

## Fenologie pšenice

### Wheat phenology

*Ilja Tom Prášil, Jana Musilová, Jiří Hermuth, Klára Kosová, Miroslav Klíma, Pavel Vítámvás*

*Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. v Praze*

#### **Abstrakt**

Kombinací sledování makrofenologie a mikrofenologie dvaceti odrůd ozimé pšenice během dvou vegetačních ročníků 2016/17 a 2017/18 byly charakterizovány klíčové etapy růstu a vývoje pšenice. Jako vhodné pro porovnání vývoje ozimé pšenice s počasím v obou ročnících se ukázala suma efektivních teplot vzduchu nad 0 °C násobených délkou dne v hodinách. Dřívějšímu nástupu fáze metání, kvetení i plné zralosti odpovídal i rychlejší nárůst uvedené sumy teplot v ročníku 2017/18 oproti předchozímu ročníku 2016/17. Přitom rozdíly mezi odrůdami v nástupu jednotlivých fenofází na jaře se pohybovaly v rozmezí deseti dnů. Diskutován je vliv vyšší teploty a sucha na dobu nástupu jednotlivých fenofází a výnos sledovaných pšenic.

**Klíčová slova: makrofenologie, mikrofenologie, suma teplot \* délka dne, sucho, horko**

#### **Abstract**

Key stages of growth and development of wheat were monitored by decimal growth stages and shoot apex development of twenty varieties of winter wheat during two vegetation seasons 2016/17 and 2017/18. The earlier onset of heading, flowering and full ripeness of wheat in the 2017/18 season compared to the previous year 2016/17 corresponded to a faster rise in photothermal time. The differences between the varieties in the onset of phenophases in the spring were within ten days. The influence of heat and drought on the time of onset of individual phenophases and yield of wheat is discussed.

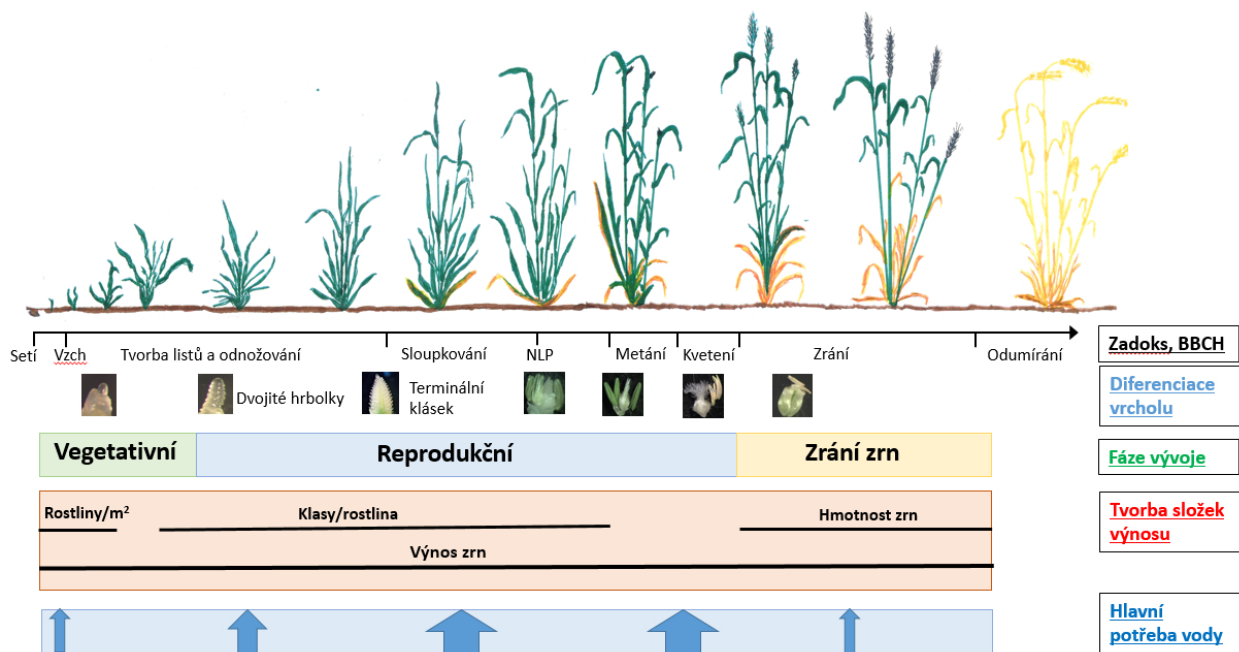
**Keywords: growth stages, apical development, photothermal time, drought, heat**

