PRIEBEH VEGETATÍVNYCH FENOLOGICKÝCH FÁZ AUTOCHTÓNNYCH POPULÁCIÍ SMREKA OBYČAJNÉHO (*PICEA ABIES* [L.] KARST.) ZO SLOVENSKA

Jana ŠKVARENINOVÁ

Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta ekológie a environmentalistiky,
T. G. Masaryka 24, SK-960 53 Zvolen, e-mail janask@vsld.tuzvo.sk

ŠKVARENINOVÁ J.: The dynamics of vegetative phenophases observed at the autochthon population of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) in Slovakia. Lesn. Čas. – Forestry Journal, **55**(1): 13 – 27, 2009, 6 fig., 9 tab., ref. 11. Original paper. ISSN 0323–10468

In the paper we summarise our findings on dating and course of vegetative phenophases observed in 22 Norway spruce exemplars representing the original populations in Slovakia. The research was carried out in the Arboretum Borová hora, Zvolenská basin, in the years 2006–2008. The hitherto obtained results show that in all exemplars native to altitudes up to 850 – 950 m, the phenophases started almost simultaneously; but in case of trees native to altitudes exceeding the above-mentioned limit, a time lag was observed. The altitude, however, had no impact on length of the individual phenophases. The beginning of phenophases in individual years was dependent on air temperature and duration of snow cover – the earliest was in 2007, the latest in 2006. We can suppose that in the future, woody plants alien to the sites may suffer from extreme conditions with possible adverse influence on plant physiological processes.

Key words: phenology, Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.), autochthonous populations, Slovakia

V príspevku sú zhrnuté výsledky nástupu a priebehu vegetatívnych fenologických fáz 22 pôvodov smreka obyčajného zo Slovenska v rokoch 2006–2008 v podmienkach Arboréta Borová hora v Zvolenskej kotline. Doteraz sa ukázalo, že pôvody do 850 – 950 m n. m. mali takmer rovnaké nástupy fenologických fáz, u pôvodov z vyšších nadmorských výšok sa oneskorujú. Dĺžka jednotlivých fenologických fáz nezávisí od nadmorskej výšky. Začiatok nástupov fenologických fáz v jednotlivých rokoch súvisel s teplotami vzduchu a dĺžkou trvania snehovej pokrývky – najskôr prebiehal v roku 2007 a najneskôr v roku 2006. Možno očakávať, že v budúcnosti budú dreviny na nepôvodných stanovištiach vystavené extrémnym podmienkam, ktoré môžu narušiť ich fyziologické procesy.

Kľúčové slová: fenológia, smrek obyčajný (*Picea abies* [L.] Karst.), autochtónne populácie, Slovensko

1. Úvod a problematika

K aktuálnym problémom súčasnej doby patria klimatické zmeny a globálne otepľovanie atmosféry. Rozhodujúcou mierou prispievajú aj k zmenám vývoja rastlinných spoločenstiev. Náhle zmeny môžu spôsobiť rozvrat nepôvodných ekosystémov, pretože lesné dreviny sa nedokážu v tak krátkom čase prispôbiť vzniknutej novej situácii. Odolávať nepriaznivým podmienkam dokážu len ekologicky stabilné porasty s pôvodným drevinovým zložením. Na novú zmenenú situáciu môžu dreviny reagovať znížením prirodzenej rezistencie a slabou odolnosťou voči abiotickým a biotickým faktorom, ale aj zmenou svojich biologických prejavov, ktoré ovplyvnia ich prirodzené rozšírenie. Klimatické zmeny môžu mať za následok časový posun nástupu fenologických fáz a narušenie ich ďalšieho vývoja. Analýzou týchto prejavov je možné získať informácie o aktuálnom stave a vývoji všetkých zložiek životného prostredia, charaktere klímy danej oblasti, ale aj genetických prejavoch jednotlivých jedincov a populácií v danej oblasti. Význam fenologických pozorovaní sa prejaví v poznaní vzájomných vzťahov medzi fenologickými trendmi prejavu populácií a vývojom klímy, čo dokumentujú aj niektoré práce (BAUER 2006, ŠKVARENINOVÁ 2008). Dreviny preto môžeme považovať za bioklimatologický indikátor klimatických zmien.

Fenologické fázy sú dobre rozpoznateľné znaky charakterizujúce každoročný vývoj vegetatívnych orgánov (púčikov, listov, ihlíc) drevín v závislosti od súboru meteorologických prvkov. Vyjadrujú biologické hranice, v rámci ktorých sa skúmajú požiadavky rastlín na podmienky vonkajšieho prostredia (KURPELOVÁ 1980, BEDNÁŘOVÁ & MERKLOVÁ 2006). Môžu vyjadrovať charakter klímy danej oblasti, ale aj aktuálny stav a vývoj životného prostredia v zmenených klimatických podmienkach. Na ich nástup a priebeh vplýva v rozhodujúcej miere teplota vzduchu, ale aj teplota a vlhkosť pôdy a ďalšie meteorologické prvky.

Fenologické zmeny počas jedného roku sú podmienené ročným klimatickým rytmom. Rastliny odpovedajú na ročné zmeny svojho prostredia ročnými zmenami svojich fyziologických procesov, ale aj vytvorením odpovedajúcej morfologickej formy. Mnohé z týchto rytmov bývajú zakotvené geneticky, ale z evolučného hľadiska majú preukazne adaptačný pôvod. Jednotlivé jedince určitej dreviny prechádzajú počas roka vývojovým cyklom, ktorý sa každoročne opakuje a jednotlivé fázy cyklu (fenologické fázy) sa vyznačujú nápadným prejavom. Tieto vlastnosti si jedince udržiujú každý rok, pričom dátum začiatku fenofázy nie je rovnaký (SLAVÍKOVÁ 1986, ŠTEFANČÍK 1995).

