

PATOLOGICKÝ ÚČINEK MRAZU A SNĚHU NA SMRČINY

Martin Čermák, Milena Martinková, Václav Nárovec

V posledních šesti letech byla na stránkách Lesnické práce (LP) publikována řada prací, vztahujících se k dílčím aspektům zdravotního stavu mladých orlickohorských smrčín (např. LP 10/99, 6/00, 10/00, 6/01, 10/01, 11/01, 5/02, 11/02, 12/02, 1/03, 4/03). V předchozím čísle LP (2/05) se znovu k problematice vrací pan Ing. Miloš Dušek z pobočky ÚHÚL v Hradci Králové. Jeho velmi podnětná zjištění o tom, že zjevnému ovlivnění stavu smrčín předcházejí teplotně nadnormální podzimní měsíce, časný nástup mrazů v podzimním období a také náhlé oteplení v jarních měsících, motivují k doplnění již dříve publikovaných poznatků (LP 4/03) o upřesňující popis reakcí dřevin na uvedené meteorologické situace.

Předpoklady prosperity dřevin

Nepříznivé poměry velkoplošných holin na imisech nejvíce zatížených horských lokalitách předznamenaly i řadu současných problémů s obnovou lesa. Mnohé z porostů, zakládaných v 80. letech minulého století na tzv. imisních holinách, se již dnes blíží nebo dosahují II. věkové třídy. Přesto je i nadále lesní hospodářství konfrontováno s neuspokojivým růstem, vývojem a zdravotním stavem těchto převážně smrkových porostů.

Záměrem příspěvku není předložení vyčerpávajícího zdůvodnění všech příčin poškozování horských smrčín ani kritický rozbor práce pana Ing. M. Duška. S jeho závěrem, že poškozování orlickohorských porostů „je výsledkem synergického působení více faktorů a že vliv průběhu počasí je pouze částí celého problému,“ lze bez výhrad souhlasit. Cílem práce je pouze stručně popsat některé obecné ekofyziologické předpoklady prosperity a šíření rostlinných

druhů. Jde o dosažení dlouhodobého přebytečného energetického metabolismu a o synchronizaci aktivity rostlin s periodickými rytmy faktorů prostředí.

Ukončování růstového období

V našich zeměpisných šířkách jsou období vegetační aktivity a klidu některých druhů dřevin regulována faktory prostředí, zejména denním fotoperiodismem a termoperiodismem (rozdílná délka a teplota světlé a tmavé části dne) včetně sezónních změn obou charakteristik. Ve střední Evropě je zkracování délky dne na dobu kratší než 14 hodin dominantním iniciačním faktorem ukončení růstového období smrku ztepilého místního původu. Pokles teplot pak způsobuje vstup smrku do vnučeného odpočinku, tzv. kviescence. Postupné snižování teploty prostředí v podzimním období je rovněž nezbytnou podmínkou otužování a získávání odolnosti pletiv vůči působení chladu a mrazu.

Rozlišuje se hluboký vegetační klid (endogenní dormance, např. u buku) a klidové období vynucené (exogenní dormance = kviescence, např. u smrku). V předodpočinkovém období klesá role (hladina) růstových hormonů a začínají převládat růstové inhibitory; v meristémech je redukována až zcela zastavena mitotická aktivita. Snižuje se bazální metabolická aktivita, dřeviny hromadí zásobní látky (škrob), přesunují se různé metabolity a minerální látky. Na buněčné úrovni dochází ke zmenšování mitochondrií, přestavují se systémy endoplazmatických a jiných membrán, centrální vakuoly se rozdělují na více menších vakuol, v cytoplazmě se hromadí cukry, osmotika a jiné ochranné látky; navíc se rozpadají některé struktury fotosyntézy. V buňkách klesá množství volné vody a cytoplazma se tak postupně připravuje na další fázi otužování vůči působení chladu a mrazu (cytoplazmatická tolerance). Ke všem těmto metabolickým procesům je zapo-



Obr. 1: Odolnost dřevin je do značné míry dána opakovanou zkušeností s budováním rezistence vůči nepříznivým podmínkám. Vzrostlý porost, zejména smíšený, má vyšší potenciál odolávat negativním tlakům.



Obr. 2: Stromy, které nepřežily přidání dalšího stresoru, tj. působení imisí. Přesto mohou jejich torza mladé výsadby alespoň do nějaké míry chránit.

Cytoplazma - živá, strukturovaná hmota buněk, jejíž hlavní složkou je voda jako rozpouštědlo a jako transportní médium bílkovin, sacharidů, enzymů, minerálních látek aj. V tomto prostředí může probíhat řada skladných i rozkladných reakcí a složitější struktury (buněčné organely) jsou zde schopny vykonávat své funkce. Zásobárnou volné vody jsou vakuoly.

Extracelulární (zamrzání) - vznik ledových krystalů v buněčných stěnách nebo mezibuněčných prostorech, tj. mimo vlastní, živé buněčné tělo (protoplast).

Fenotypická plasticita - schopnost organismů přizpůsobovat tvar a stavbu svých orgánů změně režimů různých faktorů vnějšího i vnitřního prostředí.

Histologie - věda o stavbě a funkci pletiv.

