

VLIV DÉLKY FENOFÁZÍ A POČASÍ NA OBSAH BETA-GLUKANŮ PŘI ŠLECHTĚNÍ JARNÍHO JEČMENE

Rožnovský J.
Ehrenbergerová J.

SUMMARY:

THE EFFECT OF THE LENGTH OF THE PHENOLOGICAL STAGE AND WEATHER ON THE CONTENT OF BETA-GLUKANS DURING BREEDING SPRING BARLEY

Barley is an important agricultural crop; it is not only an important feed for farm animals, but it is also an important foodstuff. Our objective was to explore the effect of the length of the phenological stage and the course of weather on the content of non-starch polysaccharides when breeding spring barley. Evaluations of the results of breeding in terms of the contents of the above substances showed that their variability was very high in the period of 2000-2004. Breeding trials were conducted on experimental plots of Mendel University of Agriculture and Forestry in Žabčice where an agro-meteorological automatic station is based and where phenology observations are carried out. The evaluations were based on daily data on air temperatures and sums of precipitation. As part of the phenology observations we evaluated the following phenology stages: flowering; milk, yellow and full maturity. The period from the onset of the flowering stage to full maturity lasted 43 days on average and was the shortest in 2003, i.e. 34 days, and the longest in 2000 and 2001, i.e. 50 days. The average temperature in this period was 19.9°C; the highest temperature was monitored in 2003, i.e. 20.9°C, and the lowest in 2004, i.e. 19.3°C. With regard to the length of the period the sums of air temperature did not match up to the air temperatures; although the average temperature was the highest in 2003, the sums of temperatures were the lowest. The distribution of precipitation in the individual years and phenology stages was very variable, but was definitely the lowest in 2003, which was seen as the driest year. The sum for the entire vegetation period was only 20 mm; in the phenology stage of flowering it was only 4 mm. Basing on results obtained in 2000 – 2004 we can conclude that in this period the concentration of β -glucans was considerably affected by the genotypes, course of weather in the vegetation stages and interaction of both factors.

Key words: barley, beta-glucans, phenology, air temperature, precipitation

Úvod

V našich klimatických podmínkách je ječmen jednou ze základních zemědělských plodin. Pěstování ječmene je v České republice historicky spojeno s využitím produkce pro výrobu sladu a piva, rovněž je nezastupitelným krmivem. Zrno ječmene se využívalo už ve starověku jako potravina a v některých oblastech je tomu tradičně dodnes. V současnosti zažívá ječmen renesanci v humánní výživě a ve vyspělých zemích se produkce využívá k výrobě tzv. funkčních potravin pro cenné složky zrna (nutriceutika). K nim patří rovněž neškrobové polysacharidy – složky dietní vlákniny - β -glucany (1-3)(1-4) a arabinoxylany (Newman et al., 1989, Pomeroy et al. 2001). Neškrobové polysacharidy zrna ječmene mají i určité negativní vlivy: nízkou filtrovatelnost, tvorbu zákalů piva i nízký výnos extraktu, jsou příčinou vysoké viskozity sladiny. Většina těchto problémů je připisována zejména ve vodě rozpustným

beta-glukanům β -glucanům), ale i arabinoxylánům (Dervilly et al., 2002). Z důvodů výše uvedených je třeba šlechtěním zvýšit obsah uvedených fytonutrientů v typech ječmene potravinářských, nesladovnických a naopak snížit ve sladovnických a krmných typech. V agrometeorologických studiích je věnována velká pozornost vztahu mezi růstovými, tedy i fenologickými, projevy obilnin a průběhem počasí. K dříve vydaným základním dílům v tomto směru patří publikace Petra et al. (1980, 1987). Z různého pohledu se vlivu počasí na výnosy a kvalitu obilnin věnovalo velké množství autorů (Rožnovský, 1985, 1989). Vyhodnocení fenologických pozorování nacházíme v literatuře stále častěji, protože projevy rostlin jsou významným indikátorem změny klimatu (Braslavská et al. 1996, Brázdil a Rožnovský et al., 1996, Chmielewski a Rötzer, 2002, Menzel, 2000, Rožnovský, 1993). Analýza fenologických dat je součástí hodnocení

agroklimatických poměrů (Kurpelová, 1980, Ehrenbergerová et al. 1993). Popis fenofází ječmene je uváděn v jednotlivých návodech (Pifflová et al., 1956, Návody, 1983). Posledním vydaným významným fenologickým dílem je Fenologický atlas (2004).

