

VÝSLEDKY FENOLOGICKÝCH POZOROVANÍ POPULÁCIÍ JEDLE BIELEJ (*ABIES ALBA* MILL.) ZO SLOVENSKA

RESULTS OF PHENOLOGICAL OBSERVATIONS OF SILVER FIR (*ABIES ALBA* MILL.) POPULATIONS FROM SLOVAKIA

JANA ŠKVARENINOVÁ

Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta ekológie a environmentalistiky, T. G. Masaryka 24, SK - 960 53 Zvolen

e-mail: skvareninova@tuzvo.sk

ABSTRACT

The work presents the results of the onset and the development of phenological phases: leaf sprouting and flowering of silver fir (*Abies alba* Mill.) in the conditions of the Borová hora Arboretum (Technical University Zvolen, Slovakia). The onset of the phenophase was considered on the day, when the particular phenophase was observed on at least 10% of trees. Phenological monitoring was performed in the period of 2006–2014 on 26 autochthonous populations originating from Slovakia and elevations of 550–1,100 m above sea level that were divided into three elevation groups. Needle sprouting started on average between April 15 and May 2. Under new conditions, autochthonous populations retained their onset of leaf sprouting that occurred first in the group representing the lowest elevations and last in the third group from highest elevations with a lapse of 9 days. The onset of the phenophase in individual years was related to air temperatures before and during the phenophase. The earliest leaf sprouting was observed in 2014, while the latest needle sprouting in 2006 was influenced by extremely low monthly mean temperature of March. Leaf sprouting lasted 6–9 days on average, and was not dependent on the elevations the populations originated from. Flowering was observed from April 23 to May 9 on average in all elevation groups. The elevation of populations is not a decisive factor for the onset of flowering. The earliest and latest flowering was recorded in 2009 and 2006, respectively, and was dependent on the course of air temperatures before the onset of the phenophase. It lasted 5–7 days on average regardless of the original elevations of populations. The results revealed some changes of phenological events of autochthonous tree species under new environmental conditions that can also occur in their natural distribution due to gradual climate changes.

Kľúčové slová: fenológia, jedľa biela, *Abies alba* Mill., autochtónne populácie, extrémny počasie

Key words: phenology, silver fir, *Abies alba* Mill., autochthonous populations, weather extremes

ÚVOD

Klimatické zmeny rozhodujúcou mierou ovplyvňujú vývoj lesných ekosystémov. Dreviny môžu na ne reagovať znížením rezistencie voči abiotickým a biotickým faktorom prostredia, ale aj zmenou svojich biologických prejavov. Ich analýzou je možné získať aktuálne informácie o stave biotických zložiek prostredia a tiež prebiehajúcich zmenách klímy danej oblasti. Fenológia predstavuje dôležitý bioindikátor poznania fenologických prejavov populácií podmienených podnebí a priebehom počasia v jednotlivých ročných obdobiach. Fenologické fázy charakterizujú každoročný vývoj vegetatívnych a generatívnych orgánov v závislosti od súboru meteorologických prvkov, z ktorých najväčší vplyv má teplota vzduchu, vlhkosť pôdy, ale aj dĺžka slnečného svitu. Fenologické zmeny počas roka podmieňuje ročný klimatický rytmus. Dreviny naň odpovedajú periodicitou fenologických fáz a vytvorením určitej genetickej formy spôsobenej evolučným procesom na danom stanovišti. Jednotlivé fenologické fázy sa okrem periodicity každoročne vyznačujú rozdielnym dátumom ich nástupu, ktorý je daný vývojom počasia.

Jedľa biela (*Abies alba* Mill.) sa ako drevina oceánskej klímy dostala na územie Slovenska v poľadovej dobe. Pôvodný súvislý areál na Slovensku, zasahujúci od Malých Karpát až po Slánske vrchy, sa vplyvom zmeny klímy a hospodárskych zásahov rozčlenil na ostrovčeky s nepravidelným výskytom. Vertikálne rozšírenie jedle na Slovensku začína dolnou hranicou sporadického výskytu v nadmorskej výške 215 m pri obci Voznica. Dolná hranica hromadného výskytu dosahuje 400 m. Horná hranica hromadného výskytu prebieha priemerne v nadmorskej výške 1080 m a sporadický výskyt bol zaznamenaný vo výške 1260 m n. m v Nízkych Tatrách (BLATTNÝ, ŠŤASTNÝ 1959). Koncom minulého storočia sme zaznamenali pokles jej výskytu spôsobený vplyvom imisií, deficitom zrážok vo vegetačnom období, ale aj gradáciou hmyzích škodcov v dôsledku globálneho otepľovania atmosféry. Aj napriek tomu, že zastúpenie jedle v lesných porastoch zaznamenalo pokles, pozornosť sa aj naďalej venuje výskumu jej produkcie a kvality drevnej hmoty v meniacich sa podmienkach prostredia (ČÁP et al. 2013; JAĐUŠ, SANIGA 2013), stavu asimilačného aparátu semenáčikov (LEUGNER et al. 2010), predsejbovej príprave a kvalite sadbového materiálu (ŘEZNÍČKOVÁ et al. 2010). V posledných rokoch sa do popredia záujmu dostáva aj sledova-

nie fenologických prejavov tejto dreviny ako odraz adaptability na nové podmienky prostredia (VITASSE et al. 2008, 2009).

