

THE RELATION BETWEEN TEMPERATURE AND ONSET OF THE PHENOPHASES OF COMMON DOGWOOD (*CORNUS SANGUINEA* L.) DURING 1961 - 2008 IN THE CZECH REPUBLIC

Bartošová L., Žalud Z.

Department of Agrosystems and Bioclimatology, Faculty of Agronomy, Mendel University of Agriculture and Forestry in Brno, Zemedelska 1, 613 00 Brno, Czech Republic

E-mail: bartolen@gmail.com

ABSTRACT

This work is based on phenological observation of three individuals of common dogwood (*Cornus sanguinea*) at one locality with three different microclimatological conditions. The premises and the aims of our work were firstly documented the relationship between onset of the phenophases and the development of the temperature in chosen months. It was supposed that the plants which were observed at the same research plot but with different microclimatological conditions (three different places with distinct insolation and shading) begin their development in relatively different time. Second aim of our work was to process the development of phenophases during year 1961 and 2008.

The phenophases of common dogwood (*Cornus sanguinea*) of the first flower and full flowering on locality Lednice and Vranovice (these two plots differ relatively little in amount of precipitation and in values of temperature) in flood plain forests since 1961 till 2008 were observed. On research plot Vranovice were observed the phenophases at three different places (in insolated place, in shaded place and on the interface between forest and meadow) by the phenocamera and the values of air temperature (at two elevations) during one year 2009 were measured.

The daily meteorological data for the period 1961 – 2008 were homogenized and interpolated for each plot by ProClimDB software package. Subsequent statistical values were calculated by software AnClim.

The results show the relation between temperature and onset of the phenophases during whole time of observation and the phenophases has advanced to the earlier time by almost 14.0 days. The start of the phenophases of three individuals of common dogwood at plot Vranovice differs in the dependence on the process of the temperature and the rate of the insolation.

Key words: phenology, temperature, *Cornus sanguinea* L., climate change

Acknowledgements: We gratefully acknowledge the support of the Research plan No. MSM6215648905 “Biological and technological aspects of sustainability of controlled ecosystems and their adaptability to climate change“ and of KONTAKT OC187 (linked to COST 734) that enabled data collection and development of the FenoClim software used in the study.

ÚVOD

Podle poslední zprávy IPCC je fenologie považována za pravděpodobně nejjednodušší nástroj, kterým je možné dokazovat změny ve vývoji rostlin a živočichů v závislosti na vývoji klimatu (IPCC, 2007). V současné době se fenologie přesunula do popředí zájmu a stala se nedílnou součástí vědních oborů, pomocí kterých je posuzována změna klimatu. Je to z části proto, že reakce fenologických projevů druhů, zvláště rostlin, na teplotu je velmi silná. A v porovnání s relativně stále ještě mírnou změnou klimatu, je fenologická změna zcela evidentní (Sparks et al., 2009).

Fenologie je tedy vědní obor zabývající se ročními rytmy biologických jevů převážně v závislosti na klimatu (Schnelle, 1955). V dřívějších dobách, zvláště v agronomické oblasti, znalosti fenologie přispívaly k pochopení proměn v životních cyklech. Dnes je snahou mnoha evropských zemí pokračovat v aktivním monitoringu fenofází rozličných druhů (Schleip et al., 2009) a mnoho studií dokládá, že nástupy fenofází, jako například rašení pupenů, první květ, rozvoj listů, přelet ptačích populací či termín prvního nakladeného vejce koreluje s klimatickými parametry (Sparks and Carey 1995, Ahas 1999, Crick and Sparks 1999, Schwartz 1999, Sparks 1999, Menzel et al. 2001, 2006, Sparks and Menzel 2002, Menzel 2003, Schwartz et al. 2006).

Guitian et al. (1996) studoval různé aspekty ovlivňující dozrávání plodů u svídy krvavé a zaměřil se na posuzování míry kvetení a následné množství plodů. Krusi a Debussche (1988) se zabývali dozráváním plodů svídy krvavé na třech různých stanovištích a to v opuštěném olivovém sadu, na okraji lesa a uvnitř opadavého lesa. V dostupných vědeckých článcích je také možné dohledat publikace týkající se biologie svídy krvavé (např. Kollman a Grubb, 2001).

