

Vplyv nízkých teplôt na jarné fenologické fázy vybraných lesných drevín drieňovej dúbravy (*Corneto-Quercetum*) NPR Boky

The influence of low temperatures on the spring phenology of chosen woody plants in dogwood-oak oak stand (*Corneto-Quercetum*) in Boky National Nature Reserve

Adriana Leštianska¹, Lenka Slobodníková¹, Jozef Zverko¹, Branko Slobodník², Katarína Štrelcová¹, Jaroslav Škvarenina¹

Lesnícka fakulta,¹ Fakulta ekológie a environmentalistiky², Technická univerzita vo Zvolene

Abstrakt

Príspevok sa zaoberá vyhodnotením teplotných charakteristík s hlavným zameraním na neskoré jarné mrazy a ich vplyv na načasovanie vybraných fenologických fáz niektorých druhov drevín: lieska obyčajná (*Corylus avellana* L.), hrab obyčajný (*Carpinus betulus* L.), dub zimný (*Quercus petraea* Matt.) a dub cerový (*Quercus cerris* L.). Výsledky sú spracované z dát deväťročného monitoringu (2008–2016) na výskumnej ploche NPR Boky. Jarné fenologické fázy boli v silnej, štatisticky významnej korelácii ($p < 0,05$) s minimálnymi teplotami a počtom mrazových dní v mesiacoch marec a apríl. Pri minimálnych teplotách išlo o negatívne závislosti, pri počte mrazových dní o pozitívne závislosti. Najneskorší nástup takmer všetkých jarných fenologických fáz všetkých pozorovaných drevín bol zaznamenaný v roku 2013, kedy bol zaznamenaný aj najvyšší počet mrazových dní v zimnom a jarnom období.

Kľúčové slová: fenológia, mrazové dni, neskoré jarné mrazy

Abstract

The paper deals with the evaluation of temperature characteristics with the main emphasis on the late spring frosts and their influence upon the timing of phenological phases in chosen species of woody plants: common hazel (*Corylus avellana* L.), European hornbeam (*Carpinus betulus* L.), sessile oak (*Quercus petraea* Matt.) and Turkey oak (*Quercus cerris* L.). The results are analysed on the basis of nine-year monitoring data from the permanent research plot in Boky Nature Reserve (Central Slovakia). Spring phenological phases were in strong statistically significant correlation ($p < 0.05$) with minimum temperatures and with amounts of frost days in March and April. This correlation was negative in the minimum temperatures

and positive in the numbers of frost days. The latest onset of almost all the spring phephases in all the observed species was recorded in 2013. This year was also characterised by the highest amounts of frost days in winter and spring period.

Keywords: phenology, frost days, late spring frost

Úvod

Sledovanie vplyvu extrémnych teplôt na fenologické prejavy drevín je dôležité tak z teoretického hľadiska, ako aj z aspektu bioindikácie globálnej zmeny klímy. Tá sa totiž po pri globálnom zvyšovaní priemernej teploty vzduchu prejavuje aj narušením cyklu pravidelných vzdušných prúdení a zvyšovaním frekvencie extrémnych meteorologických javov. S tým súvisia často aj protichodné fenomény ako záplavy, hurikány, tornáda, vlny sucha a horúčav a paradoxne, aj silné a neočakávané vpády mimoriadne nízkych teplôt.

Z nášho kontinentu sú k dispozícii početné literárne údaje o vplyve teploty vzduchu na nástup a trvanie vegetatívnych a generatívnych fenofáz lesných drevín tak zo severnej a západnej Európy (WIELGOLASKI 1999, SPARKS *et al.* 2000, VAN VLIET *et al.* 2002, RUTISHAUSER *et al.* 2009 a i.), ako aj z okolitých štátov (DOSE, MENZEL 2006, BEDNÁŘOVÁ, MERKLOVÁ 2007, MERKLOVÁ, BEDNÁŘOVÁ 2008, SCHLEIP *et al.* 2009, BARTOŠOVÁ *et al.* 2010, SLOVÍKOVÁ, BEDNÁŘOVÁ 2014, JABLOŇSKA *et al.* 2015, WITTICH, LIEDTKE 2015 a i.) i zo samotného Slovenska (ŠKVARENINOVÁ *et al.* 2008, 2011, SCHIEBER *et al.* 2009, BARTA, HOŤKA 2013 a i.). Vo všeobecnosti na základe analýzy údajov z literatúry platí, že zvýšená teplota ovzdušia urýchľuje nástup jarých fenologických fáz a znižuje dĺžku ich trvania.

So skorším nástupom jarých fenofáz môžu ďalej súvisieť napr. otázky vertikálneho posunu vegetačných stupňov alebo horizontálneho posunu areálov jednotlivých druhov drevnatých rastlín, resp. ich spoločenstiev. Spojenie globálneho otepľovania a rastúcej frekvencie meteorologických anomálií predstavuje taktiež riziko zníženej odolnosti drevnatých rastlín voči pôsobeniu jarých, teda neskorých mrazov. Fenologické prejavy lesných drevín preto môžu v uvedenom kontexte slúžiť nielen ako indikátor klimatických zmien, ale aj ako podklad pre prognózovanie zmien ich geografického rozšírenia (t.j. ich eventuálnej expanzie alebo naopak ústupu) ako aj ich celkovej životaschopnosti v nových podmienkach (BERTIN 2008, ŠKVARENINOVÁ *et al.* 2009, ZOHNER, RENNER 2014).

Cieľom príspevku je vyhodnotenie časových nástupov jarých fenologických fáz lesných drevín so zameraním na zistenie ich reakcie na rozdiely v teplotných charakteristikách v dlhšom časovom rade rokov 2008–2016.

Materiál a metodika

Charakteristika lokality

Fenologické prejavy lesných drevín boli hodnotené na lokalite NPR Boky, tvorenej xerothermnými lesostepnými rastlinnými spoločenstvami s prevahou teplomilnejších druhov drevín. Pravidelné fenologické pozorovania sa tu vykonávajú od roku 2007 (ŠKVARENINOVÁ 2014). Národná prírodná rezervácia Boky sa nachádza v južnej časti Kremnických vrchov (Slovenské Stredohorie) a administratívne spadá do katastrálnych území obcí Budča a Trnie v zvolenskom okrese. Vyhlásili ju v roku 1964 kvôli ochrane jednej z najsevernejších lokalít teplomilných a suchomilných rastlinných a živočíšnych druhov s výskytom zaujímavých geomorfologických útvarov – kamenných morí, sutín a skalného hříbu Čertova skala. Celková výmera NPR je 176,49 ha. Reliéf územia určujú strmé, miestami skalnaté svahy s južnou až juhozápadnou expozíciou. Geologické podložie tvoria heterogénne vulkanické produkty, andezitové aglomeráty a tufy. Lesné fytoocenózy spadajú do 1. až 3. lesného vegetačného stupňa. Najhodnotnejšie lesné porasty s dubom cerovým a ostatnými autochtónnymi sprievodnými drevinami majú charakter pôvodného prírodného lesa a patria medzi najstaršie na Slovensku (220 až 250 rokov). Osobitné postavenie majú otvorené skalné stanovištia a lesostepné formácie na plytkých, presýchavých a intenzívne prehrievaných pôdach.

Lokalita, v ktorej sa uskutočňujú fenologické pozorovania, sa nachádza v hrebeňových partiách a v priľahlej hornej časti južne orientovaného svahu vo výške cca 530 m n. m. Tvorí ju riedky dubový porast s prímiesou hrabu a javora poľného. V krovitej vrstve má prevahu drieh, početná je však aj trnka, lieska a hloh obyčajný.

Sledované druhy lesných drevín a metodika fenologických pozorovaní

Objektmi fenologických pozorovaní sú dreviny lieska obyčajná (*Corylus avellana* L.) – 5 jedincov), hrab obyčajný (*Carpinus betulus* L.) – 10 jedincov, dub zimný (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) – 5 jedincov a dub cerový (*Quercus cerris* L.) – 13 jedincov.

Fenologické pozorovania sa vykonávajú v 3 až 4-dňových intervaloch podľa štandardnej metodiky, danej metodickým predpisom SHMÚ z roku 1984 (KOLEKTÍV, 1984). Hodnotili sme:

- jarné vegetatívne fenofázy: (a) pučanie listových púčikov, PLP (listové púčiky zväčšujú svoj objem a na okrajoch ich obalových šupín sa objavuje bledozelené sfarbenie), (b) rozpuč listových púčikov, RLP (púčiky sa otvárajú a v ich strede sa objavujú zelené konce mladých lístkov), (c) zalistenie, ZA (v strede terminálneho púčika sa objavuje prvý mladý list, ktorý už má normálny tvar, nemá však ešte normálnu veľkosť a sfarbenie);

- jarné generatívne fenofázy: kvitnutie, KV (plné rozvinutie kvetov, spojené s uvoľňovaním peľu).

Pri každej z uvedených fenofáz sa posudzoval začiatok nástupu fenofázy s výskytom 10 %.

Meteorologické údaje

Meteorologické údaje, zodpovedajúce obdobiam fenologických pozorovaní, sú získané z mezoklimatickej meteorologickej stanice umiestnenej na výskumnej ploche s fenologickým monitoringom tak, aby bolo možné detailne sledovať závislosť priebehu meteorologických prvkov na vývoji fenologických fáz. Na získanie dát o režime jednotlivých prvkov sme použili digitálnu meteorologickú stanicu výrobcu EMS Brno s automatizovaným ukladaním dát do internetu v 10 minútovom intervale. Pri sledovaní vplyvu extrémov meteorologických pomerov na fenologické prejavy skúmaných drevín sa využili predovšetkým informácie o aktuálnych teplotných pomeroch, z ktorých sú odvodené počty dní s hraničnými teplotami (mrazové dni) za sledované obdobie rokov 2008–2016.

Štatistické spracovanie výsledkov

Za účelom stanovenia závislosti nástupu fenologických fáz od charakteristík teploty vzduchu počas sledovaného obdobia bola použitá korelačná a regresná analýza. Silu korelácie sme vyrovnali lineárnou krivkou vyjadrenou lineárnou funkciou. Štatistické výpočty sa vykonávali prostredníctvom programového balíka Statistica 12.

Výsledky

Jednotlivé sledované roky boli z hľadiska hodnotenia výskytu nízkych teplôt pod 0 °C značne rozdielne (Tab. 1, Tab. 3). V roku 2008 sme v jarnom období (marec–máj) zaznamenali 21 mrazových dní s nástupom 4. marca, z toho 19 mrazových dní bolo v marci a len 2 mrazové dni v apríli. V rokoch 2009, 2011 a 2014 sa v mesiaci apríl nízke teploty nevyskytovali. Rok 2010 bol charakteristický najvyšším počtom nízkych teplôt v prvej polovici marca a v apríli bol zaznamenaný len 1 deň s teplotou pod 0 °C. V roku 2011 sa vyskytli mrazy v marci a potom až v prvej dekáde mája. Rok 2012 bol charakteristický vysokým počtom mrazových dní v zimných mesiacoch a začiatkom marca a silnými mrazmi v prvej dekáde apríla. Najvyšší počet dní s nízkymi teplotami pod 0 °C bol zaznamenaný v roku 2013 s najvyšším počtom mrazových dní v mesiaci marec. Naopak najnižší počet mrazových dní bol v roku 2014, pričom v jarnom období boli zaznamenané len dva mrazové dni v prvej dekáde marca. V roku 2015 sa nízke teploty vyskytovali v marci a prvej dekáde apríla. V roku 2016 trvali nízke tep-

loty v jarnom období do 25. marca a potom boli zaznamenané 3 mrazové dni až koncom apríla.

Tab. 1. Počet mrazových dní (MD) v období január až máj rokov 2008–2016 pre stanicu Boky.

mesiac	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD	MD
január	27	26	29	24	28	29	16	22	26
február	18	23	24	26	26	27	13	23	14
marec	19	18	17	16	11	25	2	14	12
apríl	2	0	2	0	5	4	0	7	3
máj	0	0	0	2	0	0	0	0	0

Tab. 2. Dátum a charakteristiky začiatku nástupu fenologických fáz v rokoch 2008–2016 na lokalite Boky.

drevina	fenofáza	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	x	min	max	s _x	s _x %
lieska	PLP 10 %	70	82	76	75	76	90	76	67	66	75	66	90	7,47	9,91
	RLP 10 %	90	97	92	93	95	98	91	78	80	90	78	98	7,02	7,76
	ZA 10 %	105	102	104	102	105	108	102	99	94	102	94	108	4,03	3,94
	KV 10 %	50	74	64	69	72	81	70	51	58	65	50	81	10,58	16,17
hrab	PLP 10 %	77	89	94	9	92	98	89	75	66	86	66	98	10,48	12,25
	RLP 10 %	90	98	100	97	99	104	98	90	80	95	80	104	7,24	7,61
	ZA 10 %	110	106	109	107	111	115	108	96	88	106	88	115	8,35	7,91
	KV 10 %	111	108	113	111	115	118	113	-	90	110	90	118	8,54	7,77
dub zimný	PLP 10 %	86	94	92	91	100	105	98	93	92	95	86	105	5,61	5,94
	RLP 10 %	107	103	100	101	110	112	107	103	101	105	100	112	4,28	4,09
	ZA 10 %	117	109	115	111	118	118	115	111	110	114	109	118	3,56	3,13
	KV 10 %	125	116	121	118	125	127	123	-	115	121	101	127	7,95	6,56
dub cerový	PLP 10 %	94	99	100	101	105	112	103	96	93	100	93	112	5,92	5,90
	RLP 10 %	107	107	112	109	116	119	114	104	103	110	103	119	5,49	4,98
	ZA 10 %	121	116	120	117	126	126	122	112	115	119	112	126	4,85	4,06
	KV 10 %	130	122	127	124	133	135	131	128	123	128	122	135	4,54	3,54

kratky: fenofázy: PLP10% - nástup pučania listových pupeňov s 10%-ným výskytom, RLP10% - 10% nástup rozpuku listových pupeňov s 10%-ným výskytom, ZA10% - nástup zalistenia s 10%-ným výskytom, KV10% - nástup kvitnutia s 10%-ným výskytom); štatistické charakteristiky: x – aritmetický priemer nástupu fenofázy, min – najskorší termín nástupu

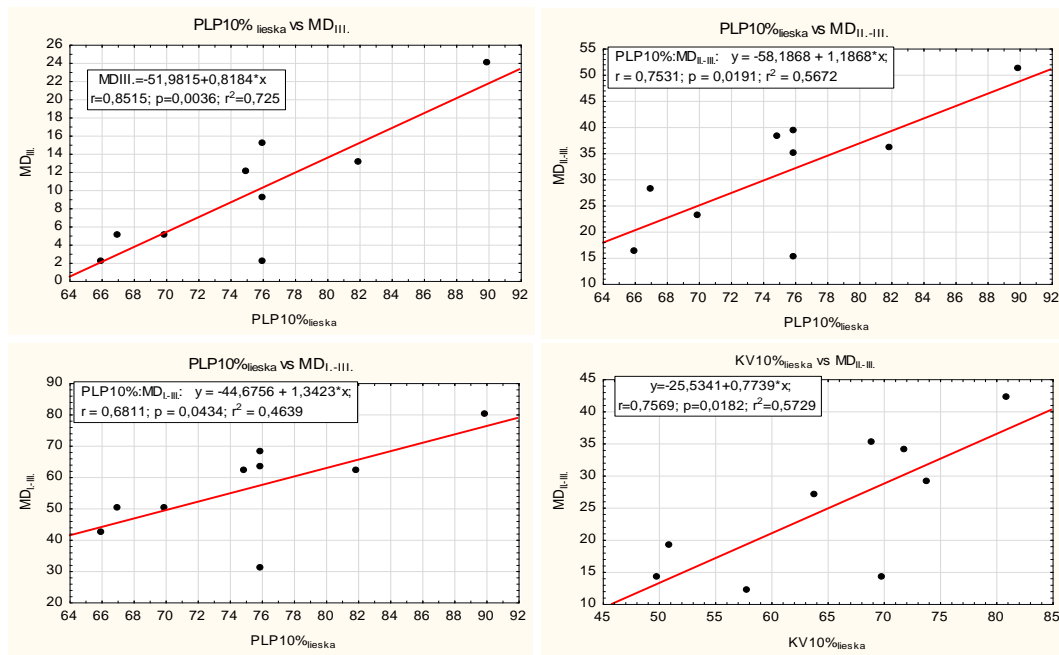
fenofázy, max – najneskorší termín nástupu fenofázy, s_x – smerodajná odchyľka, $s_x\%$ - variačný koeficient

Tab. 3. Výskyt nízkych teplôt v jarom období rokov 2008–2016 na lokalite Boky.