Problematickou fenologických prejavov smreka obyčajného sa zaoberalo viacero autorov (PAGAN 1985, BALUT & SABOR 2002, BEDNÁŘOVÁ & MERKLOVÁ 2007). Predmetom ich záujmu bolo sledovanie vybraných fenologických fáz na jednotlivých populáciách za dlhšie časové obdobia s cieľom zachytiť vzťahy medzi vývojom klímy a fenologickými trendmi prejavu populácií, ako aj priebeh fenofáz rôznych proveniencií z Európy v rovnakých podmienkach prostredia.

Najrozšírenejšou ihličnatou drevinou lesov Slovenska je smrek obyčajný (*Picea abies* [L.] Karst.), ktorého umelé pestovanie v monokultúrach prinieslo mnoho problémov. Preto je potrebné venovať zvýšenú pozornosť pôvodným populáciám, ale aj ich

reakcii na zmenené podmienky prostredia v nových areáloch ich výskytu. Uvedené fakty prispeli k výberu tejto dreviny pre fenologický výskum.

2. Materiál a metódy

Arborétum Borová hora – pracovisko Technickej univerzity vo Zvolene patrí medzi unikátne zariadenia svojho druhu pre zameranie zbierok drevín na autochtónnu dendroflóru Slovenska. V areáli arboréta sú sústredené domáce dreviny v ich morfolologickej a zemepisnej premenlivosti, najmä z prirodzených lokalít s cieľom záchrany a zachovania vzácneho genofondu. Cenné sú proveniencie domácich drevín získané z lesov Slovenska. Medzi nimi sa nachádza aj 22 pôvodov smreka obyčajného z rozličných orografických celkov a nadmorských výšok od 500 do 1 450 m prirodzeného areálu na Slovensku. Populácie reprezentujú kvalitný genofond z 11 orografických celkov vysadený v rovnakých podmienkach prostredia arboréta v Zvolenskej kotline. Územie má pahorkatinný charakter s rozpätím nadmorských výšok od 290 do 377 m. Prevažuje severo-severozápadná expozícia. Lokalita patrí do klimatickej oblasti – okrsku teplého mierne vlhkého s chladnou zimou. Charakteristiku klimatických podmienok danej lokality (STŘELCOVÁ & ŠKVARENINA 2007) podáva tabuľka 1. Geologický podklad tvorí andezitový tuf a travertíny, hlavným pôdotvorným substrátom sú pararendziny, kambizeme a fluvizeme. Oblasť patrí do 2. bukovo-dubového lesného vegetačného stupňa.

Tabuľka 1 Vybrané klimatické charakteristiky z mezoklimatickej stanice Arboréta Borová hora
Table 1 Values of some climatic variables in the Arboretum Borová hora

Charakteristika ¹⁾	Hodnota ²⁾
Priemerná ročná teplota ³⁾	8,2 °C
Priemerná teplota vegetačného obdobia ⁴⁾	14,7 °C
Priemerný ročný úhrn zrážok ⁵⁾	757 mm
Priemerný úhrn zrážok vo vegetačnom období ⁶⁾	428 mm
Priemerná relatívna vlhkosť vzduchu ⁷⁾	76 %
Priemerný počet dní so snehovou pokrývkou ⁸⁾	69
Priemerný počet mrazových dní (pod 0 °C) ⁹⁾	127

¹⁾Characteristic, ²⁾Value, ³⁾Average annual temperature, ⁴⁾Average temperature in vegetation period, ⁵⁾Average annual precipitation total, ⁶⁾Average precipitation total in vegetation period, ⁷⁾Average relative air humidity, ⁸⁾Average number of days with snow cover, ⁹⁾Average number of days with temperature below 0 °C

Aby bolo možné vyhodnotiť časový nástup jednotlivých fenologických fáz v závislosti od nadmorskej výšky a navzájom ich porovnať, pristúpili sme k rozdeleniu pôvodov celého výškového rozpätia do troch skupín. Pri tom sme zohľadnili skutočnosť, aby rozpätia nadmorských výšok mali približne rovnako veľký interval a pôvody boli rozmiestnené do skupín v čo najvyrovnanjšom počte. Prehľad hodnotených pôvodov smreka v jednotlivých skupinách je uvedený v tabuľke 2.

Fenologické pozorovania sme robili na tých istých 10 náhodne vybraných jedincoch každého pôvodu podľa metodického postupu vypracovaného SHMÚ v Bratislave (KOLEKTÍV 1984). Začiatok nástupu fenofázy bol označený dňom, kedy aspoň 10 % stromov dosiahlo danú fenofázu. Pre spracovanie sme k jednotlivým kalendárnym dňom nástupu priradili poradové číslo tohto dňa od začiatku roka (juliánsky kalendár). Pozorovali sme nasledovné vegetatívne fenofázy:

- *pučanie ihlicových púčikov (PIP)* – vegetatívne púčiky vplyvom rastu zväčšili svoj objem a na okrajoch obalových šupín sa objavilo bledozelené sfarbenie (obr. 1),
- *rozpuh ihlicových púčikov (RIP)* – na konci púčika sa objavili zelené konce ihlíc, ktoré sa neoddeľujú od seba, obalové šupiny ostali v strednej a spodnej časti púčika (obr. 2),
- *prvé májové výhonky (PMV)* – v spodnej časti terminálnych púčikov sa začínajú oddeľovať prvé ihlice, ktoré majú charakteristický tvar, nemajú normálnu veľkosť a sfarbenie (obr. 3),
- *konečné oihličenie (KO)* – ihlice dosiahli normálny rozmer a sfarbenie letného ihličia (obr. 4).