#### **Úvod**

Fenologie pšenice umožňuje zachytit průběh růstu a vývoje pšenice v závislosti na změnách prostředí, včetně počasí. Každoročně je tak možné porovnávat nástup a dobu působení jednotlivých fenologických fází, kterými rostliny pšenice prochází od setí až do sklizně. Pro zemědělství je termín nástupu fenologických fází důležitý z hlediska optimalizace zemědělských prací a agrotechnických opatření, jako jsou aplikace růstových látek, pesticidů, živin (Barber et al. 2015). Důležitou roli hraje v růstových modelech, kde je cílem simulovat tvorbu jednotlivých

výnosových složek pšenice a predikovat její výnos (Hussian et al. 2018). V molekulární biologii rostlin je studium fenologie zaměřeno na poznání genetického založení růstu a vývoje pšenice (Barber et al. 2015). Souhrnně využití fenologie pšenice umožňuje nejen poznávat změny vnějšího prostředí (klimatu), ale i cíleně ovlivňovat jednotlivé fenologické fáze rostlin zásahy do vnějšího prostředí či šlechtěním a genetickou manipulací genů řídících vývoj pšenice.

Pro popis jednotlivých fenologických fází pšenice byla užitá celá řada stupnic (Landes a Porter 1989). V současnosti je nejrozšířenější stupnice dle Zadokse (Zadoks et al. 1974), zobecněná ve středoevropském prostoru stupnicí BBCH. Jedná se o stupnici založenou na vnějších morfologických změnách a uváděnou v desetinném kódu (také označovanou jako růstová či makrofenologická stupnice). Kromě ní jsou popsány fáze vývoje vzrostného vrcholu umožňující sledovat postupnou diferenciaci klasu (tzv. mikrofenologické stupnice). Obě stupnice mají svoji opodstatněnost, neboť umožňují blíže charakterizovat jednotlivé fáze růstu a vývoje pšenice ve vztahu k vnějšímu prostředí i jejich dopad na výnos (obrázek 1.).



Obrázek 1. Přehled časového nástupu jednotlivých fenofází pšenice a jejich vliv na výnos (podle Slafer 2012, sestavil a doplnil I.T.Prášil)

Z hlediska počasí má na vývoj pšenice dominantní vliv teplota prostředí. To vedlo ke studiu závislosti dosažení jednotlivých fenologických fází pšenice na určité minimální sumě teplot (ang. thermal time) (Masle et al. 1989). Přitom je pro výpočet sum rozhodující rozmezí teplot, které může být pro různé fenologické fáze různé. Vývoj pšenice je navíc v některých fázích

modifikován i dalšími faktory prostředí jako je např. fotoperioda či sluneční svit a tyto faktory se rovněž uplatňují při výpočtu sumy teplot (photothermal time, či heliothermal time). V posledním období se pak intenzivně studuje dopad abiotických stresů (sucha a horka) na jednotlivé fenologické fáze pšenice (např. Xiao et al. 2017). V příspěvku se zabýváme analýzou vývoje souboru odrůd pšenice v posledních dvou ročnících 2016/17 a 2017/18, které byly z hlediska rychlosti vývoje pšenice výrazně odlišné.