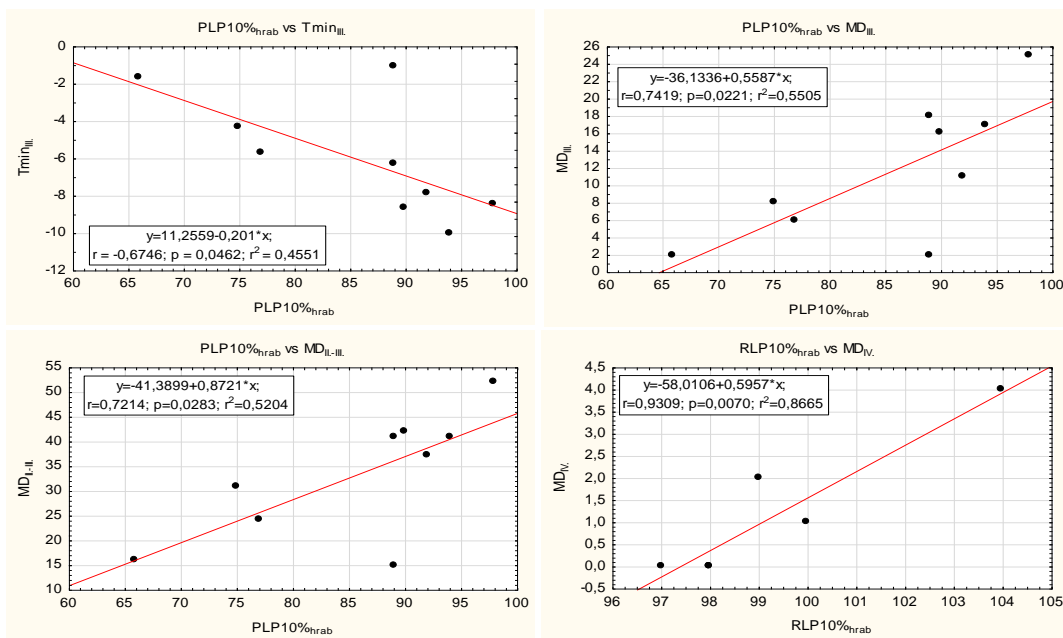
mesiac	julian	dátum	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
marec	61	1.3.		-1,5		-2,8		-1,4			-1,5
	62	2.3.			-0,2	-5,4		-2,6	-0,9		-1,7
	63	3.3.			-2,9	-2,8	-1,4	-3,4		-0,1	
	64	4.3.	-0,3		-4,2	-3,6	-5,4	-3,1		-3,3	
	65	5.3.	-3,5		-8,0	-3,5	-4,1	-4,7		-2,5	
	66	6.3.	-5,0		-9,3	-4,6	-5,9	-0,8		-2,3	
	67	7.3.	-5,7		-7,9	-5,8	-7,8			-4,3	
	68	8.3.	-0,7		-7,8	-8,7	-7,8			-3,1	
	69	9.3.			-10,0	-7,1	-4,3			-2,7	
	70	10.3.		-0,7	-9,5	-3,5	-4,0			-1,2	-0,3
	71	11.3.		-1,0	-2,7	-1,1			-1,1		
	72	12.3.		-1,4	-3,0	-1,4	-2,4	-1,5			
	73	13.3.		-1,7	-2,1						
	74	14.3.		-3,4	-0,8			-5,2			-2,5
	75	15.3.	-0,1	-2,5	-3,2			-6,2			-0,8
	76	16.3.			-3,3		-1,8	-7,4			
	77	17.3.		-2,3	-4,1			-8,5			-2,2
	78	18.3.	-2,3	-2,5				-4,3			-1,0
	79	19.3.	-3,6	-3,9	-2,2			-0,9		-2,4	-0,3
	80	20.3.	-4,7	-3,3		-1,4		-3,0		-2,3	-3,1
	81	21.3.	-5,0	-4,6		-3,7		-1,0		-2,6	
82	22.3.	-0,2	-3,4		-1,1		-4,4				
83	23.3.	-1,7					-6,8		-1,8	-3,0	
84	24.3.	-1,1	-1,2				-8,2		-1,8	-1,4	
85	25.3.	-3,0	-6,3				-5,1			-1,2	
86	26.3.	-3,7	-4,9				-4,9				
87	27.3.	-1,8	-1,9		-0,8		-5,6				
88	28.3.	-0,4	-0,6				-2,8				
89	29.3.						-2,7				
90	30.3.	-1,0					-1,1				
91	31.3.	-1,2					-0,4	-2,7		-0,2	
apríl	92	1.4.					-2,7	-3,7		-0,3	
	93	2.4.					-2,6	-4,1		-1,6	
	94	3.4.			-0,8					-1,9	
	95	4.4.								-2,2	
	96	5.4.								-3,2	
	97	6.4.								-2,4	
	98	7.4.	-0,5					-0,7		-1,0	
	99	8.4.	-1,4					-3,2	-1,9		
	100	9.4.						-4,7			
	101	10.4.						-3,7			
máj	125	4.5.				-0,2					
	126	5.5.									
	127	6.5.				-1,4					

Lieska obyčajná svoju generatívnu fenofázu, kvitnutie 10 % začala ako prvá z hodnotených drevín s najskorším nástupom v roku 2008 (19. február) a najneskorším v roku 2013 (22. marec). Variačné rozpätie nástupu tejto fázy bolo 10 dní. Pučanie listových púčikov 10 % nastalo v priemere 16. marca s najskorším nástupom v roku 2016 (7. marec) a najneskorším v roku 2013 (8. apríl). 10 % zalistenie bolo sledované priemerne na 102. deň (12. apríl). Zistili sme štatisticky významnú závislosť jarných fenologických fáz liesky obyčajnej a počtu mrazových dní (Obr. 1). Pučanie listových púčikov 10 % liesky obyčajnej najvýznamnejšie korelovalo s počtom mrazových dní v mesiaci marec, v mesiacoch február–marec a január–marec. Kvitnutie 10 % najlepšie korelovalo s počtom mrazových dní v mesiacoch február–marec (Obr. 1). Ako uvádza tabuľka 2, priemerný 10 % nástup prvej vegetatívnej fenofázy pučanie listových púčikov **hraba obyčajného** sme vypočítali na 66. deň (6. marec) s najskorším nástupom v roku 2016 a najneskorším v roku 2013 na 98. deň (8. apríl). Usudzujeme, že jej najneskorší nástup v roku 2013 závisel od najvyššieho počtu dní s teplotami pod 0 °C v zimných mesiacoch a predovšetkým v marci (Tab. 1), čo potvrdili aj výsledky štatistickej analýzy (Obr. 2). Zistili sme štatisticky významnú závislosť pučania listových púčikov 10 % s počtom mrazových dní za obdobie mesiacov marec, február–marec a s minimálnou teplotou v mesiaci marec. Fenofáza rozpuč listových púčikov 10 % najviac korelovala s počtom mrazových dní v mesiaci apríl. V roku 2016 nastal najskorší nástup fenofáz zalistenie 10 % (28. marec) a kvitnutie 10 % (30. marec). K zaujímavému javu došlo v priebehu rokov 2015 a 2016. V oboch uvedených rokoch bol začiatok zalisťovania hrabu pozorovaný o niečo skôr ako začiatok zalisťovania liesky.

Dub zimný a dub cerový sú v porovnaní s hodnotenými drevinami charakteristické neskorším nástupom jarných fenofáz. Pri porovnaní nástupu jarných fenofáz duba cerového a duba zimného sme zistili skoršie nástupy duba zimného. Obidve dreviny začali pučať až v prvej dekáde apríla. Najskorší termín nástupu rozpuču listových púčikov 10 % duba zimného aj cerového bol v roku 2016. 10 % zalistenie duba cerového bolo pozorované najskôr v roku 2015 (22. apríl) a duba zimného v roku 2009 (19. apríl). Vysoké dátumy boli pri dube zimnom a dube cerovom zaznamenané aj v roku 2012, ktorý sa vyznačoval veľmi silnými mrazmi na začiatku apríla (medzi 8. a 10. aprílom sa minimálne teploty pohybovali od -3,2 do -4,7 °C). Najneskorší termín nástupu všetkých pozorovaných fenofáz duba zimného aj cerového sme zaznamenali v roku 2013. Fenofázy pučanie listových púčikov 10 % a kvitnutie 10 % duba cerového boli závislé od aprílovej minimálnej teploty. Fenofázy rozpuč listových púčikov 10 %, zalisťovanie 10 % a kvitnutie 10 % duba zimného silne korelovali s minimálnou teplotou vzduchu v mesiaci apríl.

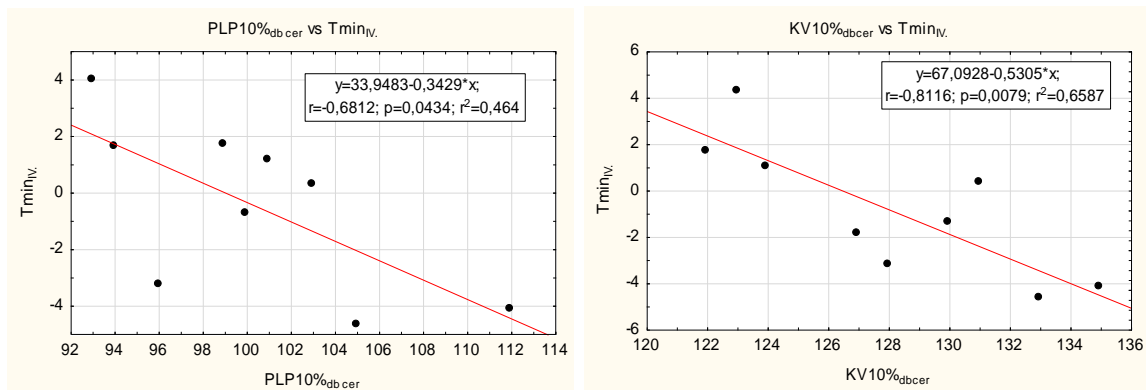


Obr. 1 Korelačná a regresná analýza medzi teplotnými charakteristikami a termínom nástupu fenologických fáz liesky obyčajnej (*Corylus avellana* L.), pri ktorých $p < 0,05$ (MD_{III} - počet mrazových dní v marci, MD_{II-III} - počet mrazových dní vo februári až marci, MD_{I-III} - počet mrazových dní vo januári až marci; r - korelačný koeficient, p - štatistická významnosť, r^2 - koeficient determinácie)

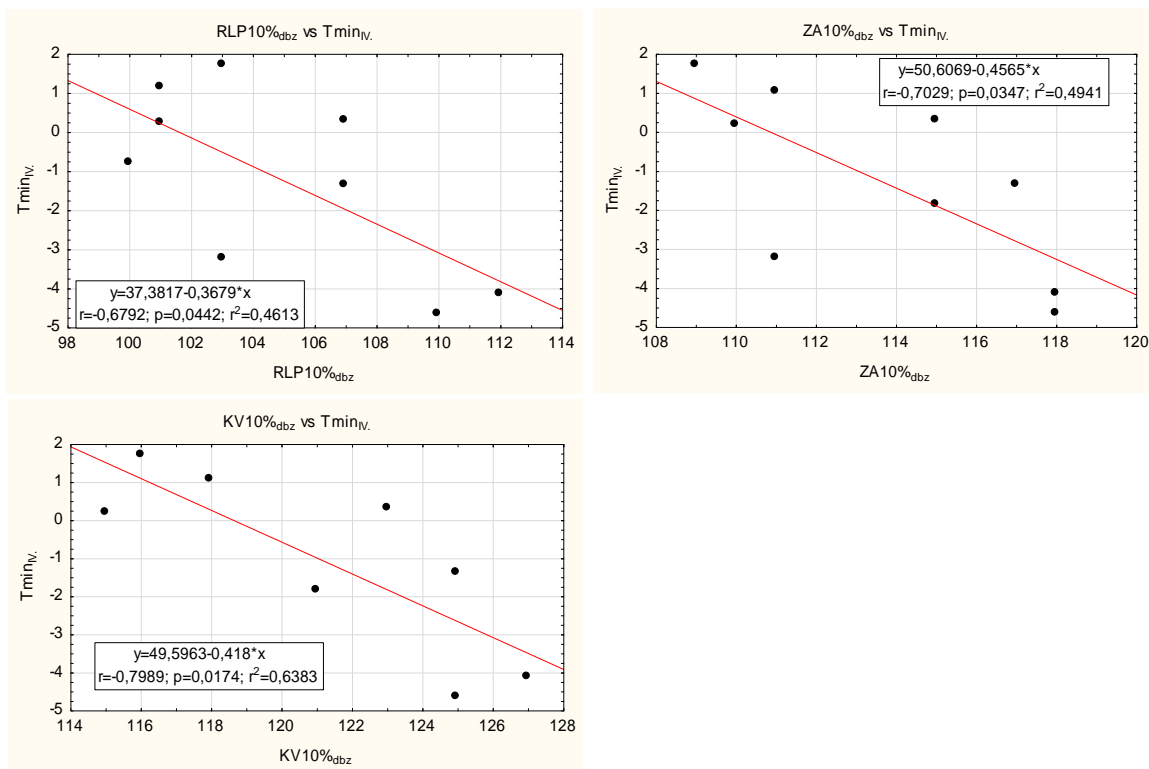


Obr. 2 Korelačná a regresná analýza medzi teplotnými charakteristikami a termínom nástupu fenologických fáz hraba obyčajnej (*Carpinus betulus* L.), pri ktorých $p < 0,05$ ($Tmin_{III}$ - mi-

minimálna teplota v marci, MD_{III}. - počet mrazových dní v marci, MD_{II-III} - počet mrazových dní vo februári až marci, MD_{IV}. - počet mrazových dní v apríli)