MATERIÁL A METODIKA

Fenologický monitoring jedle bielej (*Abies alba* Mill.) prebiehal v rokoch 2006–2014. Jeho cieľom bolo sledovanie zmien fenologických prejavov autochtónnych populácií zo Slovenska vysadených v zbierkach Arboréta Borová hora Technickej univerzity vo Zvolene. Cenné populácie získané zberom z uznaných porastov prirodzeného rozšírenia tejto dreviny na Slovensku poskytujú kvalitný materiál pre fenologický výskum. Na ploche arboréta sa nachádza 26 populácií z 19 orografických celkov Slovenska z nadmorských výšok 550 až 1100 m n. m. Boli vysadené v rovnakých podmienkach prostredia arboréta v Zvolenskej kotline vo výškovom rozpätí 290–377 m n. m. Na lokalite prevažuje severo-severozápadná expozícia. Územie patrí do teplej až mierne teplej klimatickej oblasti, do rozhrania teplého mierne vlhkeho okrsku s chladnou zimou (T7) až mierne teplého mierne vlhkeho pahorkatinového až vrchovinového okrsku (M3) (LAPIN et al. 2002). Prevažuje bukovo-dubový lesný vegetačný stupeň. Klimatickú charakteristiku lokality (STŘELCOVÁ, ŠKVARENINA 2006) podáva tab. 1.

Pre porovnanie fenologických zmien vplyvom nadmorskej výšky sme populácie jedle v arboréte rozdelili do troch výškových skupín. Prihliadali sme na rovnaké výškové intervaly a vyrovnaný počet populácií v skupinách. Prehľad rozdelenia je uvedený v tab. 2.

Fenologické fázy sme sledovali na tých istých 10 náhodne vybraných jedincoch každej populácie podľa metodického postupu vypracovaného SHMÚ v Bratislave (SHMÚ 1984). Začiatok nástupu fenofázy bol označený dňom, kedy aspoň 10 % stromov dosiahlo danú fenofázu. Pre spracovanie sme k jednotlivým zaznamenaným kalendárnym dňom priradili poradové číslo od začiatku roka (juliánsky kalendár). Vyhodnotili sme vegetatívnu a generatívnu fenologickú fázu:

- rozpuč ihlicových púčikov – na konci púčika sa objavili zelené konce ihlic, ktoré sa neoddeľujú od seba, obalové šupiny ostali v strednej a spodnej časti púčika (obr. 1),
- kvitnutie – samčie kvety začínajú prášiť peľ (obr. 2).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Rozpuč ihlicových púčikov nastupoval v rokoch 2006–2014 priemerne od 15. apríla do 2. mája. Fenologická fáza sa oneskorovala so stúpajúcou nadmorskou výškou. Rozdiely medzi prvou a druhou výškovou skupinou boli 1–7 dní, medzi druhou a treťou skupinou 1–3 dni (obr. 3). Autochtónne populácie si v nových podmienkach prostredia zachovávajú časovú oneskorenú postupnosť so stúpajúcou nadmorskou výškou v dôsledku ich dlhodobej genetickej adaptácie na podmienky horskej klímy. Rozpuč ihlicových púčikov v pôvodnom areáli výskytu jedle v švajčiarskych Alpách analyzuje práca autorov BASLER, KÖRNER (2012). Vo vertikálnom rozpätí výskytu 500–1100 m udávajú trvanie fenofázy 50–60 dní. Ďalšia práca (DAVI et al. 2011) uvádza 23. máj ako nástup rozpuču v Alpách vo výškovom intervale 700–1700 m n. m. v rokoch 2006–2007. Oneskorenie oproti našim pozorovaniam pri zmene nadmorskej výšky o 400–1400 m predstavuje 25 dní. Aj napriek tomu, že fenofáza je podmienená čiastočne genetickými vlastnosťami druhu a jeho areálom, počasie môže ovplyvniť jej nástup a trvanie (HÁJKOVÁ et al. 2010). Časové rozdiely v skupinách spôsobené nadmorskou výškou sa pri vegetatívnych fenologických fázach zmenšujú v rovnakých podmienkach prostredia oproti prirodzenému výskytu na Slovensku (ŠKVARENINOVÁ 2013).