Tabuľka 2 Charakteristika pôvodov smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.) v Arboréte Borová hora

Table 2 Characteristics of spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) autochthonous populations in the Arboretum Borová hora

Výšková skupina ¹⁾	Číslo pôvodu ²⁾	Orografický celok ³⁾	Nadmorská výška ⁴⁾ (m)	Vek (roky) ⁵⁾
1 500–700 m n. m.	1	Volovské vrchy	500	19
	2	Spišsko-gemerský kras	580	27
	3	Spišsko-gemerský kras	600	27
	4	Štiavnické vrchy	600	18
	5	Volovské vrchy	600	18
	6	Spišsko-gemerský kras	620	27
	7	Spišsko-gemerský kras	620	28
	8	Pobeskydská vrchovina	650	24
2 710–950 m n. m.	9	Oravské Beskydy	750	24
	10	Volovské vrchy	750	18
	11	Pobeskydská vrchovina	850	27
	12	Slovenský kras	850	24
	13	Javorníky	950	27
	14	Oravské Beskydy	950	24
3 960–1 450 m n. m.	15	Volovské vrchy	950	19
	16	Nízke Tatry	1 000	24
	17	Volovské vrchy	1 060	24
	18	Nízke Tatry	1 100	27
	19	Volovské vrchy	1 100	18
	20	Podtatranská kotlina	1 200	24
	21	Nízke Tatry	1 380	24
	22	Západné Tatry	1 450	24

¹⁾Altitudinal zone, ²⁾Number of origin, ³⁾Orographic unit, ⁴⁾Altitude (m), ⁵⁾Age (years)

3. Výsledky a diskusia

Počas sledovaných rokov prebiehalo pučanie ihlicových púčikov priemerne od 7. do 22. apríla (tab. 3). Najskorší nástup bol zaznamenaný 30. marca 2007 pri pôvode 9 z Oravských Beskyd v 2. skupine, najneskorší 27. apríla 2006 pri pôvode 21 z Nízkych Tatier v 3. skupine. Z tabuľky 3 a obrázku 5 vidno, že pri pôvodoch do 950 m n. m. nastupovala fenologická fáza pučanie ihlicových púčikov priemerne do

Obr. 1 Pučanie ihlicových púčikov
Fig. 1 Flushing of the buds of needles.

Obr. 2 Rozpuk ihlicových púčikov
Fig. 2 Burst of the buds of needles.

Obr. 3 Prvé májové výhonky
Fig. 3 First May sprouts.

Obr. 4 Konečné oihličenie
Fig. 4 Mature needles.

14. apríla s vyššou variabilitou (1,13–4,05 %), pôvody z nadmorských výšok nad 950 metrov sa začínali aktívovať v priemere v druhej polovici apríla pri nižších hodnotách variačných koeficientov (2,05–3,02 %). Rozdiely v nástupe medzi pôvodmi 1. skupiny predstavovali 3–11 dní, v 2. skupine 6–14 dní, v 3. skupine 7–11 dní. Nástup a priebeh tejto fenologickej fázy v jednotlivých rokoch bol odlišný a súvisel s priebehom teplôt vzduchu v jarom období. Z tabuľky 4 vidno, že najchladnejším rokom bol rok 2006, kedy priemerná marcová teplota vzduchu dosiahla len 0,7 °C. Toto chladné obdobie s dlhotrvajúcou snehovou pokrývkou ovplyvnilo takmer u všetkých pôvodov neskorý

Tabuľka 3 Štatistické charakteristiky fenofázy pučanie ihlicových púčikov vo výškových skupinách

Table 3 Statistical characteristics obtained during the phenological phase of needles buds flushing in the observed altitudinal groups

Výšková skupina ¹⁾	1 (500–700 m n. m.) n = 8				2 (710–950 m n. m.) n = 7				3 (960–1 450 m n. m.) n = 7			
Roky ²⁾	Ø	min	max	s _x %	Ø	min	max	s _x %	Ø	min	max	s _x %
2006	13,4	12,4	15,4	1,13	14,4	10,4	16,4	1,91	22,4	16,4	27,4	3,02
2007	8,4	5,4	10,4	1,92	7,4	30,3	12,4	3,91	16,4	12,4	19,4	2,05
2008	11,4	7,4	18,4	3,72	9,4	1,4	15,4	4,05	21,4	16,4	25,4	2,96

Ø – priemerný nástup fenologickej fázy – average beginning of blossoming, min – najskorší nástup – earliest beginning, max – najneskorší nástup – latest beginning, s_x% – variačný koeficient – variation coefficient

¹⁾Altitudinal zone, ²⁾Years

Obr. 5 Nástup a dĺžka trvania fenofázy „pučanie ihlicových púčikov“ jednotlivých pôvodov podľa nadmorskej výšky v rokoch 2006–2008

Fig. 5 Beginning and duration of the phenophase “needles buds flushing” of autochthonous populations according to the altitude in the years 2006–2008.

nástup pučania. Výnimku tvoria niektoré pôvody (3, 7, 18), ktoré dosiahli najneskorší nástup pučania v roku 2008. Čo sa týka dĺžky trvania tejto fenofázy (tab. 5) pri 1. a 2. skupine pôvodov počas sledovaného obdobia môžeme konštatovať, že dosahuje vyrovnané hodnoty prevažne 11–13 dní. V 3. skupine sme zaznamenali väčšinou dĺžku

Tabuľka 4 Extrémne a priemerné hodnoty meteorologických prvkov v rokoch 2006–2008 na stanici Sliach

Table 4 Extreme and average values of meteorological characteristics at the station Sliach in the years 2006–2008