Obr. 3 Korelačná a regresná analýza medzi teplotnými charakteristikami a termínom nástupu fenologických fáz duba cerového (*Carpinus betulus* L.), pri ktorých $p < 0,05$ (T_{minIV} . - minimálna teplota v apríli)



Obr. 4 Korelačná a regresná analýza medzi teplotnými charakteristikami a termínom nástupu fenologických fáz duba zimného (*Quercus petraea* Matt.), pri ktorých $p < 0,05$ (T_{minIV} . - minimálna teplota v apríli)

Ako ukazuje tabuľka 2, v nástupe jednotlivých jarých fenofáz možno z dlhodobého hľadiska pozorovať jednoznačnú časovú postupnosť: priemerné hodnoty dňa nástupu sú vo všetkých

prípadoch najnižšie pri lieske obyčajnej. Za ňou nasleduje hrab obyčajný, dub zimný a najneskorší, nástupom pučania a rozpuku vegetatívnych púčikov, ako aj zalistovania a kvitnutia sa vyznačuje dub cerový.

Jednotlivé roky našich pozorovaní však vykazujú aj výnimky z tohto trendu. Napríklad v roku 2016 bolo pučanie listových púčikov pozorované súčasne pri lieske ako aj hrabe, kým v roku 2010 nastal začiatok tejto fenofázy pri hrabe obyčajnom dokonca neskôr ako pri dube zimnom. Práve v roku 2010 boli zaznamenané najsilnejšie neskoré mrazy, v čase medzi 5. a 10. marcom dokonca medzi -8 a -10 °C. Pri hrabe bola zároveň zaznamenaná najväčšia časová variabilita v nástupe pučania listových púčikov s hodnotou variačného koeficienta až 12,25 %. V prípade rozpuku listových púčikov boli v rokoch 2008 a 2016 zaznamenané rovnaké časy nástupu pri lieske a hrabe (v roku 2008 s podstatne silnejšími neskorými mrazmi to bolo až o 10 dní neskôr) a v roku 2008 taktiež pri dube zimnom a dube cerovom. V roku 2010 nastúpila táto fenologická fáza v rovnakom čase v prípade duba zimného a hrabu.

Pre podrobnejšie poznanie premenlivosti nástupu jednotlivých fenofáz počas roka sme z pozorovaných hodnôt vypočítali pre nástupu fenofázy variačný koeficient. Z tabuľky vyplýva, že najvyššiu mieru premenlivosti, zistenú na základe variačného koeficientu má začiatok nástupu pučania listových púčikov. Naopak najnižšiu mieru premenlivosti sme zaznamenali pre začiatok nástupu fenologickej fázy zalistenie 10 %.

Diskusia

Skoré jarné obdobie je charakterizované kvitnutím liesky obyčajnej (*Corylus avellana* L.) ako jednej z najvčasnejšie rozkvitnúcich rastlín. Kvitne už vo fenologickom predjarí, ktoré DIERSCHKE (2015) označuje ako geofenofázu *Corylus-Tussilago*. Skorá fenologická aktivita liesky je zapríčinená tým, že ide o druh, ktorý reaguje na nárast teploty veľmi rýchlo (NEJEDLÍK *et al.* 2007). Spomedzi nami pozorovaných drevín práve lieska začínala svoju aktivitu v najskoršom termíne. Priemerný deň nástupu kvitnutia 10 % bol stanovený na 65. deň, s najskorším nástupom 50. deň (19. február) a najneskorším 81. deň (21. marec). Podľa KURPELOVEJ (1972) bol vo Zvolenskej kotline za obdobie rokov 1930–1960 priemerný nástup kvitnutia liesky 13. marec. ŠKVARENINOVÁ *et al.* (2011) vyhodnotila za obdobie rokov 1987–2009 priemerný nástup kvitnutia na 2. marec vo výške 300 m n. m. Českí autori (KOŽNAROVÁ *et al.* 2013) uvádzajú pre fenofázu KV 10 % rastlín rozkvitajúcich vo fenologickom predjarí (lieska obyčajná, jelša lepkavá, snežienka jarná) vertikálny fenologický gradient 4 dni na 100 výškových metrov. Viacero prác (ČREPINŠEK *et al.* 2012, ROMANOVSKAJA *et al.* 2012 a i.) sa zaoberá sledovaním nástupu jarných fenofáz liesky obyčajnej v kontexte klimatických zmien.

Pučanie listových púčikov 10 % hraba obyčajného (*Carpinus betulus* L.) bolo štatisticky významne závislé od počtov mrazových dní za obdobie mesiacov marec, resp. február–marec a od minimálnych teplôt vzduchu v mesiaci marec. Fenofáza rozpuk listových púčikov 10 % najviac korelovala s počtom mrazových dní v mesiaci apríl. Podobné výsledky zaznamenali viacerí autori, napr. HARPER (2007), KAFAKI *et al.* (2009) a SCHIEBER *et al.* (2009), ktorí zistili významný negatívny korelačný vzťah medzi januárovými, marcovými a aprílovými teplotami vzduchu na jednej strane a pučaním listových púčikov 10 % a zalistením 10 % na strane druhej. WESOŁOWSKI, ROWIŃSKI (2006) zaznamenali veľmi silnú ($r = -0,91$) negatívnu korelačnú závislosť medzi dobou trvania vývinu listov hraba obyčajného a priemernou teplotou počas zalisťovania v podmienkach Národného parku Białowieża. Štatisticky významné korelačné vzťahy medzi vybranými parametrami postupujúceho zalisťovania hraba obyčajného (listová plocha, index listovej plochy) a nameranými hodnotami teploty pôdy (v menšej miere tiež teploty vzduchu) zaznamenali v podmienkach Turecka ÖZTÜRK *et al.* (2015).