## Materiál a metody

Na podzim 2016 a 2017 byly založeny maloparcelové pokusy (4,5 m<sup>2</sup>) s 20 odrůdami ozimé pšenice evropského původu (Angelus, Balitus, Bernstein, Bohemia, Bonanza, Calumet, Drichter, Dromos, Faunus, Frisky, Futurum, Helmut, Messi, Pankratz, Partner, RGT Matahari, RGT Reform, Rivero, Viriato, Yetti). Odrůdy se lišily rozdílnou raností. Výsevy a agrotechnická opatření probíhala podle standardní metodiky (předplodina hrách setý, výsev na konci září, výsevek 350 zrn / 1 m<sup>2</sup>, hnojení PK na základě rozboru půdy, na jaře regenerační přihnojení N, na podzim herbicidní (dvouděložné plevelle) a insekticidní postřik proti plevelům a přenašečům viróz, na jaře aplikace herbicidu proti jednoděložným plevelům (oves hluchý), bez aplikace fungicidů a morforegulátorů, sklizeň – červenec.). V průběhu celé vegetace byly zaznamenávány fenologické fáze pšenice podle Zadoks et al. (1974) a diferenciacie vzrostného vrcholu podle Waddington et al. (1983). Během sklizně byly analyzovány jednotlivé výnosové složky (HTS, počet klasů na m<sup>2</sup>, výnos). Od výsevu do sklizně pšenice byly aktuální meteorologické hodnoty měřeny přímo v porostu – teplota vzduchu, srážky, teplota a vlhkost půdy v různé hloubce a další prvky – pomocí přenosné meteorologické stanice. Pro porovnání jednotlivých faktorů počasí s vývojem porostů ozimé pšenice uvádíme průměry sledovaných znaků vypočítané ze všech 20 odrůd.

## Výsledky

Období říjen až červenec	Teplota vzduchu ve 2m (°C)		Teplota půdy v hloubce 2,5 cm (°C)		Minimální přízemní teplota (°C)	Počet dnů se sněhem	Ledový den (Max<0 °C)	Tropický den (Max<=30 °C)	Suma úhrnu srážek (mm)	Suma globálního záření (MJ/m <sup>2</sup> )	Suma teplot vzduchu (°C)	Suma teplot vzduchu * délka dne (°C *h)
	Max	Min	Max	Min								
2016/17	34.7	-16.3	37.6	-3.5	-20.4	38	29	11	395	3976	2669	37883
2017/18	35.3	-15.5	41.5	-8.4	-16.2	17	15	17	282	4150	2955	41566