Nástup fenofázy v jednotlivých rokoch súvisel s priebehom teplôt vzduchu koncom zimy a začiatkom jarného obdobia. Najvýraznejšie ovplyvnili rozpuč púčikov marcové a aprílové teploty, kde sme zaznamenali vysoký stupeň korelácie ($R^2 = 0,81$) (obr. 4). Najskorší rozpuč

Tab. 1.

Vybrané klimatické charakteristiky z mezoklimatickej stanice Arboréta Borová hora

Values of selected climatic variables in the Borová hora Arboretum

Charakteristiky/Characteristics	Hodnota/Value
Priemerná ročná teplota ¹	8,2 °C
Priemerná teplota vegetačného obdobia ²	14,7 °C
Priemerný ročný úhrn zrážok ³	757 mm
Priem. úhrn zrážok vo vegetačnom období ⁴	428 mm
Priemerná relatívna vlhkosť vzduchu ⁵	76 %
Priemerný počet dní so snehovou pokrývkou ⁶	69
Priemerný počet mrazových dní (pod 0° C) ⁷	127

Captions: ¹Mean annual temperature; ²Mean temperature in the growing season; ³Mean annual precipitation amount; ⁴Mean precipitation amount in the growing season; ⁵Mean relative air humidity; ⁶Mean number of snow cover days; ⁷Mean number of frost days (below 0°C)

Tab. 2.

Charakteristika autochtónnych populácií jedle bielej (*Abies alba* Mill.) v Arboréte Borová hora podľa výškových skupín

Characterisation of autochthonous populations of silver fir (*Abies alba* Mill.) in individual elevation groups, the Borová hora Arboretum

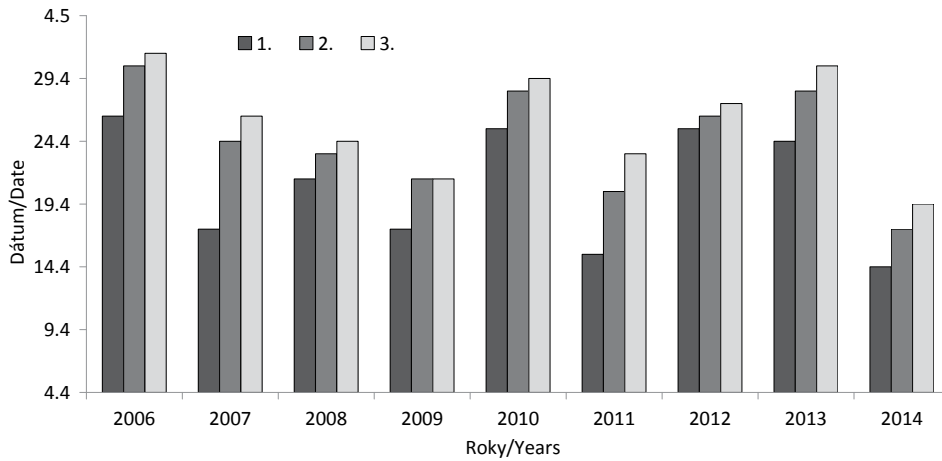
Výšková skupina (m n. m.)/Altitude group (m a.s.l.)	Číslo populácie/Population number	Orografický celok/Orographic unit	Nadmorská výška (m n. m.)/Altitude (m a.s.l.)	Vek/Age (roky/years)
1. 550–750	1	Malá Fatra	550	39
	2	Turzovská vrchovina	550	46
	3	Čergov	550	46
	4	Javorníky	600	38
	5	Ľubovnianska vrchovina	600	38
	6	Branisko	600	46
	7	Volovské vrchy	600	47
	8	Revúcka vrchovina	600	43
	9	Strážovské vrchy	700	43
2. 760–950	10	Veľká Fatra	800	43
	11	Východné Tatry	800	38
	12	Spišsko-gemerský kras	800	46
	13	Volovské vrchy	830	30
	14	Volovské vrchy	850	46
	15	Kremnické vrchy	850	43
	16	Nízke Tatry	900	39
	17	Kozie chrbty	900	39
3. 960–1100	18	Východné Tatry	900	43
	19	Kremnické vrchy	900	43
	20	Kremnické vrchy	950	46
	21	Chočské vrchy	970	38
	22	Kremnické vrchy	980	43
	23	Ponická vrchovina	1000	43
	24	Podtatranská brázda	1100	43
	25	Spišsko-gemerský kras	1100	38
	26	Poľana	1100	43