Lokality, kde probíhá pozorování fenofází svídy krvavé se nachází v kukuřičné výrobní oblasti a období kvetení spadá do agronomické fenologické fáze metání obilnin a/nebo kvetení označované kódem DC51 až DC69 (Petr et al., 1989) dle dekadické fenologické stupnice obilnin podle Zadokse. Údaje o fenologii volně rostoucího keře, jehož vývoj není pod vlivem zemědělských zásahů ukazuje odezvu rostliny na vývoj teplot a slouží tak, jako tzv. testovací základna pro pochopení dopadů změny klimatu na řízené i neřízené ekosystémy.

Tato práce vychází z předpokladu, že odlišné mikroklimatické podmínky na jedné lokalitě způsobí rozdílný nástup fenofází stejného rostlinného druhu. Cíli této práce jsou potom: vyhodnotit průběh teplot měřených u tří jedinců svídy krvavé a porovnat s nástupem prvního květu a dosažení fenofáze plného kvetení; provést analýzu fenologických projevů svídy krvavé na lokalitě Lednice a Vranovice během let 1961 a 2008 pomocí počítačového software AnClim; porovnat záznamy fenologických záznamů fotografickým přístrojem a pozorovatelem.

MATERIÁL A METODIKA

Sledování fenofází svídy krvavé probíhalo na dvou lokalitách - Lednice a Vranovice v období 1961 a 2008. Obě tyto lokality svojí vegetací spadají do skupiny Ulmi-fraxineta carpini (Zlatník A., 1978) a patří mezi poslední lokality lužních lesů v oblasti jižní Moravy. Vranovická lokalita má status ochrany

Přírodní rezervace Plačkův les a říčka Šatava. Lednická plocha je částí národního výzkumného programu Člověk a biosféra. Obě lokality se v množství srážek odlišují relativně velmi málo a v hodnotách teplot se neliší (tab. 1).

Tab. 1 Základní místopisné a klimatické údaje sledovaných lokalit

lokalita	přírodní rezervace	nadmořská výška (m)	teplota (°C)		srážky (mm)	
			roční	jarní	roční	jarní
Lednice	IBM - Horní les	161	9,3	12,5	481	152
Vranovice	Plačkův les	170	9,3	12,5	501	160

Na lokalitě Vranovice byly fenofáze svídy krvavé během jarní sezóny roku 2008 sledovány na třech místech s odlišnými mikroklimatickými podmínkami. Jako první byla zvolena plocha, kde je svída krvavá po celý den vystavena slunečním paprskům a byla označena písmeny SL; jako druhá sledovaná byla zvolena plocha na rozhraní lesa a louky, kdy jedinec svídy krvavé byl osluněn v druhé polovině dne a má označení PL; jako poslední byla svída krvavá pozorována ve zcela zastíněném porostu lužního lesu v době vyvinutém a zapojeném porostu a je označena písmeny LS. Nástup fenofází byl sledován dvojím způsobem a to pozorovatelem při pravidelných návštěvách během sezóny 2 – 3 x během týdne a po té pomocí tzv. fenokamer (fotografických přístrojů) umístěných na kovové tyči a nasměrovaných hledáčkem na vybrané větve svídy krvavé. Obrázky větví byly snímány každou celou hodinu v rozmezí 6:00 až 18:00 hodin a z celého dne tak bylo možné získat třináct obrázků. Současně s fotoaparátem byla na kovové tyči umístěna teplotní čidla s radiačními kryty na měření teploty vzduchu ve výškách 1,0 m a 2,0 m nad zemí v 15-ti minutovém kroku.

Dokumentace fenofází pozorovatelem byla prováděna dle postupů Českého hydrometeorologického ústavu. První květ je stanoven, když se na celé sledované rostlině objeví první otevřený květ. Za plné kvetení je označen stav, kdy je 100 % květů otevřených, ale ještě nezačal opad květních lístků.