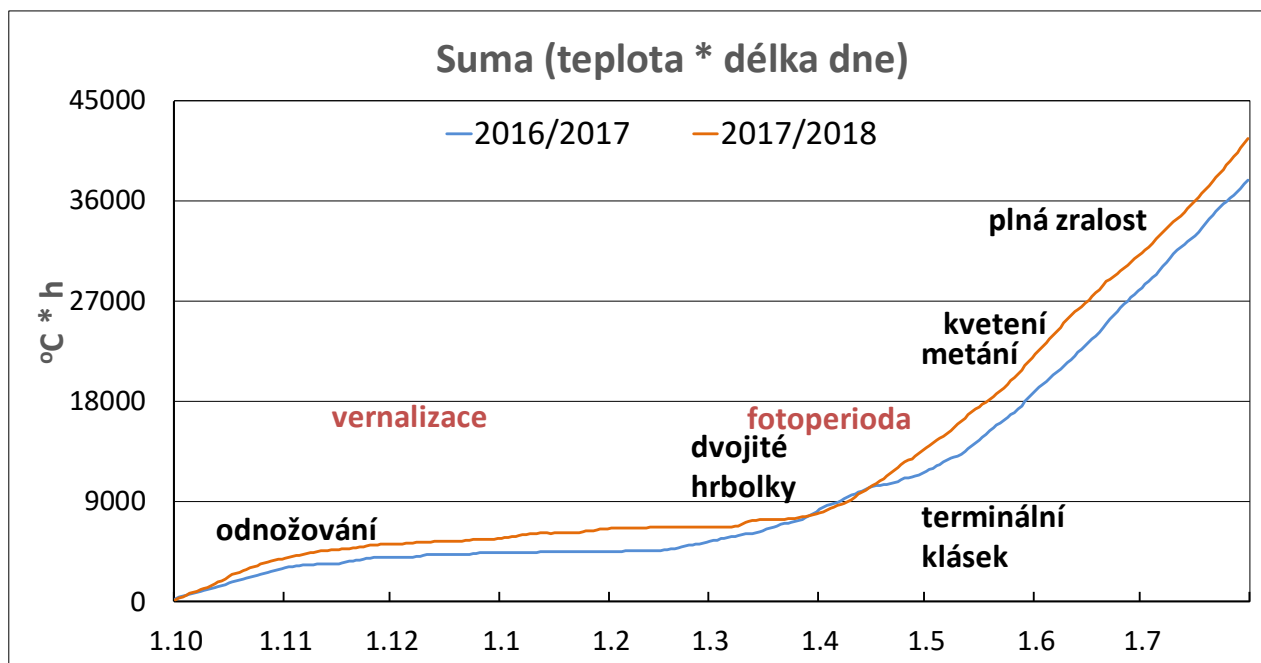
Průběh měřených meteorologických prvků na stanici VÚRV v Praze-Ruzyni v obou ročnících shrnuje tabulka 1. Ročník 2017/18 byl sušší, teplejší a s vyšší sumou záření než předchozí ročník 2016/17. Měl i více tropických dnů i vyšší maximální teploty vzduchu či půdy, měřené přímo

v porostu. Suma teplot během vegetačního ročníku byla vyjádřena buď jako suma efektivních teplot vzduchu nad 0 °C (dále suma) nebo suma efektivních teplot vzduchu nad 0 °C \* délka dne (dále suma \* dd) od října do konce července následujícího roku.

**Tabulka 2: Přehled průměrné doby dosažení fenofází a výnosu dvaceti odrůd pšenice pěstovaných ve VÚRV v Ruzyni.**

Období říjen až červenec	Počet odnoží prosinec	Počet odnoží únor	Přechod hlavního vrcholu do generativní fáze	Metání (datum)	Kvetení (datum)	Plná zralost (datum)	Výška rostlin (cm)	Počet klasů na m <sup>2</sup>	HTS (g)	Výnos (t/ha)
2016/17	1	2	21.3.17	30.5.17	3.6.17	10.7.17	83	502	41	8,9
2017/18	4	5	23.3.18	21.5.18	26.5.18	3.7.18	73	433	38	8,3

Průběh nástupu základních fenofází a výnosových složek u sledovaného souboru odrůd pšenice v obou ročních shruje tabulka 2. V ročníku 2017/18 dosáhly rostliny pšenice do začátku zimy vyšší počet odnoží než v předchozím ročníku 2016/17. Na druhé straně v ročníku 2017/18 byl nástup fází metání, kvetení a plné zralosti pšenice o 7 až 9 dní dřívější, rostliny však byly v průměru nižšího vzrůstu a měly menší počet klasů na m<sup>2</sup>, nižší HTS i výnos než v předchozím ročníku. Tabulka shrnuje průměry vypočítané ze všech sledovaných dvaceti odrůd, které zahrnovaly odrůdy s různou raností. Rozdíly mezi nimi byly až deset dní v nástupu jednotlivých fází na jaře, tj. v metání, kvetení nebo plné zralosti.



Obrázek 2. Suma efektivních teplot nad 0 °C \* délka dne a průběh jednotlivých fenofází pšenice v obou ročních 2016/17 a 2017/18.