Rok ¹⁾	2006				2007				2008			
Mesiac ²⁾	Ø	min	max	DS	Ø	min	max	DS	Ø	min	max	DS
Január ³⁾	-7,5	-23,7	4,3	31	-2,2	-11,2	12,3	13	-0,5	-10,7	9,5	22
Február ⁴⁾	-3,8	-21,3	10,8	28	2,6	-4,3	11,5	10	1,1	-15,4	17,9	0
Marec ⁵⁾	0,7	-16,8	14,3	28	6,1	-4,6	20,0	1	3,6	-7,0	17,2	4
Apríl ⁶⁾	10,2	-3,3	24,8	0	10,8	-4,5	26,1	0	9,8	-3,3	21,5	0
Máj ⁷⁾	13,4	2,2	26,9	0	15,4	-3,9	30,6	0	14,9	1,6	30,5	0
Jún ⁸⁾	17,8	2,6	32,7	0	19,0	7,5	30,9	0	18,9	6,5	31,0	0

max – najvyššia teplota vzduchu v mesiaci (°C) – *highest monthly air temperature (°C)*, DS – počet dní v mesiaci so snehovou pokrývkou – *number of days in a month with snow cover*

¹⁾Year, ²⁾Month, ³⁾January, ⁴⁾February, ⁵⁾March, ⁶⁾April, ⁷⁾May, ⁸⁾June

Tabuľka 5 Počet dní trvania fenologických fáz smreka obyčajného podľa skupín v rokoch 2006–2008

Table 5 Duration of individual phenophases (in days) of Norway spruce according to native populations in the years 2006–2008

Fenofáza ¹⁾	Pučanie ihlicových púčikov ²⁾			Rozpuk ihlicových púčikov ³⁾		
Roky ⁴⁾	1	2	3	1	2	3
2006	11–13	11–14	9–13	7–9	8–11	8–10
2007	10–15	11–17	10–13	7–10	7–10	8–10
2008	8–14	11–16	7–11	6–10	6–10	8–12
Fenofáza ¹⁾	Prvé májové výhonky ⁵⁾			Konečné oihličenie ⁶⁾		
Roky ⁴⁾	1	2	3	1	2	3
2006	6–7	7–9	7–8	15–18	15–20	13–19
2007	6–8	7–9	7–8	11–17	11–16	11–15
2008	6–10	7–10	7–11	13–17	11–18	11–12

¹⁾Phenophase, ²⁾Flushing of the buds of needles, ³⁾Burst of the buds of needles, ⁴⁾Years, ⁵⁾First May sprouts, ⁶⁾Mature needles

fenofázy 11 dní. Najkratšiu dĺžku trvania fenofázy (7 dní) v období rokov 2006–2008 sme zaznamenali pri pôvode 18 z Nízkyh Tatier v roku 2008.

Rozpuk ihlicových púčikov trval v rokoch 2006–2008 priemerne od 23. apríla do 6. mája. Pribeh v jednotlivých skupinách vidieť z obrázku 6. Prvý nástup fenofázy sme zaznamenali 20. apríla 2007 v 1. skupine pri pôvode 5 z Volovských vrchov

Obr. 6 Nástup a dĺžka trvania fenofázy „rozpuk ihlicových púčikov“ jednotlivých pôvodov podľa nadmorskej výšky v rokoch 2006–2008

Fig. 6 Beginning and duration of the phenophase “needles buds flushing” of autochthonous populations according to the altitude in the years 2006–2008.

z nadmorskej výšky 600 metrov. Ako posledný začal fenofázu 10. mája 2006 pôvod 21 z Nízkyh Tatier z nadmorskej výšky 1 380 metrov. Rozpuk ihlicových púčikov prebiehal v priemere súčasne v 1. a 2. skupine v poslednej aprílovej dekáde, v 3. skupine nastal posun do prvej májovej dekády. Variabilita sa v porovnaní s predchádzajúcou fenofázou znížila, čo dokumentujú aj hodnoty variačných koeficientov v tabuľke 6. Pohybujú sa v intervale od 1,11 do 2,64 %, čo je spôsobené vyrovnaním denných teplôt vzduchu. Najneskorší nástup sme zaznamenali takmer u všetkých pôvodov v roku 2006, najskorší nástup začal v roku 2007. Hoci priemerná mesačná teplota vzduchu (tab. 4) v apríli 2006 bola nižšia len o 0,6 °C ako v tom istom období 2007 a dokonca vyššia o 0,4 °C ako v roku 2008, oneskorenie vegetačného obdobia vplyvom chladnej jari s dlhotrvajúcou snehovou pokrývkou sa nepodarilo drevinám vyrovnáť. Dĺžka trvania tejto fenofázy dosahovala vyššiu variabilitu v prvých dvoch skupinách. Prevažne sa pohybovala v rozpätí 7–10 dní, pri pôvodoch z 3. skupiny priemerný interval predstavoval 8–10 dní. Najkratšie intervaly (6 dní) sme zistili v roku 2008 pri pôvodoch vo viacerých skupinách, najdlhší interval 12 dní pri pôvode 18 v tom istom roku.