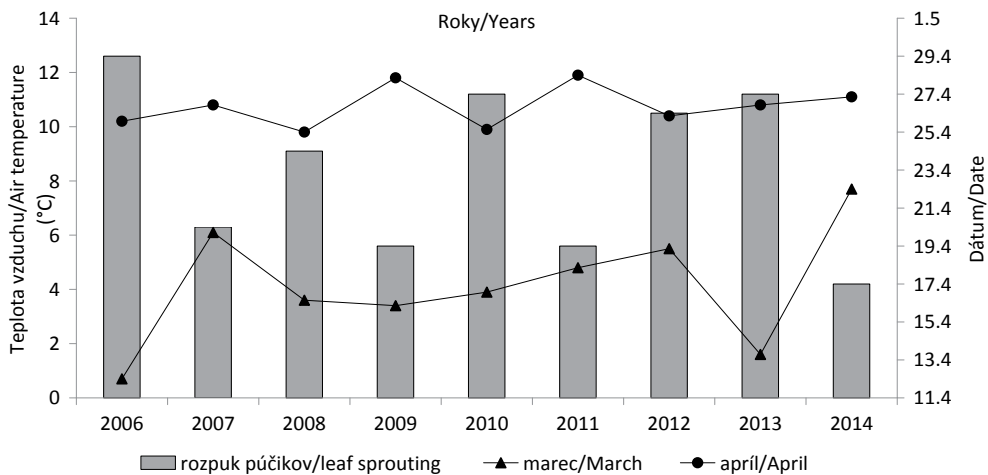
Obr. 1.
Rozpuk ihlicových púčikov (foto: Škvareninová 2008)
Fig. 1.
Onset of leaf sprouting (photo: Škvareninová 2008)



Obr. 2.
Kvitnutie samčích kvetov (foto: Škvareninová 2008)
Fig. 2.
Flowering of male flowers (photo: Škvareninová 2008)



Obr. 3.
Pribeh priemerného nástupu rozpuku ihlicových púčikov jedle bielej v rokoch 2006–2014 podľa výškových skupín
Fig. 3.
Development of average onset of leaf sprouting of silver fir in the period of 2006–2014 in individual elevation groups



Obr. 4.
Závislosť priemerného nástupu rozpuku ihlicových púčikov od priemernej marcovej a aprílovej teploty vzduchu v rokoch 2006–2014
Fig. 4.
Relationship between average onset of leaf sprouting and mean March and April air temperature in the period of 2006–2014

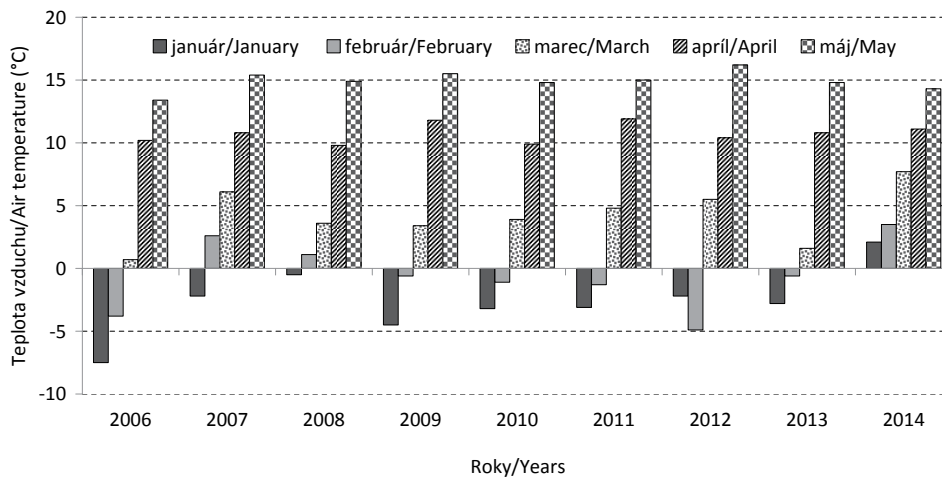
nastal v každej výškovej skupine v roku 2014 pri najvyššej priemernej marcovej teplote 7,7 °C a vysokej teplote v apríli (11,1 °C), ktorá je potrebná na naštartovanie fenofázy. Najneskorší nástup začal v roku 2006 po veľmi chladnej zime, kedy priemerná marcová teplota dosiahla len 0,7 °C (obr. 5). Štatisticky významnú koreláciu nástupu jarných fenologických fáz v závislosti od marcovej teploty vzduchu zaznamenali aj SCHIEBER et al. (2009) a BEDNÁŘOVÁ et al. (2013) pri viacerých lesných drevinách.

Na zmenu teplotných podmienok môžu dreviny v dlhšom časovom období reagovať aj zmenou dĺžky trvania fenologickej fázy. V sledovanom období (obr. 6) rozpuč púčikov trval priemerne 6–9 dní, minimálna dĺžka dosiahla 5 dní, maximálna 12 dní. Z obrázku vidieť, že dĺžka rozpuču nezávisí od nadmorskej výšky, priemerné rozdiely medzi výškovými skupinami predstavujú len 1–2 dni. Vo viacerých prípadoch fenofáza trvá kratšie vo vyššej skupine. Dĺžku ovplyvňuje klíma danej lokality, ale aj náhle zmeny počasia počas fenofázy.