Klimatická data byla pro lokality Lednice a Vranovice vypočítána pomocí software ProClimDB z důvodů, že žádná ze dvou lokalit nemá svou vlastní meteorologickou stanici. Denní meteorologická data byla interpolována s použitím ProClimDB (Štěpánek 2007, Štěpánek et al. 2008). Interpolace byla prováděna pomocí cca 130-ti stanic z České republiky a 25-ti stanic ze sousedícího regionu Rakouska. Denní data z každé stanice byla důkladně kontrolována, homogenizována a následně interpolována s využitím regionální vážené regrese (Štěpánek et al. 2008).

Fenologická a klimatická data byla zpracována pomocí software AnClim, kterým byla provedena koherentní analýza. Koherentní koeficient byl hodnocen na hladině významnosti 95 % a 99 % a byly porovnávány fenologické trendy a teplotní trendy vybraných měsíců.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Průměrná roční teplota vzduchu se během sledovaného období od roku 1961 zvýšila o 0,29 – 0,31 °C za dekádu (tab. 2). Sledované fenofáze probíhají během měsíců květen a červen a i během těchto dvou měsíců se teplota zvyšovala (až o 0,52 °C v případě měsíce května na lokalitě Vranovice). Stejně tak

se zvyšovaly maximální teploty během roku. Statisticky významný trend ve zvyšování teploty byl ze dvou sledovaných měsíců vyhodnocen pouze pro měsíc květen. Naopak srážky nevykazují výrazné změny a trendy nejsou průkazné ani v jednom sledovaném měsíci, ani v průběhu roku. Tyto výsledky jsou v souladu s trendy, které ve své práci představuje Brázdil et al. (2009) ze stanic s kvalitními daty z oblasti jižní části České republiky.

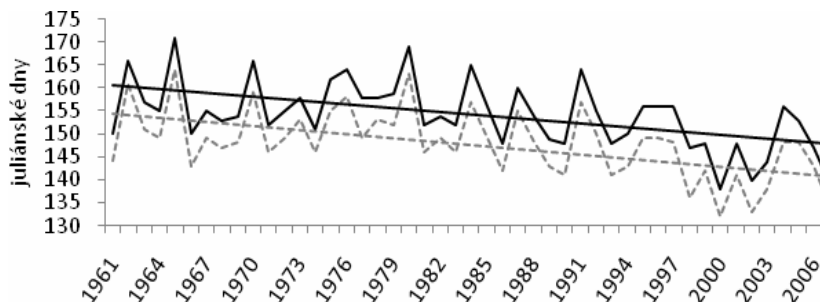
Hodnoty korelačních koeficientů pro průměrné denní teploty během měsíců květen a červen a termíny fenofází ukazují na silnou vazbu. Korelační koeficient prvého květu a teploty má hodnotu 0,76 a plného kvetení a teplotu je 0,74.

Tab. 2 Základní klimatické parametry pro sledované lokality a vybraná období v letech 1961 – 2008

Klimatické faktory	Časové období	Lineární trendy	
		Lednice	Vranovice
Průměrná teplota vzduchu (°C)	Květen	*0.5	*0.52
	Červen	*0.36	*0.34
	Rok	**0.29	*0.31
Maximální teplota vzduchu (°C)	Květen	*0.47	*0.5
	Červen	0.29	0.32
	Rok	**0.26	*0.27
Srážky (mm)	Květen	-3.96	-2.4
	Červen	-1.38	-1.78
	Rok	0.93	0.67