Metodika

Fenologická pozorování ječmene jarního byla součástí výzkumného úkolu, který má za cíl šlechtěním zvýšit obsah β -glukanů v zru jarního ječmene, stanovení obsahu β -glukanů, arabinoxylanů a možných faktorů, které jejich obsah ovlivňují. Šlechtitelské plochy jsou součástí pokusných ploch Školního zemědělského podniku v Žabčicích, který je výukovým a výzkumným pracovištěm Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně. Hodnoceny jsou sladovnické a *waxy* (donory β -glukanů) odrůdy a linie, které jsme vyšlechtili s cílem dosažení vyšší koncentrace β -glukanů a přijatelné výnosové úrovně.

Fenofáze byly hodnoceny podle návodů pro fenologická pozorování (Pifflová et al. 1956 a Návody, 1987). Vyhodnoceny byly fenofáze kvetení, mléčná zralost, žlutá zralost a plná zralost za roky 2000 až 2004. Pozorovaná data byla převedena na pořadové dny v roce a statisticky zpracována. Meteorologické prvky byla naměřeny na agrometeorologické stanici v blízkosti šlechtitelských záhonů. Vyhodnoceny byly průměrné denní teploty vzduchu, jejich sumy aktivních a efektivních teplot a úhrny srážek, a to pro jednotlivé fenofáze.

Výsledky a diskuse

Pokud jde o analýzu látek, bylo zjištěno, že významně vyšší obsah β -glukanů (obr. 1 měly v pětiletém období (2000 – 2004) *waxy* odrůdy Washonubet, Wabet a Wanubet (6.77 – 7.57 %) a linie pocházející z křížení těchto odrůd s odrůdami sladovnického typu (5.78 – 7.03 %). Naopak významně nižší obsah měly pluchaté odrůdy sladovnického typu Kompakt (4.03 %) a Krona (4.30 %). Odrůda Krona měla i významně nižší průměrný obsah arabinoxylanů (5.45 %) za roky 2002 – 2004 oproti většině odrůd/linií a naopak odrůda Wabet měla nejvyšší obsah arabinoxylanů (7.78 %). Z výsledků v letech 2000 – 2004 lze usoudit, že koncentrace β -glukanů v letech 2002 - 2004 byla významně ovlivňována genotypy, průběhem počasí ve vegetačních obdobích i interakcemi obou těchto faktorů.

Pokud jde o délku fenofází, vidíme jejich srovnání na obr. 2. V roce 2003 byly nejkratší fáze kvetení a plné zralosti během hodnocené pětiletého období, ovšem fáze mléčné zralosti byla druhá nejdelší, a to po roce 2001.

Z hodnocení průměrných denních teplot vzduchu za fenofáze vychází nejvyšší průměrná teplota vzduchu za nejkratší fázi kvetení, tedy v roce 2003, jak je zobrazeno na obr. 3. Můžeme uvést, že průměrné teploty fenofází jsou v jednotlivých letech proměnlivé. Zcela jednoznačně však můžeme říci, že průměrné teploty za sledované roky byly vyšší, než je normál z let 1961 až 1990.

Kratší fenofáze kvetení v roce 2003 je příčinou, proč je suma aktivních teplot vzduchu nad 15 °C v tomto roce nejnižší za hodnocené období (obr. 4). Ovšem nejnižší nebyla tato suma pro fázi plné zralosti, nižší byla v roce 2000. Obdobné závěry je možné uvést pro sumu efektivních teplot vzduchu nad 15 °C (obr. 5).