Kvitnutie jedle v arboréte prebiehalo priemerne od 23. apríla do 9. mája vo všetkých výškových skupinách súbežne (obr. 7). V rokoch 2011 a 2014 sme túto fenofázu nezaznamenali. Na rozdiel od vegetatívnej

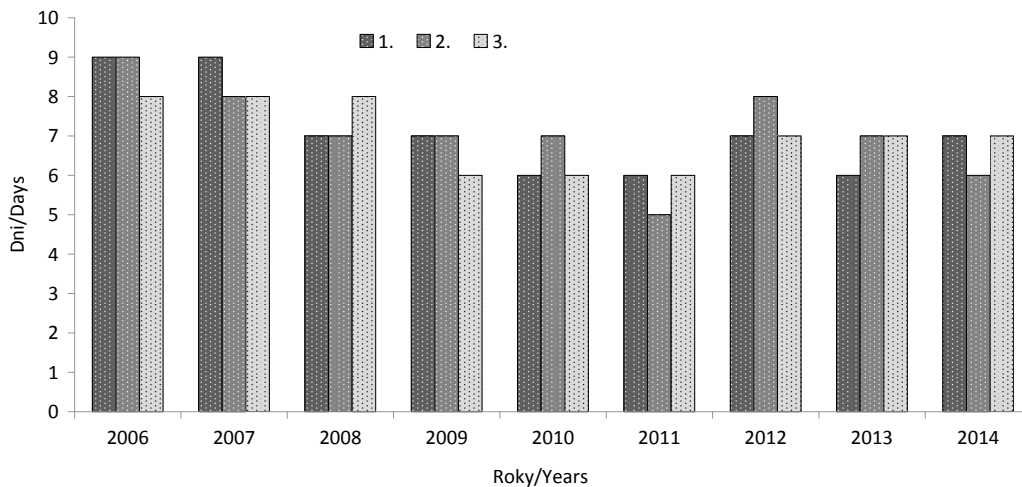
fenofázy rozpuču púčikov táto generatívna fenologická fáza nezávisí od nadmorskej výšky, z ktorej populácie pochádzajú, ale je ovplyvnená pôsobením faktorov prostredia, v ktorom rastú. Najskorší nástup sme zaznamenali v roku 2009 pri vysokej priemernej aprílovej teplote vzduchu 11,8 °C. Najneskorší termín pripadol na rok 2006. Aj keď v tomto roku priemerná aprílová teplota vzduchu nedosiahla najnižšiu hodnotu (obr. 5), nízke teploty vzduchu v zimnom období posunuli fenofázu až na koniec májovej dekády. Vysoký stupeň závislosti sa prejavil medzi nástupom kvitnutia a marcovou a aprílovou teplotou vzduchu ($R^2 = 0,76$) (obr. 8). Ak údaje kvitnutia populácií v Zvolenskej kotline porovnáme s populáciami jedle na pôvodných lokalitách Slovenska (ŠKVARENINOVÁ 2013), zistíme v nadmorskej výške 300 m skorší nástup fenofázy prvej výškovej skupiny o 10 dní a druhej o 11 dní. Rozdiel nástupu medzi skupinami na pôvodných lokalitách Slovenska a výškovými skupinami arboréta bol minimálny alebo žiadny (0–2 dni).

Dĺžka kvitnutia populácií trvala priemerne 5–7 dní (obr. 9) a bola vo viacerých prípadoch rovnaká bez ohľadu na pôvodnú nadmorskú výšku, z ktorej populácie pochádzajú. Najdlhšie prebiehalo kvitnutie v roku 2012. Minimálna dĺžka dosiahla 4 dni, maximálna 9 dní.

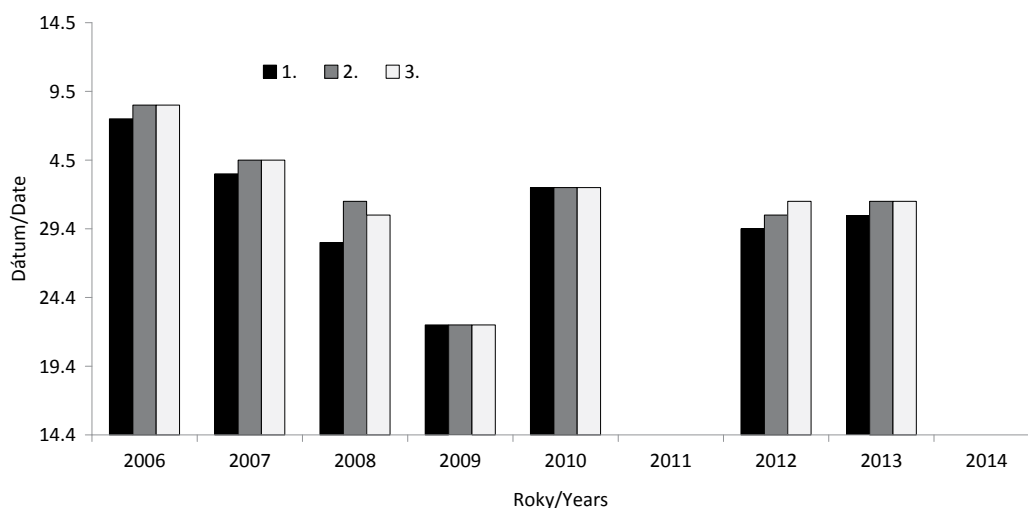


Obr. 5. Priemerné mesačné teploty vzduchu (január–máj) v rokoch 2006–2014 v Arboréte Borová hora
Fig. 5.