Niektoré naše výsledky pozorovaní tejto fenofázy sú porovnateľné aj s inými autormi (MERKLOVÁ & BEDNÁŘOVÁ 2008). Možno konštatovať, že kým v nadmorskej výške 625 metrov v oblasti Dražanskej vrchoviny v Čechách prebiehal v rokoch 2004–2007 rozpuk ihlicových púčikov priemerne 5. mája, v našich podmienkach pôvodu z nadmorských výšok 500–700 metrov začínali túto fenofázu 23.–29. apríla. Túto

Tabuľka 6 Štatistické charakteristiky fenofázy rozpuh ihlicových púčikov vo výškových skupinách

Table 6 Statistical characteristics obtained during the phenological phase of the needle buds burst in the observed altitudinal vegetation zones

Výšková skupina ¹⁾	1 (500–700 m n. m.) n = 8				2 (710–950 m n. m.) n = 7				3 (960–1 450 m n. m.) n = 7			
Roky ²⁾	Ø	min	max	s _x %	Ø	min	max	s _x %	Ø	min	max	s _x %
2006	29,4	27,4	1,5	1,11	30,4	28,4	2,5	1,15	6,5	1,5	10,5	2,1
2007	23,4	20,4	29,4	2,15	24,4	20,4	26,4	1,67	1,5	28,4	4,5	1,82
2008	26,4	24,4	2,5	2,13	27,4	22,4	2,5	2,64	4,5	1,5	7,5	2,64

Ø – priemerný nástup fenologickej fázy – *average beginning of blossoming*, min – najskorší nástup – *earliest beginning*, max – najneskorší nástup – *latest beginning*, s_x % – variačný koeficient – *variation coefficient*

¹⁾Altitudinal zone, ²⁾Years

skutočnosť je možné vysvetliť teplotnými zmenami stanovišťa spôsobenými rozdielnou nadmorskou výškou. Z výsledkov fenologických pozorovaní v Poľsku (CHALUPKA 1998) je zrejmé, že rozpuh ihlicových púčikov prebiehal s časovým posunom v rôznych geografických oblastiach a aj v rámci jednej oblasti v závislosti od nadmorskej výšky. Pôvody z nižších nadmorských výšok začínajú svoju fenologickú aktivitu o takmer 2 týždne skôr ako z vyššie položených oblastí.

Fenologická fáza prvé májové výhonky začínala počas hodnoteného obdobia v priemere od 5. do 17. mája. Prehľad nástupu a priebehu tejto fenofázy podľa skupín je zrejmý z tabuľky 7. V práci LUKNÁROVEJ (2000) sa v rokoch 1986–1998 v nadmorskej výške nad 500 metrov uvádza nástup tejto fenofázy v priemere od 11. do 30. mája, čo je v porovnaní s našimi výsledkami mierny neskorší posun. Tento jav je s vysokou pravdepodobnosťou spôsobený vplyvom stanovišťa, kde sa výraznou mierou odrážajú aj jeho teplotné pomery. Najskorší dátum je v uvedenej práci 22. 4. 1989 v Starých Horách, najneskorší sa vyskytol 15. 6. 1991 na fenologickej stanici Turčok. Z našich pozorovaní sme najskorší termín nástupu zaznamenali 2. mája 2008 pri pôvodoch 9 a 11 z Oravských Beskýd a Pobeskydskej vrchoviny (750–850 m n. m.) z 2. skupiny. Najneskorší termín pripadol na 20. mája 2006 pri pôvodoch 20 a 21 z Podtatranskej kotliny (1 200 m n. m.) a Nízkych Tatier (1 380 m n. m.) z 3. skupiny. Z uvedených porovnaní môžeme konštatovať, že stanovištné podmienky do určitej miery ovplyvňujú nástup fenofázy. Priemerný dátum nástupu prvých májových výhonkov pôvodov smreka obyčajného v našich podmienkach pripadá na 11. 5., čo je o 6 dní skôr ako uvádza v práci LUKNÁROVÁ (2000) za obdobie 1986–1998 a o 7 dní skôr ako je uvedené za roky 1986–1995 z územia Slovenska u autorov BRASLAVSKÁ a KAMENSKÝ (1999). Naš priemerný dátum nástupu tejto fenofázy je posunutý o 1 deň neskôr v porovnaní s neskorším obdobím rokov 1961–1985 v práci LUKNÁROVEJ (2000) a obdobím rokov

Tabuľka 7 Štatistické charakteristiky fenofázy prvé májovej výhonky vo výškových skupinách

Table 7 Statistical characteristics obtained during the phenological phase of the first May sprouts in the observed altitudinal zones

Výšková skupina ¹⁾	1 (500–700 m n. m.) n = 8				2 (710–950 m n. m.) n = 7				3 (960–1 450 m n. m.) n = 7			
Roky ²⁾	Ø	min	max	s _x %	Ø	min	max	s _x %	Ø	min	max	s _x %
2006	9,5	7,5	12,5	1,34	12,5	9,5	15,5	1,46	17,5	13,5	20,5	1,74
2007	5,5	3,5	11,5	1,85	6,5	3,5	10,5	2,22	14,5	10,5	15,5	1,31
2008	6,5	3,5	7,5	2,17	6,5	2,5	14,5	3,56	14,5	10,5	17,5	1,71

Ø – priemerný nástup fenologickej fázy – average beginning of blossoming, min – najskorší nástup – average beginning of blossoming, max – najneskorší nástup – latest beginning, s_x% – variačný koeficient – variation coefficient

¹⁾Altitudinal zone, ²⁾Years

Obr. 7 Nástup a dĺžka trvania fenofázy „prvé májové výhonky“ jednotlivých pôvodov podľa nadmorskej výšky v rokoch 2006–2008

Fig. 7 Beginning and duration of the phenophase “first May sprouts” of autochthonous populations according to the altitude in the years 2006–2008.

1931–1960 v prácach KURPELOVEJ (1963, 1972). Tieto porovnávané údaje majú len orientačný charakter, pretože nezachytávajú rovnaké časové obdobie. Ak porovnáme túto fenofázu v 1. skupine s dostupnými údajmi v Čechách (MERKLOVÁ & BEDNÁŘOVÁ 2008) v rokoch 2004–2007 zistíme, že v podmienkach arboréta prebiehala o 3–7 dní

skôr. Vysokú závislosť je možné pripísať teplote vzduchu a prispôsobeniu sa zmeneným podmienkam stanovišťa. Hoci vo viacerých uvedených prípadoch vyplývajúci z diskusie sa nástup tejto fenologickej fázy posúva do skorších termínov, podľa obrázku 7 môžeme konštatovať, že pôvody nad 950 m n. m. si do určitej miery zachovávajú svoje vlastnosti z pôvodného stanovišťa.