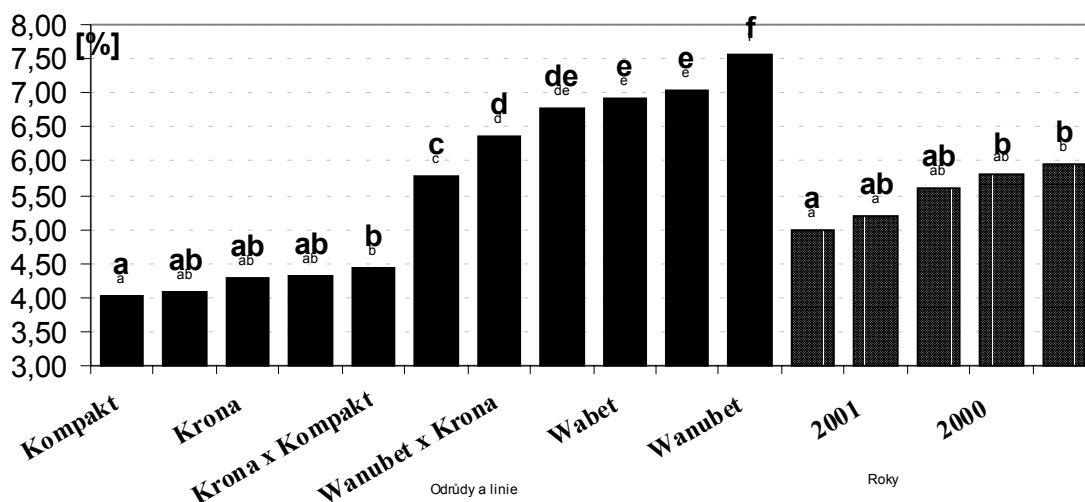
Velice pádný argument pro hodnocení vlivu jednotlivých fenofází jsou úhrny srážek. Jak vyplývá z obr. 6, jsou nejnižší úhrny za období všech fenofází v roce 2003. Z jednotlivých fenofází má za pětileté období nejnižší úhrn srážek fáze kvetení v roce 2003, je to svým způsobem logické, protože byla nejkratší. Nejnižší úhrn měla v roce 2003 i fáze žluté zralosti. Mléčná zralost měla nejkratší délku v roce 2000 a plná zralost v roce 2004. Za vegetační období r. 2003 spadlo tedy téměř o polovinu méně srážek než v roce 2002 (186 mm). Rok 2002 byl ze všech pěti let na srážky nejbohatší, přičemž jejich největší podíl připadá na měsíc červen a počátek července (110 mm), tj. na dobu nalévání a zrání zrna. Naopak v roce 2003 i 2000 bylo v měsíci červnu suché a teplé počasí, srážky byly velmi nízké a průměrné teploty činily 22,4 a 20,3 °C.

K vyjádření souhrnného vlivu teplot vzduchu a úhrnů srážek jsme zvolili vyjádření obdobou hydrotermického koeficientu (HTK), tedy poměru úhrnu srážek a průměrných teplot vzduchu za fenofáze v jednotlivých letech. Hodnota HTK byla nejnižší v roce 2003, a to 9.8. a následovaly roky 2000 s HTK 15,3; v roce 2001 16,4; v roce 2004 16,8 a v roce 2002 pak 19.0). Ze srovnání našich výsledků vyplývá, že negativní vliv na koncentraci β -glukanů (1-3)(1-4) měly vyšší srážky a nižší teploty v roce 2002 v období kvetení a plné zralosti. Naopak sušší a teplejší počasí v roce 2003 jejich obsah zvyšovalo. Nejvyšší průměrné obsahy β -glukanů

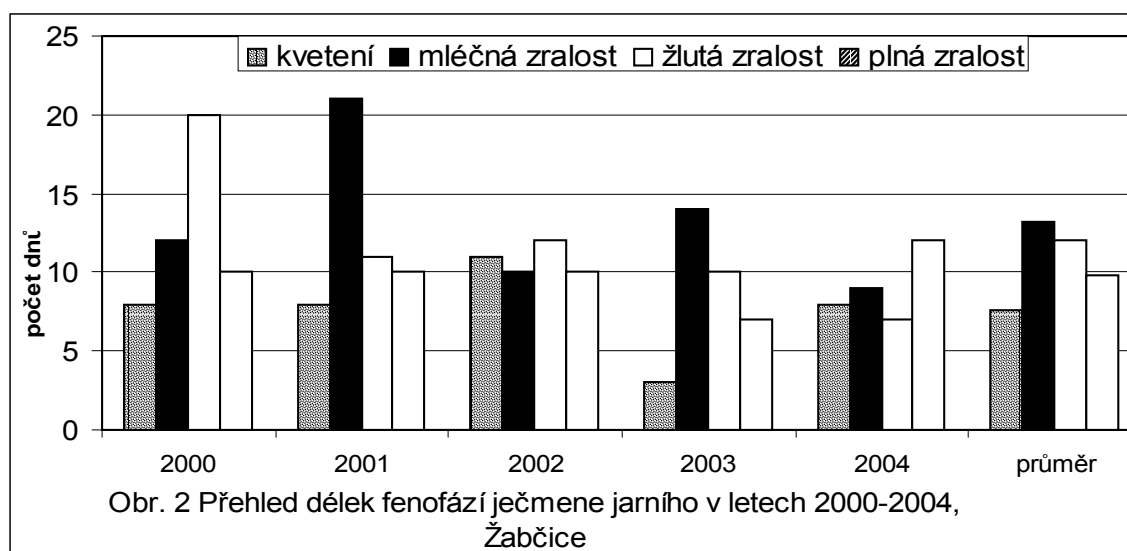
(5,97 a 5,68 %) byly stanoveny v roce 2003 a 2000 a signifikantně se tak lišily od roku 2002 (4,98 %). Průběh počasí se v roce 2003 velmi podobal roku 2000 a tomu odpovídaly i nejvyšší obsahy β -glukanů.

V letech 2001 a 2004 byly srážky v červnu nižší (33 a 68 mm) než v r. 2002. Zejména vysoké srážky v měsíci červnu se jeví být v negativní korelaci se syntézou a následnou koncentrací β -glukanů v zrně ječmene (korelační koeficient pro obsah beta-glukanů a srážky v červnu = -0,69*). Zhang et. al. (2001) potvrdili kromě