Na lokalite sme taktiež sledovali načasovanie jarných fenologických fáz dvoch druhov dubov – duba zimného (*Quercus petraea* Matt.) a duba cerového (*Quercus cerris* L.), ktoré sú v porovnaní s hodnotenými drevinami charakteristické neskorším nástupom jarných fenofáz. DUCOUSSO *et al.* (1996) vo svojej práci zistil významný vplyv lokalizácie duba zimného na načasovanie pučania listových púčikov, a to z dôvodu jeho citlivosti poškodenia jarnými mrazmi, kvôli ktorým sa na jednotlivých stanovištiach vytvárajú skoro, príp. neskoro pučiace formy. Podobne ALBERTO *et al.* (2011), ktorý zistil rozdiely v načasovaní pučania púčikov duba v rôznych nadmorských výškach uvádza ako hlavný dôvod tohto faktu práve citlivosť na jarné mrazy. Výsledky fenologických pozorovaní drevín mierneho pásma z hľadiska tolerancie voči neskorým mrazom hodnotia vo svojej prehľadovej práci VITASSE *et al.* (2014).

Z našich vyhodnotení sme pre dub zimný zistili najvýznamnejšie negatívne korelácie PLP 10 %, ZA 10 % a KV 10 % a aprílovej minimálnej teploty. Pre dub cerový sme zistili významné korelácie s minimálnou teplotou vzduchu v apríli.

Záver

Jednotlivé sledované roky boli z hľadiska výskytu zimných a jarných nízkych teplôt pod 0 °C boli rozdielne. Začiatok pučania, ako aj rozpuku listových púčikov a kvitnutia pripadol pri všetkých pozorovaných drevinách na najneskorší čas v roku 2013, v jarnom období ktorého bolo zaznamenaných najviac dní s mínusovými teplotami vzduchu.

Najväčšou mierou variability sa vyznačuje jarná fenofáza pučanie listových púčikov. Príčinou je pravdepodobne vysoká premenlivosť skorého jarného počasia v sledovaných rokoch a

pravdepodobnosť výskytu neskorých jarných mrazov, ktoré môžu vývoj a nástup fenofáz do značnej miery oneskoriť. Najnižšia miera variability sa naopak prejavila pri zalistení a kvitnutí, čo súvisí s relatívne ustálenejším počasím v neskorom jarnom období.

Na záver možno konštatovať, že načasovanie fenologických fáz je pomerne jednoduchým nástrojom na zisťovanie reakcií prírody, príp. na zmeny klímy, vzhľadom k tomu, že fenologické údaje sú veľmi citlivé najmä na zmeny teploty.

Pod'akovanie

Táto publikácia bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0480-12, APVV-0425-15 a Vedeckou grantovou agentúrou Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied na základe zmluvy č. VEGA 1/0367/16, VEGA 1/0589/15.

Kontakt

Ing. Adriana Leštianska, PhD.

Technická univerzita vo Zvolene

T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

+421 045 52 06 268

adriana.lestianska@tuzvo.sk

Literatúra

ALBERTO, F., BOUFFIER, L., LOUVET, J.M., DELZON, S., KREMER, A., 2011: Adaptive responses for seed and leaf phenology in natural populations of sessile oak along altitudinal gradient. *Journal of Evolutionary Biology* **24**(7): 1442–1454.

BARTA, M., HOŤKA, P., 2013: Variability in the growing season of selected European and East-Asian woody species in relation to air temperature changes. *Folia Oecologica* **40**(1): 1–10.

BARTOŠOVÁ, L., BAUER, Z., TRNKA, M., ŠTĚPÁNEK, P., ŽALUD, Z., 2010: Klimatické faktory ovlivňující nástup a délku trvání fenofází vybraných rostlinných druhů na lokalitách jižní Moravy v letech 1961–2007. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* **58**(2): 35–44.

BEDNÁŘOVÁ, E., MERKLOVÁ, L., 2007: Results of monitoring the vegetative phenological phases of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in 1991–2006. *Folia Oecologica* **34**(2): 77–85.