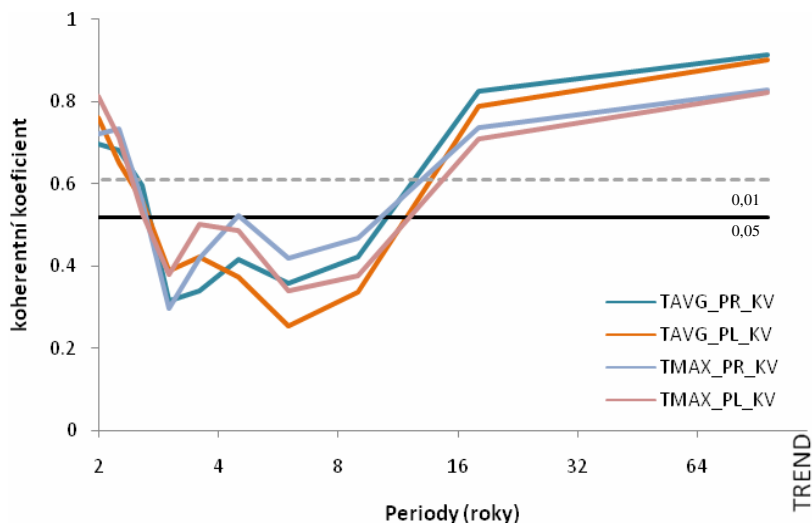
Fenofáze svídy krvavé prvý květ a plné kvetení se během 48 sledovaných let posunuly do dřívějšího data (obr. 1). Fenofáze prvého květu se posunula za celé sledované období o 14,0 dne (2,4 dne za dekádu) a fenofáze plného kvetení se posunula do dřívějšího data o 12,9 dne (2,6 dne za dekádu) na ukázkové lokalitě Lednice. K podobným výsledkům v posunech fenofází rostlinných druhů ve střední Evropě dospělo více autorů (např. Menzel et al., 2001; Sparks and Menzel, 2002; Walther et al., 2002; Menzel, 2003; Walther, 2004), kteří uvádí posun fenofází od 2,3 dne do 5,2 dne za dekádu během posledních třiceti let. Na základě pozorování fenofází v rámci Mezinárodních Fenologických Zahradek střední Evropy z let 1959 – 1996 se jarní fenofáze posunuly do dřívějšího data v průměru o 6,3 dne (Menzel, 2000). Podrobný fenologický rozbor svídy krvavé není ale v současné době v dostupné vědecké literatuře k dispozici a proto není možné srovnat výsledky konkrétního druhu.

Obr. 1 nástup fenofází prvý květ a plné kvetení svídy krvavé v období 1961 – 2008 na lokalitě Lednice. Šedá čárkovaná čára je fenofáze prvého květu a černá plná čára je fenofáze plného kvetení



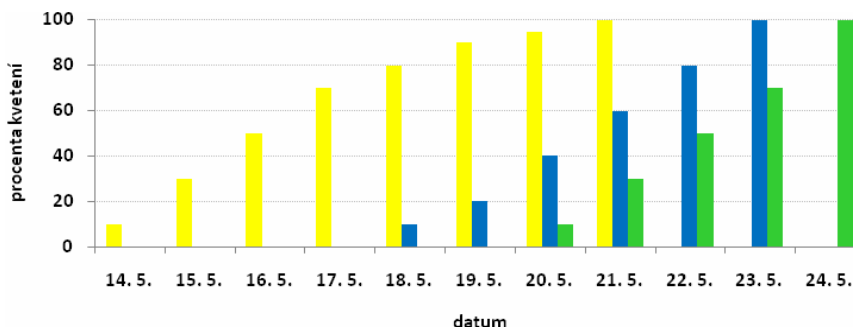
Koherentní analýza prováděná pro trendy průměrných a maximálních teplot v měsících květen a červen a trendy v nástupech fenofází prvního a plného květu ukazuje na vzájemnou silnou vazbu (obr. 2). Koherentní koeficient přesahuje 95 % a 99 % hladinu významnosti pro delší časové cykly. Pro porovnání trendů teplot a nástupu fenofází použil koherentní analýzu Bauer et al. (2009) a uvádí výsledky pro rašení pupenů dubu, aktivitu housenek a kladení vajec dvou ptačích populací. Vazby mezi fenofázemi těchto druhů a teplotou jsou shodné s výsledky rozboru svídy krvavé a také přesahují 95 % a 99 % hladinu významnosti pro delší časová období.