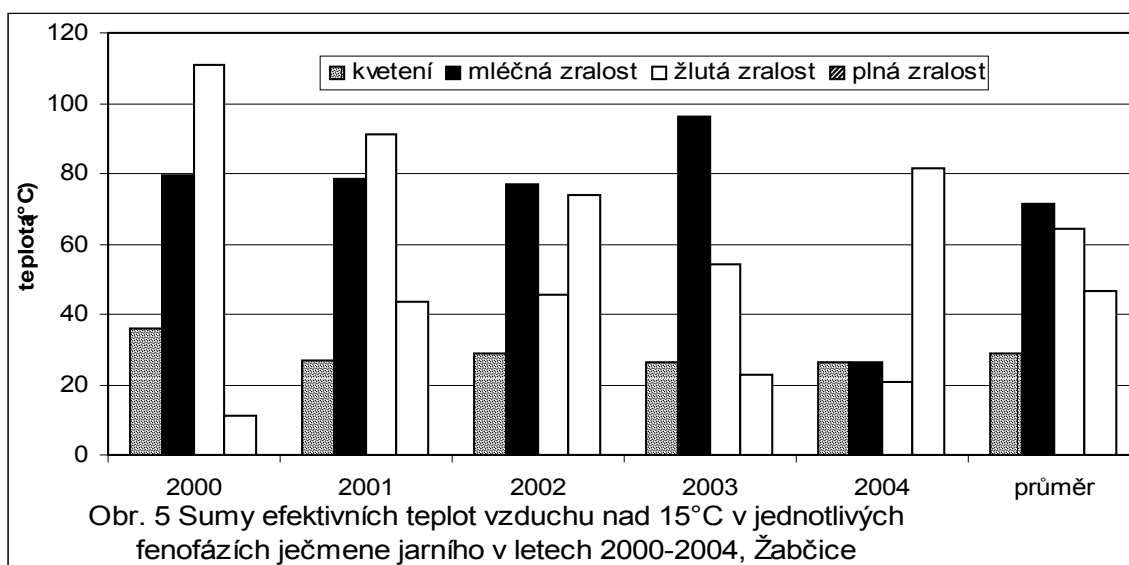
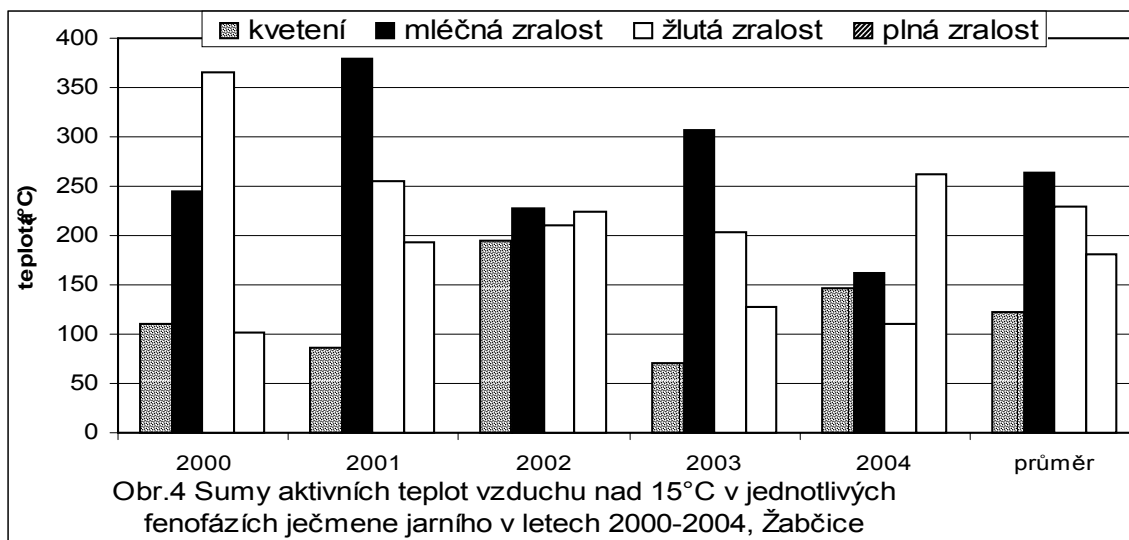
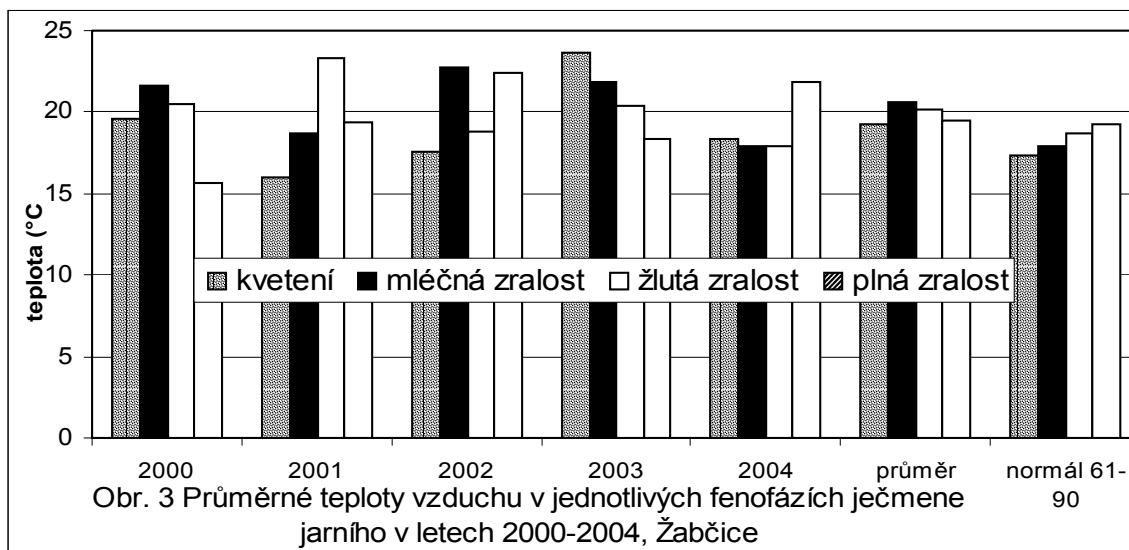
negativního signifikantního vlivu srážek během vývoje zrna i signifikantní vliv teplot (25 – 30°C) na obsah β -glukanů v zrně sladovnických odrůd ječmene. Rovněž v našich pokusech vyšší srážky a nižší teploty zejména v době kvetení a vývoje zrna v r. 2002 působily nepříznivě na obsah β -glukanů. Ani nejvyšší teploty v červnu 2002 nekompenzovaly negativní vliv vysokých srážek na obsah β -glukanů.

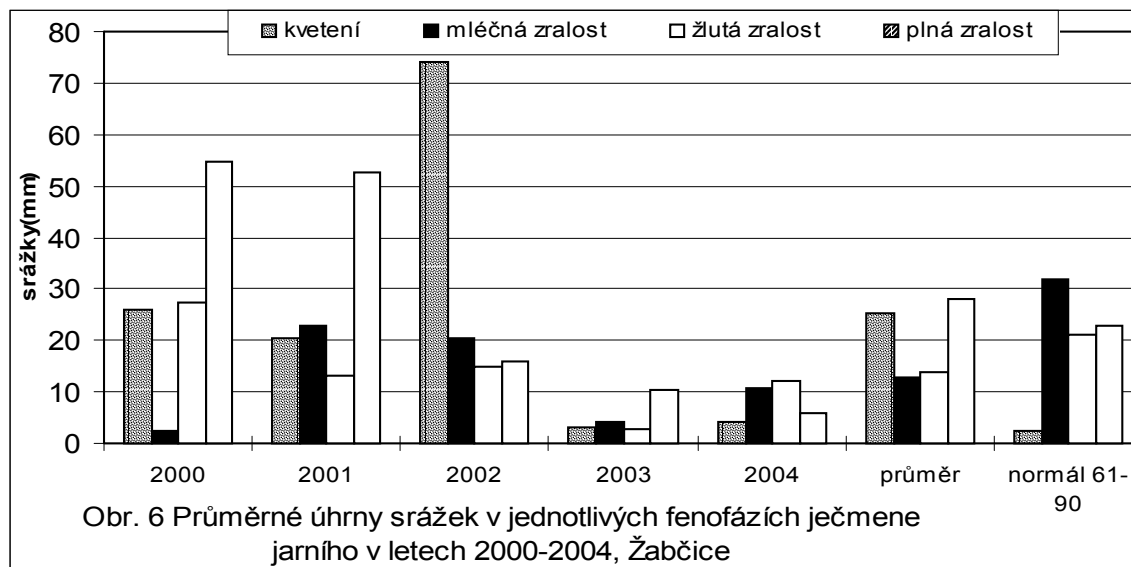


Obr. 1 Průměrný obsah β -glukanů u odrůd a linií v letech 2000 – 2004



Obr. 2 Přehled délek fenofází ječmene jarního v letech 2000-2004, Žabčice





Roky 2001 a 2004 se průměrným obsahem β -glukanů nelišily od roku 2002 s významně nižší průměrnou hodnotou, ani od r. 2003 s nejvyšším průměrným obsahem. Jejich vegetační období (do DC 97) byla na srážky téměř stejně bohatá (180 a 186 mm), průměrné teploty činily 14,2 a 12,7 °C. Měly také chladný měsíc červen (17,2 °C), srážky (33 a 68 mm) byly vyšší než v r. 2000 a 2003 (16 mm). V roce 2004 však spadlo největší množství srážek 3. 6. (21 mm) a vzhledem k opožděnému nástupu fáze plnění zrn již zřejmě neovlivnily negativně obsah β -glukanů. Avšak tato fáze byla ze všech pěti roků nejdelší, čímž snad lze vysvětlit třetí největší v pořadí roků koncentraci β -glukanů. V měsíci červnu byla v roce 2003 nejvyšší průměrná teplota ze sledovaných pěti let (22,4 °C), obdobně odpovídala vyššímu obsahu β -glukanů i teplota v červnu r. 2000 (20,3 °C).

Závěr

Cílem našeho hodnocení bylo ověřit vliv délky fenofází a průběhu počasí na obsah neškrobových polysacharidů při šlechtění jarního ječmene. Šlechtitelské pokusy byly vedeny na výzkumných plochách MZLU v Žabčicích, kde je též agrometeorologická automatická stanice a jsou vedena fenologická pozorování. Pro vyhodnocení vlivu byly použity denní údaje o teplotách vzduchu a úhrnech srážek.

V rámci hodnocení výsledků šlechtění na obsah výše uvedených látek se ukázala jejich vysoká variabilita během hodnoceného období 2000-2004. Můžeme konstatovat, že koncentrace β -glukanů byla v letech 2002 - 2004 významně ovlivňována genotypy, průběhem počasí ve vegetačních obdobích i interakcemi obou těchto faktorů. Negativní vliv na koncentraci obou látek měly vyšší srážky a nižší teploty v roce 2002 v období kvetení a plné zralosti. Z analýzy fenofází vyplývá, že délka období od nástupu fáze kvetení do plné zralosti byla v průměru 43 dny, nejkratší byla v roce 2003, a to 34 dnů, nejdelší v letech 2000 a 2001, a to 50 dnů. Průměrná teplota tohoto období činila 19,9 °C, v roce 2003 byla nejvyšší teplota, 20,9 °C, nejnižší s hodnotou 19,3 °C v roce 2004. Přes nejvyšší průměr teploty v roce 2003 patří sumy teplot tohoto roku k nejnižším. Rozložení srážek je v jednotlivých letech a fenofázích velmi proměnlivé, ale jednoznačně nejnižší v roce 2003, který z hodnocených let je nejsušší. Úhrn za celé hodnocené období vegetace je pouze 20 mm, když ve fenofázi kvetení byl jen 4 mm. Naopak sušší a teplejší počasí v roce 2003 jejich obsah zvyšovalo. Jako vhodná charakteristika pro vyjádření vlivu teplot a úhrnů srážek na obsah látek u ječmene jarního se ukázal jejich poměr, tedy doba hydrotermického koeficientu.

Poděkování

Autoři děkují za finanční podporu Výzkumného centra IM0570 MŠMT ČR.

Literatura

- BRASLAVSKÁ, O., BORSÁNYI, P., ŠEVČOVIČOVÁ, Z., 1996. Analýza nástupu fenologických fází rostlin v Sučanech v závislosti od změn teploty vzduchu. *Národní klimatický program SR, III*, zv. 4, s. 77–89.
- BRÁZDIL, R., ROŽNOVSKÝ, J. 1996. Impacts of a Potential Climate Change on Agriculture of the Czech Republic – Country Study of Climate Change for the Czech Republic, Element 2., 146. Národní klimatický program ČR, svazek 21, Praha, český hydrometeorologický ústav, 146 s.
- Doehlert, D. C., McMullen, M. S. & Hammond, J. J. 2001. Genotypic and environmental effects on grain yield and quality of oat grown in North Dakota. *Crop Science* 41:1066-1072.
- CHMIELEWSKI, F.M., RÖTZER, T., 2002. Annual and spatial variability of the beginning of growing season in Europe in relation to air temperature changes. *Climate research*, Vol. 19, p. 257-264.
- COUFAL, L. et al. , 2004. Fenologický atlas. Český hydrometeorologický ústav, Praha.
- DOUGLAS, S.: 1981. A rapid method for the determination of pentosans in wheat flour. *Food Chemistry* 7:139-145.
- EHRENBERGEROVÁ, J., VACULOVÁ, K., ZIMOLKA, J., MÜLLEROVÁ, E. 1999. Yield characters and their correlations with quality indicators of hull-less spring barley grain. *Plant Production* 45: 53-59.
- HAVLOVA, P. 2001. B-glukany a jejich význam pro pivovarství. *Kvasný Průmysl* 47 (6):174-175.
- KURPELOVÁ, M., 1980. Fenologické javy a ich vzťah ku kolísaniu klímy. *Meteorologické zprávy*, roč. 33, č.5, s. 142-147.
- MENZEL, A., 2000. Trends in phenological phases in Europe between 1951 and 1996. *Int. J. Biometeorol.*, Vol. 44, Num. 2, p. 76 - 81.
- Návod pro činnost fenologických stanic - polní plodiny. Praha, ČHMÚ 1981. Metodický předpis č. 2.
- NEWMAN, R. K., NEWMAN, C. W., and GRAHAM, H. 1989. The hypocholesterolemic function of barley β -glucans *Cereal Foods World* 34:883-886.
- PIFFLOVÁ, L., BRABLEC, J., LENNER, V., MINÁŘ, M., 1956. Příručka pro fenologické pozorovatele. Hydrometeorologický ústav, Praha.
- POMEROY, S., TUPPER, R., CEHUN-ADERS, M. & NESTEL, P. 2001. Oat β -glucan lowers total and LDL-cholesterol. *Australian Journal of Nutrition and Dietetics* 58:51-55.
- ROŽNOVSKÝ, J.: Agroklimatické podmínky a fenologická hodnocení v pohledu možných klimatických změn. Bratislava, Slovenská bioklimatologická společnost 1993, Štúdia XI., s.52 - 55.
- ROŽNOVSKÝ, J.: Rozbor vztahů agrometeorologických ukazatelů a délky fenofází obilnin. *Folia*, řada A, Brno, Univ. agric., fac.agron. 1985, 49 s.
- ROŽNOVSKÝ, J.: Zabezpečení srážkových úhrnů v kritických obdobích obilnin. In: Intenzifikace rostlinné výroby a ochrana krajiny. VŠZ Brno, 6-7.9.1989, s. 85.
- SAASTAMOINEN, M. 1995. Effects of environmental factors on the β -glucan content of two oat varieties. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B, Soil and Plant Science* 45:181-187.
- ZHANG, G., CHEN, J., WANG, J. & DING, S. 2001. Cultivar and environmental effect on (1-3, 1-4)- β -D-glucan and protein content in malting barley. *Journal of Cereal Science* 34: 295-301.

Autoři:

RNDr. Ing. Jaroslav Rožnovský, CSc.
Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno
Kroftova 43
616 67 Brno
Tel. 541 421 020
E-mail: roznovsky@chmi.cz

*Doc. Ing. Jaroslava Ehrenbergerová, CSc.
Ústav pěstování, šlechtění rostlin a rostlinolékařství.
Mendlova zemědělská a lesnická univerzita
Zemědělská 1
613 00 Brno
Tel. 545133127
Email: ehren@mendelu.cz*