Histologické analýzy - rozbor pletiv a jejich dílčích součástí.

Meristém - pletivo rostlin, jehož buňky si trvale udržují schopnost se dělit a dávat vznik buňkám dceřiným (např. skupiny buněk vzrostných vrcholů stonků, kořenů, buňky kambia apod.). Dceřiné buňky postupně dělívou schopnost ztrácejí a tak se jimi oddělené buňky při svém růstu specializují na určitou funkci v pletivech trvalých (např. buňky pokožky listů, dřeva apod.).

Ontogeneze - vývin jedince (nebo jeho části, např. listu) od jeho vzniku (tj. splnutí pohlavních buněk, resp. vzniku listového základu v pupenu) do jeho přirozeného zániku (stárnutí až smrti).

Osmotický tlak - jsou-li dva prostory mezi sebou odděleny polopropustnou membránou a naplněny vodními roztoky o různé koncentraci, pak k jejich vyrovnání může dojít jen pohybem molekul vody (membrána velké molekuly, např. hroznového cukru, nepropustí). Na membránu bude vyvíjet tlak čistá voda, jejíž molekuly (s vysokým potenciálem konat práci) budou (ze zředěnějšího prostředí) přes membránu difundovat do roztoku osmoticky aktivního (koncentrovanějšího). Odtokem čisté vody se bude objem kapaliny v jednom prostoru zmenšovat, vtokem vody do koncentrovanějšího roztoku se bude objem kapaliny ve druhém prostoru zvětšovat. Pohyb vody omezi až pevnost membrány, hydrostatický tlak, adhezí síly aj.

Osmotika - látky osmoticky aktivní (z cukrů např. glukóza, sacharóza, z aminokyselin prolin), které snižují volnou energii vody, tj. snižují potenciál molekul vody pohybovat se, vykonávat práci, obalovat ionty, přecházet do pevného nebo plynného stavu apod. Vyvolávají osmotický tlak, v rostlinných orgánech udržují potřebnou míru hydratace a snižují poškozující účinek stresů. Osmoticky neaktivní látkou je např. škrob, celulóza aj.

Parenchym - rostlinné pletivo tvořené živými buňkami různých tvarů s celulózními buněčnými stěnami. Parenchymatické buňky zastávají v různých systémech pletiv a orgánech všechny životní funkce - fotosyntézu, dýchání, rozmnožování, příjem, výdej, zpracování, ukládání látek, energii a informaci z vnějšího i vnitřního prostředí rostliny.

Protoplast - specializované a diferencované živé tělo rostlinné buňky; na povrchu má polopropustnou cytoplazmatickou membránu a dále se skládá z cytoplazmy (včetně membránových struktur a organel), buněčného jádra, vakuol a metaplazmatických součástí (inkluse). U rostlinných buněk si rostoucí protoplast vystavuje vně pevnou buněčnou stěnu.

Patologický - chorobný, nezdravý stav vyvolaný patogenními podněty vnitřního či vnějšího, biotického či abiotického původu (řecká předpona pato- znamená útrapa, vztah k nemoci, nemocnosti; patofyziologie zkoumá reakce organismu na vlivy patogenních podnětů).

třebí příznivá teplota a vlhkost. Nesplňuje-li průběh počasí tyto předpoklady, nemohou buňky ani pletiva prodělat všechny fáze adaptací na nízké teploty.

Otužování vůči poškození mrazem

Proces otužování rostlin vůči působení mrazu probíhá postupnými fázemi, v nichž na každé stadiu otužování navazuje stadium další. Podzemní ochlazování proces otužování vyvolává a každá

další expozice chladu a mrazu jej prohlubuje. Pokud jsou však pletiva předčasně exponována časnému mrazu (tj. ještě dřívě, než získala odolnost), pak tomuto stresoru podléhají.

Pomine-li během kviescence nejchladnější období, vrací se buněčné protoplasty k prvnímu stadiu otužování. S dalším návratem chladného období se však opět rozvíjí mrazová odolnost pletiv. Rezistenci vůči mrazu mohou zejména mladé jehlice a prýty ztratit i uprostřed zimy po několika dnech s teplotami nad 8 °C.

Teploty nad bodem mrazu na konci zimy, tj. při prodloužení dne, způsobují, že mladé smrky svou cytoplazmatickou toleranci vůči mrazu rychle ztrácejí. Proto, že se obnovuje aktivita meristematických buněk, v horských oblastech přichází v úvahu i další poškozování, a to pozdním mrazem. Pak umrzají narašené pupeny a může být poškozena i kambiální zóna s následkem vyrazení části, nebo celého kmene z vodivé funkce.

Poškozování pletiv mrazem

Přímé poškození rostlinných pletiv mrazem zpravidla souvisí s vytvářením krystalů ledu v pletivech. Protoplasty s vysokým obsahem vody při podchlazení zamrzají a krystaly ledu, které se vytvoří uvnitř buňky, ji svým zvětšeným objemem mechanicky destrukují. Destrukce tohoto typu může postihovat jak jehličí, tak kmeny, zejména v místech s větším podílem parenchymu, tj. v oblasti širokých lýkodřevních paprsků. