

FENOLOGICKÁ ODEZVA SMRKU ZTEPILÉHO NA ZVÝŠENOU KONCENTRACI CO₂

Ivana Tomášková
Radek Pokorný

Souhrn

Fenologická pozorování byla prováděna na 16-ti letých jedincích smrku ztepilého (*Picea abies* [L.] Karst.), kteří byli kultivováni ve dvou porostních hustotách, sub-variantách- S (5000 ks.ha⁻¹) a D (10000 ks.ha⁻¹) v experimentálním zařízení s přirozenou (varianta A) a zvýšenou vzdušnou koncentrací CO₂ (varianta E, A+350 μmol(CO₂)mol⁻¹). Experimentální zařízení se nachází na pracovišti Bílý Kříž v Moravskoslezských Beskydech. Hodnocen byl vliv zvýšené vzdušné [CO₂] na rašení apikálních a laterálních pupenů a následný prodlužovací růst letorostů. Koruny stromů byly rozděleny na slunné (do 4. přeslene od vrcholu) a stinné části (pod 4. přeslenem). U pupenové fenologie byly rozlišovány fáze rašení pupenů dle Murray a kol. (1994).

Bylo zjištěno, že zvýšená vzdušná [CO₂] neovlivňuje dobu nástupu rašení pupenů. Ta byla shodná pro obě varianty (koncem dubna). První rozdíly byly zaznamenány během posledních vývojových fází rašení pupenů, kdy ve variantě E bylo rašení ukončeno o týden dříve, a to především v sub-variantě S. Vzhledem k rychlému vývoji pupenů byl urychlen i nastávající prodlužovací růst letorostů, který v polovině května dosahoval rozdílu ve srovnání až 37%. Na přelomu měsíce května a června však rozdíl činil již jen 10% a ke konci prodlužovací fáze se délka letorostů zcela vyrovnala.

Klíčová slova: fenologie, rašení pupenů, elongační fáze letorostu, zvýšená koncentrace CO₂, smrk ztepilý

Úvod

Studie týkající se fenologických pozorování v souvislosti se zvýšenou vzdušnou koncentrací CO₂ prokázaly, že počátek rašení je buď zpožděn (např. Murray a kol. 1994) nebo je naopak uspíšen (např. Repo a kol., 1996). Výhodou časnějšího nástupu fáze rašení pupenů je především prodloužení růstové fáze letorostu a potenciální vzrůst produkce v boreálních lesích (Beuker 1994), na druhé straně se však zvyšuje riziko poškození vznikajícího letorostu jarními mrazy. Ovlivnění fenologických fází zvýšenou vzdušnou koncentrací CO₂ sebou nese kromě morfologických změn i změny biochemické a fyziologické. Především se jedná o vytvoření rozpustných cukrů, které mohou působit jako kryoprotektiva a mohou tak zmírnit negativní dopady globálních klimatických změn (Ögren a kol., 1997).

Nástup rašení pupenů ovlivňuje zásadním způsobem teplota (Linkosalo a kol., 2000), sluneční radiace (Häkkinen, 1999) a hnojení (Roberntz, 1999), které ale často působí synergicky se zvýšenou koncentrací CO₂.

Metodika

Popis porostu a místa šetření

Fenologická pozorování byla provedena na vybraných jedincích smrku ztepilého (*Picea abies* [L.] Karst) ve věku 16 let (Tab. 1.) během růstové sezóny r. 2002 (v šestém roce kultivace v lamelových sférách, technický popis uvádí Urban a kol., 2001). Počátek růstové sezóny byl dán dnem následujícím po pěti dnech s průměrnou denní teplotou nad +5°C. Měření byla prováděna na Experimentálním ekologickém pracovišti Bílý Kříž v Moravskoslezských Beskydech (49° 30' SŠ, 18° 32' VD, 908 m n.m.) v kultivačních lamelových sférách s přirozenou (var.A, 350 μmol(CO₂)mol⁻¹) a zvýšenou vzdušnou koncentrací CO₂ (E, A+350 μmol(CO₂)mol⁻¹). V každém kultivačním zařízení bylo kultivováno celkem 54 jedinců smrku rostoucích ve dvou porostních hustotách – sub-varianta D (10000 ks.ha⁻¹) a S (5000 ks.ha⁻¹).

Tab.1 Průměrná výška (H) a tloušťka kmene v 1/10 výšky stromu smrku ztepilého rostoucího v přirozené (var.A 350 μmol(CO₂)mol⁻¹) a zvýšené vzdušné koncentraci CO₂ (var.E, A+350

$\mu\text{mol}(\text{CO}_2)\text{mol}^{-1}$). Sub-varianty: s- řídká ($5.000 \text{ ks}\cdot\text{ha}^{-1}$) a d- hustá ($10.000 \text{ ks}\cdot\text{ha}^{-1}$) jsou u každé z variant označeny malým písmenem.

parametr	As	Ad	Es	Ed
H [m]	3.7	3.4	3.2	3.3
$D_{1/10}$ [mm]	62.2	51.8	59.2	53.6

Fenologická pozorování

Sledováno bylo: i) rašení apikálních (A) a laterálních pupenů (L) a ii) prodlužovací růst vybraných apikálních a laterálních letorostů 1-2 x týdně na 20 vybraných jedincích. Koruny stromů byly rozděleny na slunné (do 4. přesleny - EX) a stinné části (pod 4. přeslenem - SH). Fenologické fáze rašení pupenů byly zaznamenávány dle metodiky Murray a kol. (1994): 0 - dormance, 1 – odstávající krycí šupiny pupene, 2 – prosvítající jehlice na bázi pupene, 3 – odtržení čepičky krycích šupin, 4- letorost beze zbytku krycích šupin. Poté byla

sledována prodlužovací fáze růstu letorostu s přesností měření $\pm 3 \text{ mm}$.

Klimatické podmínky

Průměrná roční teplota $7.9 \text{ }^\circ\text{C}$ byla v r. 2002 výrazně nad dlouhodobým průměrem ($5 \text{ }^\circ\text{C}$). Poměrně vysoké teploty v dubnu provázené současným podprůměrným úhrnem srážek vytvářely v době počátku rašení smrku mírně stresující podmínky (Tab. 2.). Také celkově byl rok 2002 srážkově podprůměrný a teplotně nadprůměrný.

Tab.2 Vybrané klimatické charakteristiky na počátku růstového období r. 2002.

měsíc roku 2002	teplota [$^\circ\text{C}$]	srážky [mm]
duben	8.0	59
květen	16.0	141
červen	16.7	131

Statistické zpracování dat

K výpočtům statistických rozdílů byl použit program Statistica (StatSoft Inc., Tulsa, USA). Normalita i homogenita rozptylu byla předpokládána pro $n < 20$. Rozdíly diskretních hodnot – fáze rašení pupenů byly hodnoceny pomocí testu dobré shody (Chi kvadrát) a data prodlužovacího růstu letorostu byla hodnocena analýzou rozptylu. Hladina spolehlivosti byla stanovena na 0.05.

Výsledky a diskuse

Rašení pupenů

Kolem 20. dubna začínaly rašit první apikální i laterální pupeny v osluněné části koruny v obou variantách. Začátek rašení souvisel s prudkým vzestupem teplot, které se z průměrných $2.2 \text{ }^\circ\text{C}$ v první polovině dubna zvýšily na $7.7 \text{ }^\circ\text{C}$ v druhé polovině měsíce. Spolu s teplotou má na počátek rašení vliv samozřejmě i prodlužující se délka dne - fotoperioda (Biagras a kol. 1992). Počátek rašení je dán především klimatickými podmínkami, které indukují růst a vývoj rostlin po zimním období (dormanci). Zvýšená vzdušná koncentrace CO_2 neměla vliv na nástup rašení pupenů (přechod z dormance do fáze 1). Některé stromy (20%)

ve variantě E počaly rašit dříve ve srovnání s variantou A, ale rozdíly nebyly statisticky významné, což je v souladu se závěry (např. Roberntz, 1999). Obdobná pozorování uskutečněná v tomto zařízení (Pokorný a kol. 2001) referují o časnějším nástupu rašení ve variantě E (nevýznamně).