Při porovnání rozdílu doby nástupu jednotlivých fází v obou ročnících se nám jako přesnější ukázalo vztáhnout vývojové fáze k sumě efektivních teplot nad 0 °C násobených délkou dne (obrázek 2). Z obrázku 2 je patrné, že tato suma \* dd byla vyšší na podzim v ročníku 2017/18, což odpovídalo i většímu počtu dosažených odnoží v tomto ročníku (tab. 2). Obě křivky sum \* dd se setkaly na jaře na přelomu března a dubna a v tu dobu téměř shodně došlo k dosažení stejné fáze dvojitých hrbolků na vegetačním vrcholu v obou ročnících. V pozdější části jara byl opět rychlejší nárůst sumy \* dd v ročníku 2017/18, který byl doprovázen i dřívějším nástupem fází metání, kvetení a plné zralosti oproti předchozímu ročníku 2016/17.

## Diskuze

Kombinací sledování makrofenologie a mikrofenologie dvaceti odrůd pšenice během dvou vegetačních ročníků 2016/17 a 2017/18 byly charakterizovány klíčové etapy růstu a vývoje pšenice. Nástup jednotlivých fází byl vztažen k sumě efektivních teplot nad 0 °C násobených délkou dne v hodinách. To umožnilo porovnat oba ročníky dohromady. Lepší shodu vývoje pšenice a jednotlivých listů pomocí násobku sumy teplot a délky dne (photothermal time) uvádí i další autoři (Masle et al. 1989).

Ozimá pšenice je v prvních fázích vývoje kromě teploty ovlivněna i dalšími dvěma procesy, vernalizací a citlivostí k fotoperiodě (viz obr. 2). Oba procesy umožňují pšenici zachovat ve stavu, kdy je schopna překonat nepříznivé podmínky zimy v raných fázích vývoje. Schopnost rostlin pšenice otužit se vůči mrazu však klesá s přechodem do generativní fáze (Kosová a Prášil, 2012). Tento přechod ukazuje fáze diferenciacie dvojitých hrbolků na vzrostném vrcholu. Citlivost rostlin k fotoperiodě v našich podmínkách postupně klesá s prodlužujícím se dnem až do poslední dekády dubna, kdy délka dne překračuje 14 hodin. Toto období je vývojově spojeno s dosažením fáze diferenciacie terminálního klásku na vrcholu (Prášil et al. 2016). Pak se při vývoji pšenice uplatňuje především teplota jako dominantní faktor, který ovlivňuje rychlost nástupu dalších fenofází rostlin. Rychlejším nárůstem sumy teplot tak můžeme vysvětlit i dřívější nástup fáze metání, kvetení i plné zralosti pšenice v ročníku 2017/18 oproti předchozímu ročníku 2016/17 (obrázek 2). Nelze tím však plně vysvětlit i snížení výšky rostlin a výnosu pšenice v roce 2018.

Je třeba přihlédnout i k dalším faktorům, které ovlivňují růst a vývoj pšenice jako je sucho a horko (vysoká teplota). Oba faktory nejenže vedou k redukci biomasy, ale i urychlují vývoj pšenice (Prášil et al. 2018). Z tohoto hlediska byl ročník 2017/18 výrazně sušší a častěji se vyskytovaly dny s teplotami nad 30 °C, což bylo doprovázeno redukcí výšky i výnosu pšenice.

Negativní dopady výskytu maximálních teplot vzduchu nad 33 °C na růst a tvorbu jednotlivých výnosových prvků pšenice jsou v literatuře podrobně popsány (přehledně Barlow et al. 2015). V případě výsledků, které zde prezentujeme jako průměrné hodnoty naměřené u souboru dvaceti odrůd, je třeba připomenout, že odrůdy se lišily svojí raností. Rozdíly mezi nejranější odrůdou Variato a nejpozdnější Drichter dosahovaly v době kvetení rozdíl deseti dnů.