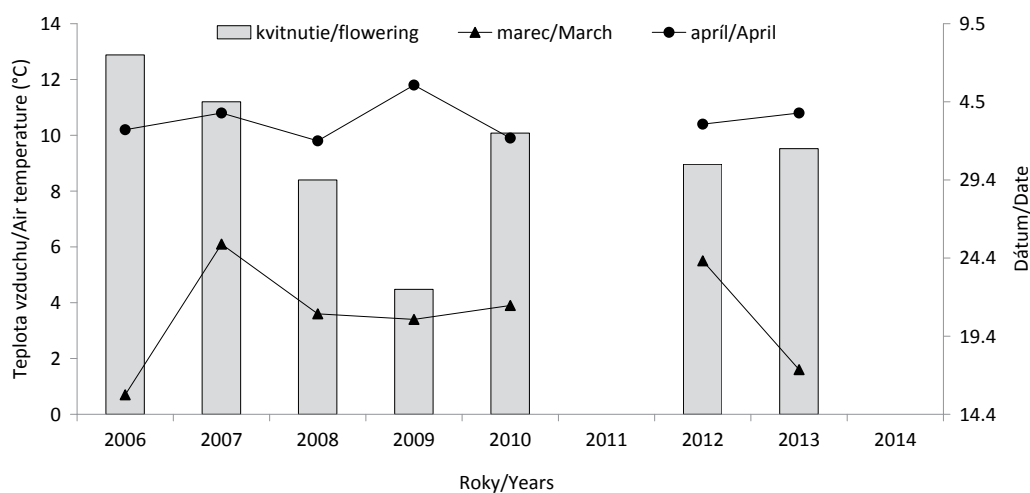
Monthly mean air temperature (January–May) in the period of 2006–2014, the Borová hora Arboretum



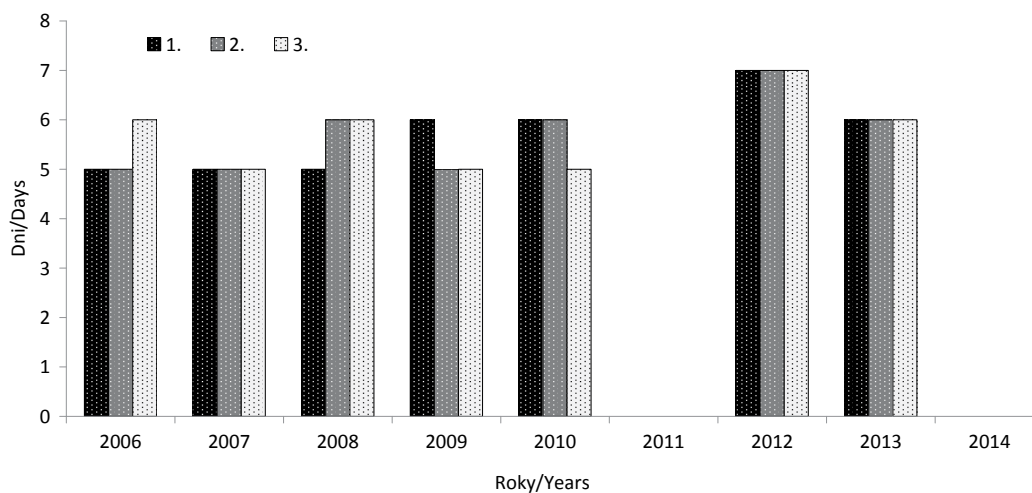
Obr. 6. Priemerná dĺžka rozpuču ihlicových púčikov vo výškových skupinách
Fig. 6. Average duration of leaf sprouting in individual elevation groups



Obr. 7.
 Priebeh priemerného nástupu kvitnutia jedle bielej v rokoch 2006–2014 podľa výškových skupín
Fig. 7.
 Development of average onset of flowering of silver fir in the period of 2006–2014 in individual elevation groups



Obr. 8.
 Závislosť priemerného nástupu kvitnutia od priemernej marcovej a aprílovej teploty vzduchu v rokoch 2006–2014
Fig. 8.
 Relationship between average onset of flowering and mean March and April air temperature in the period of 2006–2014



Obr. 9.
 Priemerná dĺžka kvitnutia vo výškových skupinách
Fig. 9.
 Average duration of flowering in individual elevation groups

ZÁVER

V rokoch 2006–2014 prebiehali fenologické pozorovania 26 autochtónnych populácií jedle bielej (*Abies alba* Mill.) vysadených v zbierkach Arboréta Borová hora Technickej univerzity vo Zvolene. Cenný genetický materiál pochádza z výberových porastov prirodzeného rozšírenia tejto dreviny na Slovensku v nadmorských výškach 550–1100 m n. m. Sledovali sa fenologické fázy rozpuku ihlicových púčikov a kvitnutie, ktoré dosiahli na skupine pozorovaných jedincov každej populácie aspoň 10 %. Populácie boli rozdelené do troch výškových skupín vo vyrovnanom počte. Rozpuk ihlicových púčikov trval priemerne od 15. apríla do 2. mája. Nové podmienky stanovišťa posúvajú vegetatívnu fenofázu do skorších časových termínov, ale postupnosť nástupu vplyvom pôvodnej nadmorskej výšky populácií sa zachováva. Oneskorenie so stúpajúcou nadmorskou výškou bolo v celom výškovom profile 9 dní. Nástup fenofázy súvisel s priebehom teploty vzduchu v mesiacoch pred začiatkom a počas jej priebehu. Najvýraznejšie ovplyvnili rozpuk púčikov aprílové teploty vzduchu, kde sa potvrdila vysoká korelácia ($R^2 = 0,81$). Priemerná dĺžka rozpuku trvala 6–9 dní vo všetkých výškových skupinách a nezávisela od nadmorskej výšky populácií, ale od vývoja teplôt vzduchu a náhlych zmien počasia na danej lokalite.

Kvitnutie autochtónnych populácií jedle prebiehalo priemerne od 23. apríla do 9. mája vo všetkých výškových skupinách súbežne bez ohľadu na nadmorskú výšku z ktorej pochádzajú. Trvalo priemerne 5–7 dní a ovplyvnilo ho aktuálne počasie, nie pôvodná nadmorská výška.

Výsledky výskumu poukazujú na niektoré zmeny fenologických prejavov autochtónnych drevín v nových podmienkach prostredia, ktoré môžu vzniknúť aj pri postupných zmenách klímy v podmienkach ich prirodzeného rozšírenia.

Podakovanie:

Autorka ďakuje za podporu projektom VEGA MŠ SR 1/0463/14 a 1/0589/15.

LITERATÚRA

- BASLER D., KÖRNER CH. 2012. Photoperiod sensitivity of bud burst in 14 temperate forest tree species. *Agricultural and Forest Meteorology*, 165: 73–81.
- BEDNÁŘOVÁ E., SLOVÍKOVÁ K., TRUPAROVÁ S., MERKLOVÁ L. 2013. Results of a phenological study of the European larch (*Larix decidua* Mill.) growing in a mixed stand. *Acta Universitatis Agriculturae Mendelianae Brunensis*, 61 (5): 1239–1246.
- BLATTNÝ T., ŠTASTNÝ T. 1959. Prirodzené rozšírenie lesných drevín na Slovensku. Bratislava, SVPL: 402 s.
- ČÁP J., NOVOTNÝ P., DOSTÁL J., FRÝDL J. 2013. Zhodnocení dvou provenienčních ploch s jedlí bělokorou (*Abies alba* Mill.) na lokalitě Hůrky v jižních Čechách ve věku 36 let. *Zprávy lesnického výzkumu*, 58 (4): 370–381.
- DAVI H., GILLMANN T., IBANEZ M., CAILLERET A., BONTEMPS B., FADY F.L. 2011. Diversity of leaf unfolding dynamics among tree species: New insights from a study along an altitudinal gradient. *Agricultural and Forest Meteorology*, 165: 1504–1514. DOI:10.1016/j.agformet.2011.06.008.
- HÁJKOVÁ L., NEKOVÁŘ J., RICHTEROVÁ D. 2010. Assessment of vegetative phenological phases of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in relation to effective temperature during period of 1992–2008 in Czechia. *Folia Oecologica*, 37 (2): 152–161.
- JADUŠ J., SANIGA M. 2013. Vplyv svetelných a pôdnych pomerov na výškový rast jedle bielej (*Abies alba* Mill.) v dolnej vrstve výberkových lesov. *Zprávy lesnického výzkumu*, 58 (3): 206–212.
- LAPIN M., FAŠKO P., MELO M., ŠTASTNÝ P., TOMLAIN J. 2002. Klimatické oblasti. In: Atlas krajiny Slovenskej republiky. Bratislava, Ministerstvo ŽP SR: 95.
- LEUGNER J., MARTINCOVÁ J., JURÁSEK A. 2010. Sledování stavu asimilačního aparátu jedle bělokoré (*Abies alba* Mill.) v růstové komoře měřením fluorescence chlorofylu. *Zprávy lesnického výzkumu*, 55 (1): 38–42.
- ŘEZNÍČKOVÁ J., BEZDĚČKOVÁ L., PROCHÁZKOVÁ Z. 2010. Sběr a zpracování šišek, skladování, předosevní příprava a kvalita semen jedle bělokoré (*Abies alba* Mill.). *Zprávy lesnického výzkumu*, 55 (3): 180–186.
- SHMŮ. 1984. Návod pre fenologické pozorovanie lesných rastlín. SHMŮ Bratislava: 23 s.
- SCHIEBER B., JANÍK R., SNOPKOVÁ Z. 2009. Phenology of four broad-leaved forest trees in a submountain beech forest. *Journal of Forest Science*, 55 (1): 15–22.
- STŘELCOVÁ K., ŠKVARENINA J. 2006. Meteorologické laboratórium s on-line prenosom meteorologických údajov z regionálnych meteorologických staníc do internetu. *Bulletin Slovenskej bioklimatologickej spoločnosti SAV*, 25 (35): 17–23. Dostupné na: <http://www.bioclimatology.tuzvo.sk/doc/Bulletin2006.pdf>
- ŠKVARENINOVÁ J. 2013. Vplyv zmeny klimatických podmienok na fenologickú odozvu ekosystémov. Monografia. Zvolen, Vydavateľstvo Technickej univerzity vo Zvolene: 132 s.
- VITASSE Y., DELZON S., DUFRENE E., PONTAILLER Y., LUOVET J.M., KREMER A., MICHALET R. 2008. Leaf phenology sensitivity to temperature in European trees: do within-species populations exhibit similar responses? *Agricultural and Forest Meteorology*, 149: 735–744. DOI:10.1016/j.agformet.2008.10.019.
- VITASSE Y., DELZON S., BRESSON C.C., MICHALET R., KREMER A. 2009. Altitudinal differentiation in growth and phenology among populations of temperate-zone tree species growing in a common garden. *Canadian Journal of Forest Research*, 39 (7): 1259–1269.