Apikální i laterální pupeny v zastíněné části koruny byly až do konce dubna stále ve stavu dormance a pro většinu z těchto pupenů tomu tak bylo ještě první týden v květnu. Kolem 5. května však započal prudký rozvoj pupenů v celé koruně stromů. Je to také období nejvýraznějších rozdílů mezi jedinci v rámci porostních skupin (sub-variant). Zatímco některé zastíněné laterální pupeny prochází ještě předposledním stádiem vývoje rašení pupenů, osluněné apikální letorosty jsou téměř všechny bez krycích šupin. Kolem 15. května je vývoj A i L pupenů u většiny stromů dokončen.

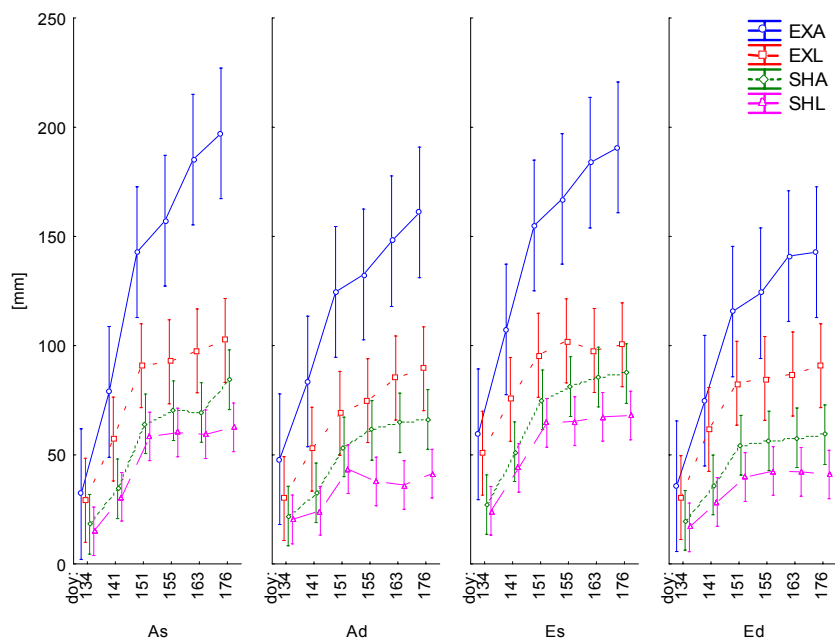
Prodlužovací fáze růstu letorostů

Vzhledem k časnějšímu ukončení vývoje pupenů ve variantě E nastupuje dříve i prodlužovací růst. Kolem 15. května jsou apikální letorosty v osluněné části koruny nejdelší v subvariantě Es (Obr. 1.). Všechny

apikální letorosty jsou více jak dvakrát delší než laterální letorosty ze zastíněné části koruny. Rozdíly mezi variantami jsou nejmarkantnější na začátku prodlužovací fáze růstu letorostu. Rozdíly v délce letorostu dosahovaly kolem 20. května v průměru 20% rozdílu (Obr. 1). Vzhledem k velkému rozptylu hodnot nebyl nalezen statisticky významný rozdíl. Letorosty ve variantě E postupně zpomalovaly svůj růst a již koncem května se délky letorostů obou variant počaly vyrovnávat. Poslední týden v červnu, kdy se prodlužovací fáze růstu letorostu ukončovala, byla průměrná celková délka letorostů v obou variantách shodná, v některých případech byla dokonce větší ve variantě A. Roberntz (1999) nezaznamenal výrazný rozdíl v rychlosti růstu

u letorostů pod vlivem zvýšeného CO₂. Podle něj je rychlost růstu letorostu dána především množstvím dusíku obsaženého v jehlicích. Kombinace zvýšené koncentrace dusíku a vyšší teploty má pak zásadní vliv na celkovou délku letorostu. Protože se v našem případě se celková délka letorostů, klimatické charakteristiky ani obsah dusíku v jehlicích variant neliší, lze vysvětlit snížení rychlosti prodlužovacího růstu letorostů varianty E změnou produkce růstových hormonů. Změna produkce nebo transportu hormonů redukuje apikální dominanci a má vliv na meristematická pletiva, čímž ovlivňuje alokaci uhlíku v celé rostlině (Pritchard a kol. 1999).

