanic ve vegetačním období (91. – 180. den) jednotlivých let zkoumaného období 1975 – 2010. Je to dáno zřejmě vlivem hladiny podzemní vody, která danou hodnotu může ovlivňovat negativně, i vzdáleností lokality od vodního toku. Nejmenší výkyvy zásoby vody v půdě vykazuje stanice Rýmařov. Je to vysvětlitelné tím, že se stanice nachází ve vyšší nadmořské výšce, úhrn srážek je tu nadprůměrný a průměrná roční teplota je jedna z nejnižších, čímž je mimo jiné snížen i výpar. Nejsuššími roky (s nejnižší hodnotou VVK) ze všech 21 stanic ÚKZÚZ byly v pořadí od nejsuššího roky 2007, 2000, 2003, 1998, 2002. Vláhově nejbohatším byl rok 1987. Tento závěr podpořila i teplotní a srážková historická data.

Literatura

BLINKA, P. Klimatologické hodnocení sucha a suchých období na území ČR v letech 1876 – 2003. In: Rožnovský, J., Litschmann, T. (eds.): *Seminář: „Extrémy počasí a podnebí“*. ČHMÚ, Brno, 11. Března 2004. ISBN 80-86690-12-1

BRÁZDIL, R. -- KIRCHNER, K. *Vybrané přírodní extrémy a jejich dopady na Moravě a ve Slezsku. Selected natural extremes and their impacts in Moravia and Silesia*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2007, 431 s. ISBN 978-80-210-4173-8.

ČERNÝ, L. ed al. Jarní sladovnický ječmen – pěstitelský rádce. Katedra rostlinné výroby, FAPPZ, ČZU v Praze, 2007. 39 s.

HABERLE, J. -- TRČKOVÁ, M. -- RŮŽEK, P. Příčiny nepříznivého působení sucha a dalších abiotických faktorů na příjem a využití živin obilninami a možnosti jeho omezení. Metodika pro praxi. VÚRV, 2008. ISBN: 978-80-87011-45-4.

HORÁKOVÁ, V. – DVOŘÁČKOVÁ, O. – MEZLÍK, T. *Seznam doporučených odrůd 2011, Přehled odrůd 2011: pšenice ozimá, pšenice jarní, ječmen jarní, ječmen ozimý, žito ozimé, tritikale ozimé, oves setý pluchatý, hrách polní: tritikale jarní, oves nahý, bob polní, lupina*

úzkolistá. 1. vyd. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 2011, 237 s. ISBN 978-80-7401-043-9.

KINCL, M. -- KRPEŠ, V. *Základy fyziologie rostlin*. 2. vyd. / . Ostrava: Montanex, 2000, 221 s. ISBN 80-7225-041-8.

KOHUT, M. -- VITOSLAVSKÝ, J. Agrometeorologická výpočetní a informační soustava - možnosti jejího využití. In: Rožnovský, J., Mašková, M. (eds.): „*Agrometeorologické prognózy a modely*“. Velké Bílovice, 1999, s. 53- 61.

PETR, J. et. al. *Počasi a výnosy*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1987. 365 s.

SPITZ P. -- ZAVADIL J. -- HEMERKA I. Metodika řízení závlahového režimu plodin výpočetním programem ZAPROG 1. VÚMOP, Praha, 2007. 32 s. ISBN 978-80-254-0626-7.

TLAPÁK, V. -- LEGÁT, V. -- ŠÁLEK, J. *Voda v zemědělské krajině*. 1. vyd. Praha: Brázda, 1992, 318 s. ISBN 80-209-0232-5.

TRNKA, M. et al. Hydrometeorologické extrémny 94 - 104. In: Žalud, Z. (ed.): *Změna klimatu a české zemědělství – dopady a adaptace. Folia*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno, 2009. 154 s. ISBN 978-80-7375-369-6.

ZIMOLKA, J. *Ječmen - formy a užitkové směry v České republice*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2006, 200 s. ISBN 80-86726-18-5.

Poděkování

Podpořeno z prostředků specifického vysokoškolského výzkumu prostřednictvím projektu Interní grantové agentury AF MENDELU 2013 číslo SP2130011.

Kontakt:

Ing. Pavlína Krmelová

Ústav aplikované a krajinné ekologie, Agronomická fakulta Mendelovy univerzity v Brně

Zemědělská 1, 613 00 Brno

Tel.: +420 545 132 480, krmelovapavlina@seznam.cz