RESULTS OF PHENOLOGICAL OBSERVATIONS OF SILVER FIR (*ABIES ALBA* MILL.) POPULATIONS FROM SLOVAKIA

SUMMARY

Tree species as important components of forest ecosystems react to climate changes with their phenological events. Silver fir (*Abies alba* Mill.) has a fragmented distribution in Slovakia, and primarily occurs in mixed stands from approximately 400 to 1,200 m above sea level. As a species of oceanic climate, it is particularly sensitive to temperature and moisture extremes in the growing season. The work presents results of the phenological monitoring of Slovak autochthonous populations of silver fir, performed from 2006 to 2014, that were planted in collections of the Borová hora Arboretum that belongs to the Technical University Zvolen (Slovakia). In total, 26 populations from 19 orographic units of Slovakia and from elevations of 550 to 1,100 m a.s.l. were planted in the warm and slightly warm climate region of the Zvolenská valley (Tab. 1). The populations were divided into three elevation groups (Tab. 2). Phenological phases of leaf sprouting (Fig. 1) and flowering (Fig. 2) were observed on 10 individuals in each population. The individuals were randomly selected at the beginning of monitoring. Monitoring was performed according to the methodology of The Slovak Hydrometeorological Institute (SHMI) in Bratislava. The onset of the phenophase was recorded on the day, when the particular phenophase was observed on at least 10% of the trees. Needle sprouting started on average between April 15 and May 2. In new conditions, the populations retained their gradual time delay with elevation. The differences between the onset of leaf sprouting of the first and the second elevation group were from 1 to 7 days, while the differences between the second and the third group were from 1 to 3 days (Fig. 3). The onset of the phenophase in individual years was related to the course of air temperature at the end of winter and the beginning of spring. Leaf sprouting was most significantly influenced by March and April air temperatures with significant correlations ($R^2 = 0.81$) (Fig. 4). In all elevation groups, the earliest leaf sprouting was observed in 2014, while the latest needle sprouting was in 2006 after a very cold winter, when the monthly mean temperature of March was only 0.7 °C (Fig. 5). The duration of leaf sprouting (Fig. 6) does not depend on the elevation of the populations, but on the climate of the particular location and weather conditions during the phenophase.

In the Borová hora Arboretum, flowering of fir occurred on average from April 23 to May 9 in all elevation categories (Fig. 7). This phenological phase is not related to elevations the populations originate from, but is affected by the factors of the environment where they actually grow. The earliest onset of flowering was recorded in 2009, and the latest in 2006. High correlation was found between the onset of flowering, and March and April air temperature (Fig. 8). Duration of flowering was on average 5 to 7 days (Fig. 9), and it was similar in several cases regardless of the original elevation. The phase of flowering was longest in 2012.

The results of the research showed some changes in phenological events of silver fir at new sites, which can occur due to gradual climate changes under the conditions of their natural distribution.