Obr. 2 Výsledky koherentní analýzy pro lokalitu Lednice a trendy v průměrných a maximálních teplotách a nástupech fenofází svídy krvavé (první květ a plné kvetení)



Podrobný rozbor nástupu fenofází svídy krvavé na lokalitě Vranovice během roku 2009 ukázal na rozdílný nástup fenofází na odlišných stanovištích. Fenofáze na osluněné lokalitě byly pozorovány nejdříve; následovaly nástupy fenofází na stanovišti v polostínu a plném stínu (obr. 3). Počátek květu se lišil o 6 dní mezi osluněným a zastíněným stanovištěm a v případě osluněné plochy a plochy v polostínu o 4 dny. Mezi prvním květem v polostínu a prvním květem v zastíněném porostu byl rozdíl 2 dny. Krusi a Debussche (1988) se zabývali dozráváním plodů svídy krvavé na třech různých stanovištích. Rozdíly v dozrávání plodů, ale studovali z odlišného pohledu (zabývali se např. poškozením hmyzem a ptactvem, suchem nebo přirozeným opadem plodů). Teplota je každopádně považována za hlavního činitele ovlivňujícího nástupy fenofází (Schwarz, 2003). Wheeler et al. (1996) uvádí ve své práci, že délka fenofáze, kdy se klasy plní obilím je určována hlavně teplotou a je kratší v podmínkách s vyššími teplotami.

Obr. 3 Postupný nástup fenofází prvý květ a dosažené plné kvetení svídy krvavé na třech odlišných stanovištích jedné lokality Vranovice v roce 2009; žlutou barvou je označen vývoj rozkvětu na osluněné ploše, modrou barvou je označen vývoj fenofází v polostínu, zelenou barvou je označen vývoj fenofází v plně zastíněném porostu lesa

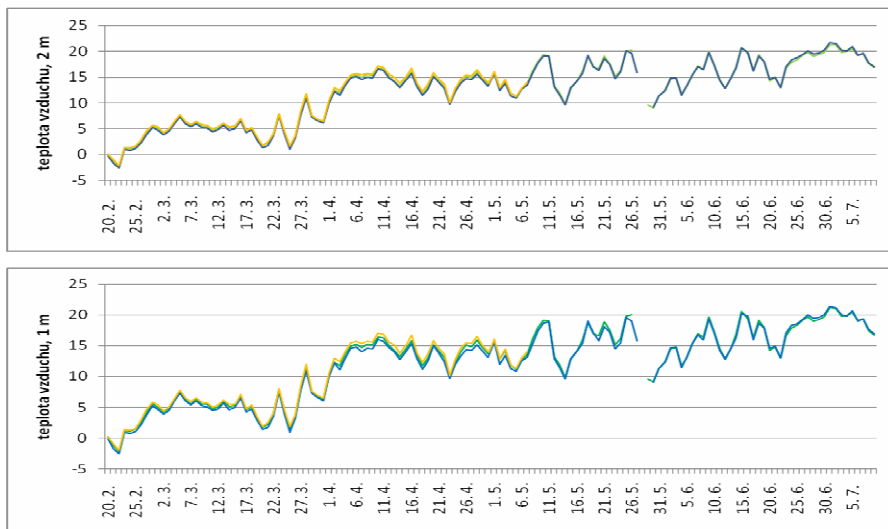


Samotná stanoviště se liší i ve vývoji teplot vzduchu během jarní sezóny. Nejvyšších teplot, jak v 1 m tak ve 2 m bylo dosahováno na osluněné lokalitě (obr. 4). Zde proběhla fenofáze nejdříve. Teploty v polostínu a plném stínu se příliš neliší; průměrná teplota během fenofáze se liší o 0,25 °C (tab. 3), ale přesto se zde nástup a vývoj fenofází odlišuje, jak dokazují také snímky z fenokamer. Cenná data z osluněné lokality neuvádíme, protože meteorologická stanice byla z této lokality na konci měsíce června ukradena a data z období kvetení svídy tak byla ztracena.