Obr.1. Průměrná délka letorostů smrku v přirozené (var.A 350 μmol(CO₂)mol⁻¹) a zvýšené vzdušné koncentraci CO₂ (var.E, A+350 μmol(CO₂)mol⁻¹). Sub-varianty: s- řídká (5.000 ks.ha⁻¹) a d- hustá (10.000 ks.ha⁻¹) jsou u každé z variant označeny malým písmenem. Doy – den roku, EXA – osluněné apikální pupeny, EXL – osluněné laterální pupeny, SHA – zastíněné apikální pupeny, SHL - zastíněné laterální pupeny. Chybové úsečky označují směrodatnou odchylku.



Závěr

Zvýšená koncentrace CO₂ neovlivňuje dobu nástupu rašení pupenů smrku. Následná vývojová stadia rašení pupenů i prodlužovací růst letorostů je však významně urychlen, rozdíly v délce činily až 37%. Rychlost délkového přírůstu letorostů v prostředí s vyšší vzdušnou koncentrací CO₂ se zhruba po třech

týdnech (tedy asi v polovině doby svého růstu) zpomaluje a výsledná délka letorostů varianty E byla srovnatelná s délkou letorostů varianty A. Zpomalení růstu ve variantě E je dáno pravděpodobně změnou produkce nebo transportu růstových hormonů.

Poděkování:

Výzkum probíhá za podpory výzkumného záměru ÚSBE AV ČR AVOZ 60870520 a grantu č. 526/03/1182 GA ČR

Literatura

- Beuker E (1994) Adaptation to climatic changes of the timing burst in populations of *Pinus sylvestris* (L.) and *Picea abies* (L.) Karst. *Tree physiology* 14: 961-970.
- Hakkinen R (1999) Statistical evaluation of bud development theories: application to bud burst of *Betula pendula* leaves. *Tree Physiology* 19:613-618.
- Linkosalo T et al. (2000) Predicting spring phenology and frost damage risk of *Betula* spp. Under climatic warming: a comparison of two models. *Tree Physiology* 20: 1175-1182
- Repo T Hanninen H Kellomaki S (1996) The effects of long-term elevation of air temperature and CO₂; on the frost hardiness of Scots pine. *Plant Cell Environ* 19:209-216.
- Murray et al. (1994) Effect of elevated CO₂, nutrition and climatic warming on bud phenology in Sitka spruce (*Picea sitchensis*) and their impact on the risk of frost damage. *Tree Physiology* 14: 691-706
- Ögren E Nilsson T Sundblad LG (1997) Relationship between respiratory depletion of sugars and loss of cold hardiness in coniferous seedlings over winter at raised temperatures: indications of different sensitivities of spruce and pine. *Plant Cell Environment* 20: 247-53.
- Pokorny R et al. (2001) Growth and transpiration of Norway spruce trees under atmosphere with elevated CO₂ concentration. *Ecologia Bratislava* 20(1): 14-28
- Pritchard SG et al (1999) Elevated CO₂ and plant structure: a review. *Global Change Biology* 5: 807-837
- Roberntz P (1999) Effects of long-term CO enrichment and nutrient availability in Norway spruce. I. Phenology and morphology of branches. *Trees* 13: 188-198
- Urban O et al. (2001) Glass domes with adjustable windows: A novel technique for exposing juvenile forest stands to elevated CO₂ concentration. *Photosynthetica* 39 (3): 395-401

Autoři:

Ing. Ivana Tomášková, Ph.D.

Ing. Radek Pokorný, Ph.D.

Pracoviště: Laboratoř ekologické fyziologie rostlin, Ústav systémové biologie a ekologie AV ČR,
Poříčí 3b, 603 00 Brno

Tel.: +420 543 211 560

Email: tomaskova@brno.cas.cz, eradek@brno.cas.cz