## **Závěr**

Vzájemné porovnání vlivu počasí na nástup jednotlivých fenologických fází ozimé pšenice ve dvou vegetačních ročnících 2016/17 a 2017/18 umožnilo jejich vztažení k sumě efektivních teplot vzduchu nad 0 °C násobených délkou dne. Doplnění Zadoksovy růstové stupnice o sledování diferenciací vzrostného vrcholu (makrofenologické stupnice doplněné o klíčové mikrofenologické fáze) umožnilo detailně vysvětlit rozdíly či shody v nástupu jednotlivých fenofází pšenic mezi oběma ročníky. Výrazně teplotně nadnormální a sušší průběh vegetačního ročníku 2017/18 vedl nejen k rychlejšímu tempu růstu a vývoje pšenice, ale i k redukci výnosových složek v tomto ročníku oproti předchozímu vegetačnímu ročníku 2016/17.

## **Literatura**

Barber HM., Carney J., Alghabari F., Gooding MJ. (2015): Decimal growth stages for precision wheat production in changing environments? *Annals of Applied Biology* 166, 355-371.

Barlow KM., Christy BP., O Leary GJ., Riffkin PA., Nuttall JG., (2015): Simulating the impact of heat and frost events on wheat crop production: A Review. *Field Crops Research* 171,109-119.

Hussain J, Khaliq T, Ahmad A, Akhtar J (2018) Performance of four crop model for simulations of wheat phenology, leaf growth, biomass and yield across planting dates. *PLoS ONE* 13(6): e0197546. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197546>

Kosová K., Prášil IT. (2012): Annual field crops. In: Storey K.B., Tanino K.K. (eds.): *Temperature adaptation in a changing climate: Nature at risk*. Pp. 186-207. CAB International, Wallingford, the United Kingdom.

Landes A., Porter JR. (1989): Comparison of scales used for categorising the development of wheat, barley, rye and oats. *Annals of Applied Biology* 115,343-360.

Masle J., Doussinault G., Farquhar GD, Sun B. (1989): Foliar stage wheat correlates better to photothermal time than to thermal time. *Plant, Cell and Environment* 12, 235-247.

Prášil IT., Musilová J., Vlasáková E., Urban MO., Kosová K., Vítámvás P., Veškrna O., Horčíčka P. (2016): Suchovzdornost, růst a vývoj pšenice. V: Rožnovský J., Vopravil J.(eds): *Půdní a zemědělské sucho* (Sborník příspěvků z mezinárodní konference). VÚMOP, 325 -336.

Prášil IT., Musilová J., Vítámvás P., Martínek P. (2018): Sucho a reakce pšenice, *Agromanuál*, 2018/6, 113-115

Slafer G. (2012): Wheat development: its role in phenotyping and improving crop adaptation. In Reynolds, MP., Pask, AJD. and Mullan DM. (Eds.) *Physiological Breeding I: Interdisciplinary Approaches to Improve Crop Adaptation*. Pp 97-108. Mexico, D.F.: CIMMYT,

Waddington SR, Cartwright PM, Wall PC. 1983. A quantitative scale of spike initial and pistil development in barley and wheat. *Annals of Botany* 51, 119–130.

Xiao D., Qi Y., Li Z., Wang R., Moiwo JP., Liu F. (2015): Impact of thermal time shift on wheat phenology and yield under warming climate in Huang-Huai-Hai plain, China. *Frontiers in Earth Science* 11, 148-155.

Zadoks JC., Chang TT., Konzak CF. (1974): A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14, 415-421.

### **Poděkování**

Výzkum byl finančně podpořen z projektu Ministerstva Zemědělství ČR, MZE-RO0418 a QK1910269.

### **Kontakt:**

RNDr. Ilja Tom Prášil, CSc.

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.

Drnovská 507

Telefon 702 087 686, e-mail [prasil@vurv.cz](mailto:prasil@vurv.cz)