Obr. 3 Vývoj denních teplot během fenofáze u dvou jedinců svídy krvavé na dvou odlišných stanovištích a průměrné hodnoty teplot během sledovaných fenofází; nejsvětlejší zelená a červená barva označuje hodnotu teploty v termínu prvního květ a nejsilnější červená a zelená barva označují hodnotu teploty v termínu plného kvetení

	teplota ve 2 m	
	les	polostín
16. 5.	14.29987	14.25765
17. 5.	16.1514	15.80183
18. 5.	19.07892	19.27267
19. 5.	16.98906	17.10896
20. 5.	16.71477	16.27381
21. 5.	19.14638	18.65624
22. 5.	17.62978	17.42962
23. 5.	15.22098	14.75444
24. 5.	16.30127	15.95837
průměr	17,00 °C	17,25 °C

Obr. 4 vývoj teplot vzduchu v 1 m a ve 2 m na lokalitě Vranovice během jarní sezóny roku 2009 na třech odlišných stanovištích; žlutá barva linky jsou hodnoty osluněné plochy, zelená linka jsou hodnoty plně zastíněné plochy, modrá linka označuje stanoviště polostín



Fenofáze prvního květu a plného kvetení byly na všech třech stanovištích sledovány pomocí tzv. fenokamer. Vybrané větve keře svídy byly fotografovány 13x během dne. Díky fotografiím tak bylo možné přesně určit nástup fenofází i v hodinovém kroku. Podle vyhodnocení fotografií je nástup fenofází odlišný od termínů, které zaznamenal pozorovatel. První květ nastupuje na lokalitě LS o 3 dny dříve (17. 5. v 6:00) a plné kvetení je dosaženo také o 3 dny dříve (21. 5. v 7:00). Fenofáze lokality PL začala o 3 dny dříve (15. 5. v 10:00) a plné kvetení bylo dosaženo o 5 dní dříve (18. 5. v 6:00). Fotografické přístroje fotografují konkrétní skupinu větví (jednu část keře) a proto mohou vzniknout rozdíly v určení plného květu. Pozorovatel označí fenofázi „plné kvetení“ až v okamžiku, kdy jsou na celém keři otevřena květní poupata, ale ještě nezačal opad květních listů, při čemž plné kvetení na konkrétní větví, která je zachycena fenokamerou, již může být dosaženo o několik dní dříve. Záběry zachycující první květ na větví jsou ale hodnotným důkazem o dřívějším nástupu fenofází, než jak zaznamenal pozorovatel.

ZÁVĚR

Fenofáze svídy krvavé se posunuly do dřívějšího data až o 14 dní za celé sledované období.

Byly zaznamenány rozdíly v nástupech fenofází na odlišných stanovištích lokality Vranovice a rozdíly byly naměřeny i v chodu teplot na těchto stanovištích. Měření na těchto třech různých stanovištích byla prováděna prvním rokem a pro další sezónu bude nutné připravit měření a fotografování dokonalejším způsobem. V průběhu růstu vegetace se rozmístění fotografovaných větví měnilo (pod tíhou větve

klesaly nebo byly zastíněny či odsunuty jinými větvemi). Také díky zřízení meteorologické stanice z osluněné lokality nebylo možné dostatečně vyhodnotit vliv teplot na termíny nástupů.

Fenokamery zaznamenávající vývoj vegetace přinášejí informace o dřívějším nástupu fenofází než jak vyhodnotil pozorovatel a upřesňují tak získané výsledky.

LITERATURA

Ahas R (1999) Long-term phyto-, ornitho- and ichthyophenological time-series analyses in Estonia. *Int J Biometeorol* 42:119–123.

Brázdil R, Chromá K, Dobrovolný P, Tolazs R (2009) Climate fluctuations in the Czech Republic during the period 1961–2005. *Int J Climatol* 29:223–242.

Bauer Z, Trnka M, Bauerova J, Mozny M, Stepanek P, Bartosova L, Zalud Z (2009) Changing climate and the phenological response of Great Tit and Collared Flycatcher populations in floodplain forest ecosystems in Central Europe. *Int. J. of Biometeorology*, accepted in press.

Crick HQP, Sparks TH (1999) Climate change related to egg laying trends. *Nature* 399:423–424.

Guitian JP (1996) Spatio-temporal variation in the interactions between *Cornus sanguinea* and its pollinators. *Acta Oecologica* 17(4): 285-295.

Intergovernmental panel on climate change (IPCC), The IPCC 4th Assessment Report, <http://www.ipcc.ch/>, 2007.