- BERTIN, R. I., 2008: Plant phenology and distribution in relation to recent climate change. *Journal of the Torrey Botanical Society* **135**(1): 126–146.
- ČREPINŠEK, Z., ŠTAMPAR, F., KAJFEŽ-BOGATAJ, L., SOLAR, A., 2012: The response of *Corylus avellana* L. phenology to rising temperature in north-eastern Slovenia. *International Journal of Biometeorology* **56**(4): 681–694.
- DIERSCHKE, H., 2015: Jahreszeitliche physiognomische Veränderungen einer Landschaft unter botanischem Blickwinkel, dargestellt für die Muschelkalkgebiete in der Umgebung von Göttingen. Teil 1: Analytische Landschaftsphänologie. *Tuexenia* **35**(1): 285–308.
- DOSE, V., MENZEL, A., 2006: Bayesian correlation between temperature and blossom onset data. *Global Change Biology* **12**(8): 1451–1459.
- DUCOUSSO, A., GUYON, J.P., KREMER, A., 1996: Latitudinal and altitudinal variation of bud burst in western populations of sessile oak (*Quercus petraea* (Matt) Liebl.). *Annals of Forest Science* **53**(2–3): 775–782.
- JABŁOŃSKA, K., KWIATKOWSKA-FALIŃSKA, A., CZERNECKI, B., WALAWENDER, J. P., 2015: Changes in spring and summer phenology in Poland – responses of selected plant species to air temperature variations. *Polish Journal of Ecology* **63**(3): 311–319.
- KAFAKI, S.B., MATAJI, A., HASHEMI, S.A., 2009: Detecting hornbeam trees phenological characteristics of mountain forest. *American Journal of Environmental Science* **5**(5): 669–677.
- KOLEKTÍV, 1984: Návod pre fenologické pozorovanie lesných rastlín. SHMÚ Bratislava, 23 p.
- KOŽNAROVÁ, V., HÁJKOVÁ, L., BACHANOVÁ, S., RICHTEROVÁ, D., ŠKVARENINA, J., 2013: Phenological season onsets in the Czech Republic. *Folia Oecologica* **40**(2): 206–219.
- MERKLOVÁ, L., BEDNÁŘOVÁ, E., 2008: Results of a phenological study of the tree layer of a mixed stand in the region of the Dražanská vrchovina Upland. *Journal of Forest Science* **54**(7): 294–305.
- KURPELOVÁ, M., 1972: Fenologické pomery, In: Lukniš M. et al. (ed.): Slovensko, príroda. Obzor, Bratislava, pp. 275–282.
- NEJEDLÍK, P., NEKOVÁŘ, J., TEKUŠOVSKÁ, M., 2007: Some relations of selected phenological phases to the start of vegetation period. In: Bioclimatology and natural hazards. International Scientific Conference, Poľana nad Detvou, Slovakia, September 17–20, 2007.
- ÖZTÜRK, M., BOLAT, İ., ERGÜN, A., 2015: Influence of air-soil temperature on leaf expansion and LAI of *Carpinus betulus* trees in a temperate urban forest patch. *Agricultural and Forest Meteorology* **200**: 185–191.
- ROMANOVSKAJA, D., BAKŠIENĖ, E., RAŽUKAS, A., TRIPOLSKAJA, L., 2012: Influence of climate change on the European hazel (*Corylus avellana* L.) and Norway maple (*Acer plat-*

- enoides* L.) phenology in Lithuania during the period 1961–2010. *Baltic Forestry* **18**(2): 228–236.
- RUTISHAUSER, T., SCHLEIP, C., SPARKS, T. H., NORDLI, Ø., MENZEL, A., WANNER, H., JEANNERET, F., LUTERBACHER, J., 2009: Temperature sensitivity of Swiss and British plant phenology from 1753 to 1958. *Climate Research* **39**(3): 179–190.
- SCHIEBER, B., JANÍK, R., SNOPOKOVÁ, Z., 2009: Phenology of four broad-leaved forest trees in a submountain beech forest. *Journal of Forest Science* **55**(1): 15–22.
- SCHLEIP, CH., RAIS, A., MENZEL, A., 2009: Bayesian analysis of temperature sensitivity of plant phenology in Germany. *Agricultural and Forest Meteorology* **149**(10): 1699–1708.
- SPARKS, T. H., JEFFREE, E. P., JEFFREE, C. E., 2000: An examination of the relationship between flowering times and temperature at the national scale using long-term phenological records from the UK. *International Journal of Biometeorology* **44**(2): 82–87.
- SPARKS, T. H., AASA, A., HUBER, K., WADSWORTH, R., 2009: Changes and patterns in biologically relevant temperatures in Europe 1941–2000. *Climate Research* **39**(3): 191–207.
- ŠKVARENINOVÁ, J., 2014: The impact of site extremes on the onset of phenological phases of selected tree species. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* **62**(5): 1117–1124.
- ŠKVARENINOVÁ, J., DOMČEKOVÁ, D., SNOPOKOVÁ, Z., ŠKVARENINA, J., ŠIŠKA, B., 2008: Phenology of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in the Zvolen basin, in dependence on biometeorological factors. *Folia Oecologica* **35**(1): 40–47.
- ŠKVARENINOVÁ, J., ČAŇOVÁ, I., DOMČEKOVÁ, D., LEŠTIANSKA, A., MELO, M., MEZEYOVÁ, I., MEZEY, J., PAULE, L., POKLADNÍKOVÁ, H., ROŽNOVSKÝ, J., SLOBODNÍK, B., STŘEDA, T., STŘELCOVÁ, K., ŠIŠKA, B., ŠKVARENINA, J., 2009: Fenológia rastlín v meniacich sa podmienkach prostredia. Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta ekológie a environmentalistiky, 102 p.
- ŠKVARENINOVÁ, J., BENČAŤOVÁ, B., ŠKVARENINA, J., ŠIŠKA, B., HRÍBIK, M., LAFFÉRSOVÁ, J., 2011: Variation of spring phenological phases and airborne pollen grains of the European hazel (*Corylus avellana* L.) in the Zvolen basin (Slovakia) as influenced by meteorological factors. *Prace geograficzne, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ Kraków* **126**: 85–94.
- VAN VLIET, A. J. H., OVEREEM, A., DE GROOT, R. S., JACOBS, A. F. G., SPIEKSMAN, F. T. M., 2002: The influence of temperature and climate change on the timing of pollen release in the Netherlands. *International Journal of Climatology* **22**(14): 1757–1767.

- VITASSE, Y., LENZ, A., KÖRNER, CH., 2014: The interaction between freezing tolerance and phenology in temperate deciduous species. *Frontiers in Plant Science* **5**: Article Nr. 541, 12 p.
- WESOŁOWSKI, T., ROWIŃSKI, P., 2006: Timing of bud burst and tree-leaf development in a multispecies temperate forest. *Forest Ecology and Management* **237**(1–3): 387–393.
- WIELGOLASKI, F. E., 1999: Starting dates and basic temperatures in phenological observations of plants. *International Journal of Biometeorology* **42**(3): 158–168.
- WITTICH, K. P., LIEDTKE, M., 2015: Shifts in plant phenology: a look at the sensitivity of seasonal phenophases to temperature in Germany. *International Journal of Climatology* **35**(13): 3991–4000.
- ZOHNER, C. M., RENNER, S. S., 2014: Common garden comparison of the leaf-out phenology of woody species from different native climates, combined with herbarium records, forecasts long-term change. *Ecology Letters* **17**(8): 1016–2015.