Autori BALUT a SABOR (2002) z výsledkov provenienčného pokusu smreka obyčajného z 96 geografických regiónov Európy udávajú priebeh celej fenologickej fázy v čase od 19. 4. do 29. 6. Proveniencie zo 7 regiónov Slovenska z nadmorských výšok 700–1 320 m patrili v rámci tohto pokusu k priemerne až neskôr vytvárajúcim prvé májové výhonky. Aj naše pôvody z nadmorských výšok nad 950 metrov prejavili oneskorený nástup fenofázy. Výsledky sú porovnateľné len orientačne, nakoľko pozorovaný materiál, ako aj stanovištné podmienky nie sú identické.

Fenofáza našich pôvodov nastupovala takmer súčasne v 1. a 2. skupine, pri najvyšších hodnotách variačného koeficientu v roku 2008 ($s_x\% = 2,17; 3,56$) a celkovom variačnom rozpätí 13 dní. V 3. skupine variačný koeficient dosiahol nízke hodnoty (1,31–1,74 %), hoci variačné rozpätie za celé obdobie predstavovalo 10 dní. Pri porovnaní nástupu fenofázy v jednotlivých rokoch vidieť výrazné rozdiely. Skorší a pomerne časovo vyrovnaný bol nástup v rokoch 2007 a 2008 pri všetkých pôvodoch. Oneskorenie sa prejavilo v roku 2006, podobne ako aj v Čechách (MERKLOVÁ & BEDNÁŘOVÁ 2008), kedy bola na meteorologickej stanici Sliač zaznamenaná priemerná teplota vzduchu v mesiaci máj len 13,4 °C (tab. 4). Dĺžka trvania fenofázy (tab. 5) predstavovala vo všetkých skupinách pôvodov najčastejšie 7 dní. Najkratší interval dosiahol v roku 2008 5 dní, najdlhší predstavoval v tom istom roku 11 dní. Najnižšia miera variability bola zaznamenaná v roku 2006, najvyššia v roku 2008.

Posledná fenologická fáza konečné oihličenie prebiehala v priemere od 21. mája do 3. júna (tab. 8). Jej priebeh podľa jednotlivých skupín je znázornený na obrázku 8. Najskorší nástup fenofázy sme zaznamenali 18. mája 2007 a 2008 pri viacerých

Tabuľka 8 Štatistické charakteristiky fenofázy konečné oihličenie vo výškových skupinách
Table 8 Statistical characteristics obtained during the phenological phase of the mature needles in the observed altitudinal zones

Výšková skupina ¹⁾	1 (500–700 m n. m.) n = 8				2 (710–950 m n. m.) n = 7				3 (960–1 450 m n. m.) n = 7			
Roky ²⁾	Ø	min	max	$s_x\%$	Ø	min	max	$s_x\%$	Ø	min	max	$s_x\%$
2006	24,5	22,5	25,5	0,98	28,5	23,5	31,5	1,97	3,6	1,6	5,6	0,98
2007	22,5	18,5	24,5	1,54	25,5	20,5	29,5	2,38	31,5	29,5	3,6	1,05
2008	21,5	18,5	25,5	1,98	25,5	18,5	30,5	2,72	2,6	30,5	2,6	0,69

Ø – priemerný nástup fenologickej fázy – *average beginning of blossoming*, min – najskorší nástup – *earliest beginning*, max – najneskorší nástup – *latest beginning*, $s_x\%$ – variačný koeficient – *variation coefficient*

¹⁾Altitudinal zone, ²⁾Years

Obr. 8 Nástup a dĺžka trvania fenofázy „konečné oihličenie“ jednotlivých pôvodov podľa nadmorskej výšky v rokoch 2006–2008

Fig. 8 Beginning and duration of the phenophase “mature needles” of autochthonous populations according to the altitude in the years 2006–2008.

pôvodoch (1, 2, 8, 9) v 1. a 2. skupine. Najneskoršie nastúpila fenofáza 5. júna 2006 na pôvodoch 20 a 21 v 3. skupine. Rozdiely v nástupe medzi pôvodmi 1. skupiny predstavovali 2–7 dní, v 2. skupine 2–13 dní, v 3. skupine 1–7 dní. Variačné koeficienty dosahovali hodnoty od 0,69 % do 2,72 %, najnižšie sme zistili v 3. skupine. Medzi jednotlivými rokmi vidno oneskorený nástup pôvodov z 3. skupiny, hoci priemerné teploty vzduchu v mesiaci jún dosahovali vo všetkých rokoch takmer rovnaké hodnoty (tab. 4). Z týchto údajov môžeme konštatovať, že nástup fenologickej fázy pôvodu ovplyvňuje jeho nadmorská výška a stanovište, z ktorého pochádza. Fenologická fáza konečné oihličenie sa vyznačuje najdlhším časovým intervalom, ktorý najčastejšie dosahuje hodnotu 15–16 dní. Najkratšia doba trvania dosiahla v rokoch 2007 a 2008 11 dní v každej skupine, najdlhšia bola zaznamenaná v roku 2006 v 2. skupine a predstavovala 20 dní.

Ako vidno, medzi všetkými priemerami pôvodov z 1. a 3. skupiny, ako aj priemerami pôvodov z 2. a 3. skupiny existuje veľmi tesná závislosť so spoľahlivosťou 99 %. Možno teda konštatovať, že rozdiely sú štatisticky významné. Nástup jednotlivých fenologických fáz a ich časový posun závisí od nadmorskej výšky, z ktorej pôvody pochádzajú. Výrazné oneskorenie nástupu jarných fenologických fáz vidíme pri pôvodoch nad 950 m n. m., čo môžeme vysvetliť ich dlhodobou genetickou adaptáciou na podmienky horskej klímy.

Výsledky týchto fenologických pozorovaní majú vzhľadom na krátky časový rad len orientačný charakter, ale možno ich v budúcnosti využiť nielen pri zakladaní porastov,

Tabuľka 9 Štatistická významnosť rozdielov medzi výberovými priermi výškových skupín jednotlivých fenologických fáz

Table 9 Assessment of the statistical significance of differences among sample means observed in all altitudinal zones during particular phenological stages

Fenologické fázy ¹⁾	Štatistická významnosť medzi výškovými skupinami ²⁾		
	1 – 2	1 – 3	2 – 3
PIP – 2006	0,488	0,000**	0,000**
PIP – 2007	0,884	0,000**	0,000**
PIP – 2008	0,401	0,000**	0,000**
RIP – 2006	0,033*	0,000**	0,000**
RIP – 2007	0,381	0,000**	0,000**
RIP – 2008	0,619	0,000**	0,000**
PMV – 2006	0,007**	0,000**	0,002**
PMV – 2007	0,589	0,000**	0,000**
PMV – 2008	0,838	0,000**	0,001**
KO – 2006	0,004**	0,000**	0,000**
KO – 2007	0,023*	0,000**	0,001**
KO – 2008	0,029*	0,000**	0,001**

** $\alpha = 0,01$, * $\alpha = 0,05$

¹⁾Phenophases, ²⁾Statistical significance between altitudinal zones

ale ako uvádza ŠTEFANČÍK (1995) aj pri selekčných prácach a šľachtení lesných drevín. Vzhľadom na zmeny klímy a jej dôsledky na lesné ekosystémy sa hlavne pre smrek v nižších vegetačných stupňoch až po šiesty (MINDÁŠ & ŠKVARENINA & KUNCA 2007) vytvoria kritické podmienky jeho prežitia v rámci Slovenska. Naše výsledky poukazujú na skoršie termíny nástupu jednotlivých fenologických fáz u pôvodov z vyšších nadmorských výšok, čo môže viesť ku skráteniu obdobia vegetačného kľudu. Predĺžením vegetačného obdobia v dlhšom časovom úseku môže dôjsť k poruchám fyziologických procesov smreka a jeho úhynu, zvlášť na nepôvodných stanovištiach.

4. Záver

Na 22 autochtónnych populáciách smreka obyčajného z nadmorských výšok 500–1 450 m vysadených v Arboréte Borová hora Technickej univerzity vo Zvolene boli sledované vegetatívne fenologické fázy pučanie ihlicových púčikov, rozpuč ihlicových púčikov, prvé májové výhonky a konečné oihličenie pri ich 10 % výskyte. Pučanie ihlicových púčikov prebiehalo v danom období priemerne od 7. do 22. apríla, rozpuč ihlicových púčikov trval od 23. apríla do 6. mája. Fenologická fáza prvé májové výhonky začínala počas hodnoteného obdobia v priemere od 5. do 17. mája, konečné oihličenie prebiehalo v priemere od 21. mája do 3. júna. Ďalšie výsledky práce je možné zhrnúť do nasledovných záverov:

- pôvodné populácie pochádzajúce z horskej klímy od nadmorskej výšky 850–950 m si aj v nových podmienkach prostredia zachovávajú schopnosť oneskoreného nástupu sledovaných vegetatívnych fenofáz. Možno to vysvetliť ich dlhodobou genetickou adaptáciou na podmienky horskej klímy s častejším výskytom neskorých jarných mrazov a dlhšie trvajúcou snehovou pokrývkou,
- nadmorská výška pôvodov smreka neovplyvnila dĺžku trvania fenofáz. Fenologická fáza pučanie ihlicových púčikov trvala väčšinou priemerne 11–13 dní, rozpuč ihlicových púčikov 7–10 dní, prvé májové výhonky 7 dní, konečné oihličenie 15–16 dní,
- nástupy fenologických fáz súviseli s vývojom teplôt vzduchu. Najskôr sa začínali aktivovať v rokoch 2007 a 2008, s miernym oneskorením v roku 2006 vplyvom nízkych teplôt a dlhotrvajúcej snehovej pokrývky.

Uvedené výsledky predstavujú prvotné zistenia počas troch rokov sledovaní, ktoré bude potrebné overiť pozorovaniami v dlhšom časovom rade, kedy sa dá lepšie zohľadniť vplyv stanovišťa, ale aj predpokladané dôsledky klimatických zmien. Skoršie nástupy fenologických fáz v dôsledku uvedených príčin môžu viesť k predlžovaniu vegetačného obdobia. Tento pokus a jeho výsledky poukazujú na skutočnosť, že dreviny na nepôvodných stanovištiach sú vystavené zmenám, ktoré môžu výrazne ovplyvniť dĺžku ich vegetačného obdobia, ale aj vitalitu. Len zdravé a odolné porasty na pôvodných stanovištiach sú schopné vo väčšej miere sa prispôbiť nepriaznivým podmienkam, ktoré vznikajú pri globálnych zmenách prostredia.

Podakovanie

Príspevok vznikol a bol finančne podporený z projektov VEGA MŠ SR: 1/4393/07, 1/0515/08.

Literatúra

1. BALUT S., SABOR J., 2002: Inventory Provenance Test of Norway Spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) IPTNS-IUFRO 1964/68 in Krynica. Krakow, Akademia Rolnicza im. H. Kollataja w Krakowie, 200 p.
- 2. BAUER Z., 2006: Fenologické tendence složek jihomoravského lesa na příkladu habrojilmové jaseniny (Ulmi-Fraxineta Carpinii) za období 1961–2000. Část II. Fenologie bylin a ptáků. *Meteorologické zprávy*, **59**: 113–117.
- 3. BEDNÁŘOVÁ E., MERKLOVÁ L., 2006: Fenologická pozorování u modřínu opadavého (*Larix decidua* Mill.) na Drahanské vrchovině v letech 1991 až 2005. In NEUHÖFEROVÁ, P.: Modřín – strom roku 2006. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze, p. 73–78.
- 4. BEDNÁŘOVÁ E., MERKLOVÁ L., 2007: Vyhodnocení fenologie mladého smrkového porostu v oblasti Drahanská vrchovina. In ROŽNOVSKÝ J., LITSCHMANN T., VYSKOT I. (eds.): Klima lesa. Brno, ČHMÚ, 5 s.
- 5. BRASLAVSKÁ O., KAMENSKÝ L., 1999: Fenologické charakteristiky ihličnatých dřevin v období 1986–1995. *Meteorologický časopis*, **2**(3): 41–47.
- 6. CHALUPKA W., 1998: Kwitnienie i obradanie. In Biologia świerka pospolitego. Bogucki Wydawnictwo Naukowe Poznań, p. 157–169.
- 7. KOLEKTÍV, 1984: Návod pre fenologické pozorovanie lesných rastlín. SHMÚ Bratislava, 23 s.
- 8. KURPELOVÁ M., 1963: Fenologická charakteristika vysoko položených kotlín na Slovensku. *Geografický časopis*, **15**: 241–263.
- 9. KURPELOVÁ M., 1972: Fenologické pomery kraja. In Klimatické a fenologické pomery Stredoslovenského kraja. HMÚ Bratislava, p. 325–414.
- 10. KURPELOVÁ M., 1980: Fenologické javy a ich vzťah ku kolísaniu klímy. *Meteorologické zprávy*, **33**(5): 142–147.
- 11. LUKNÁROVÁ V., 2000: Nástup fenologických fáz smreka obyčajného a zmena klímy. Národný klimatický program SR, V., zv. 8, MŽP, SHMÚ Bratislava, 110 p.
- 12. MERKLOVÁ L., BEDNÁŘOVÁ E. 2008: Results of the phenological study of the norway spruce in the mixed stand. In ROŽNOVSKÝ J.,

LITSCHMANN T., (ed): Bioklimatologické aspekty hodnocení procesů v krajině. Brno, ČHMÚ, 8 s. – **13.** MINĎÁŠ J., ŠKVARENINA J., KUNCA V., 2007: Impact global climate change on forest ecosystems in Slovakia – general overview. *Lesn. Čas.-Forestry Journal*, **53**(3): 227–235. – **14.** PAGAN J., 1985: Vyhodnotenie rastu a fenologických prejavov archívu pôvodov *Picea abies* [L.] Karst. v Arboréte Borová hora VŠLD. XXI. pracovná konferencia botanických záhrad ČSSR, Zvolen, VŠLD, p. 88–106. – **15.** SLAVÍKOVÁ J., 1986: Ekologie rostlin, Praha, SZN, 368 p. – **16.** STŘELCOVÁ K., ŠKVARENINA J., 2007: Meteorologické laboratórium s on-line prenosom meteorologických údajov z regionálnych meteorologických staníc do internetu. www.tuzvo.sk. – **17.** ŠKVARENINOVÁ J., 2008: Start of spring phenophases in pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in the Zvolenska basin, in relation to temperature sums. *Meteorological Journal*, **11**(1–2): 15–20. – **18.** ŠTEFANČÍK I., 1995: Fenológia v lesníctve. 1. Začiatok vegetačnej činnosti. *Lesn. Čas.*, **41**(2): 131–139.

Summary

We observed 22 populations of Norway spruce originally growing at the altitude 500 – 1450 m and now planted in the arboretum of Borová hora belonging to the Technical University Zvolen. Four vegetative phenological stages of needles buds flushing, their bursting, first May sprouts growing and mature needles occurrence were observed and recorded for 10% of the population. Average times of buds flushing and needles buds bursting were observed from the 7th April until the 22nd April, and from the 23rd April until the 6th May. Average phenological stage of first May sprouts started on the 5th – the 17th May and average mature needles occurrence lasted from the 21st May until the 3rd June. The results can be concluded, as follows:

- For the autochthonous populations from the vegetation zone at the altitude of 850 – 950 m it was observed the ability to save delayed vegetative stages. This can be explained by their long-lasting genetic adaptation to conditions of the mountain climate with frequent occurrence of late spring frosts and long-lasting snow cover.
- Altitudinal provenances of spruce do not influence the duration of phenological stages. Average time of needles buds flushing was 11 – 13 days, of their bursting 7 – 10 days, first May sprouts 7 days and mature needles occurred after 15 – 16 days.
- Beginning of particular phenological stages depended on the development of air temperature. The first stages were activated in the year 2007 and 2008, and with a moderate delay in the year 2006 as the impact of lower temperature and long-lasting snow cover.

Presented results can be considered major founding concerning data collection performed for 3 years, what should be tested by a longer time-series of observations in order to take into account better both the influence of site conditions and the assumed consequences of climate change. Sooner beginnings of phenological stages due to the mentioned causes can lead to the prolongation of vegetation period. This attempt and its results point out the fact, that tree-species growing on non-original sites are exposed to changes that can influence significantly the length of their vegetation period and their vitality as well. Only sound and resistant forest stands growing on their original sites are able to adapt themselves to unfavourable conditions to greater extent.

Translated by author

Revised by Z. Al-Attasová