Kollmann J, Grubb PJ (2001) Biological flora of central Europe: *Cornus sanguinea* L. *Flora*, 196, 161–179.

Krüsi BO, Debussche M (1988) The fate of flowers and fruits of *Cornus sanguinea* L. in free contrasting Mediterranean habitats, 74: 592-599.

Menzel A (2000) Trends in phenological phases in Europe between 1951 and 1996. *Int. J. Biometeorol.* 44: 76-81.

Menzel A (2003) Phenological anomalies in Germany and their relation to air temperature and NAO. *Clim Change* 57:243–263.

Menzel A, Estrella N (2001) Plant phenological changes. In: Walther GR, Burga CA, Edwards PJ (eds) *Fingerprints of climate change: adapted behaviour and shifting species ranges*. Kluwer/Plenum, New York, p 123–137.

Menzel A, Estrella N, Fabian P (2001) Spatial and temporal variability of the phenological seasons in Germany from 1951 to 1996, *Global Change Biology*, 7, 657-666.

Menzel A, Sparks T, Estrella N, Koch E and others (2006) European phenological response to climate change Matjes the warming pattern. *Glob Change Biol* 12:1969–1976.

Petr J a kolektiv (1989) *Rukověť agronoma, Státní zemědělské nakladatelství, Praha.*

Schleip Ch, Sparks TH, Estrella N, Menzel A (2009) Spatial variation in onset dates and trends in phenology Across Europe, *Climate research special* 19, 39: 249-260.

Schnelle F (1955) *Pflanzen-Phänologie*. Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig, Leipzig.

- Schwartz MD (1999) Advancing to full bloom: planning phenological research for the 21st Century. *Int J Biometeorol* 42:113–118.
- Schwartz, MD (2003) Phenoclimatic measures. In *Phenology: An Integrative Environmental Science* (Schwartz, M.D., ed.), pp. 331 – 343, Kluwer.
- Schwartz MD, Ahas R, Aasa A (2006) Onset of spring starting earlier across the Northern Hemisphere. *Glob Change Biol* 12:343–351.
- Sparks TH (1999) Phenology and the changing pattern of bird migration in Britain. *Int J Biometeorol* 42:134–138.
- Sparks TH, Carey PD (1995) The responses of species to climate over two centuries: an analysis of the Marsham phenological record. *J Ecol* 83:321–329.
- Sparks TH, Jeffree EP, Jeffree CE (2000) An examination of the relationship between flowering times and temperature at the national scale using long-term phenological records from the UK. *Int J Biometeorol* 44:82–87.
- Sparks TH, Menzel A (2002) Observed changes in seasons: an overview. *Int J Climatol* 22:1715–1725.
- Sparks TH, Menzel A, Stenseth NCh (2009) European cooperation in plant phenology, *Climate research special* 19, 39: 175-177.
- Štěpánek P (2007) ProClimDB—software for processing climatological datasets. CHMI, regional office Brno. <http://www.climahom.eu/ProcData.html>
- Štěpánek P, Řezníčková L, Brázdil R (2008) Homogenization of daily air pressure and temperature series for Brno (Czech Republic) in the period 1848–2005. In: *Proceedings of the Fifth Seminar for Homogenization and Quality Control in Climatological Databases* (Budapest, 29 May – 2 June 2006), WCDMP. WMO, Geneva (CD-ROM).
- Walther G-R, Post E, Convey P, Menzel A, Parmesan C, Beebee TJC, Fromentin JM, Hoegh-Guldberg O, Bairlein F (2002) Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 416, 389-395.
- Walther G-R (2004) Plants in a warmer world. *Perspect. Plant Ecol.*, 6, 169-185.
- Wheeler TR, Batts GR, Ellis RH, Hadley P, Morison JIL (1996) Growth and yield of winter wheat (*Triticum aestivum*) crops in response to CO₂ and temperature, *J. Agric. Sci.* 127, 37–48.
- Zlatník A (1978) *Lesnická fytoecenologie*, Státní zemědělské nakladatelství, 1. vydání, Praha.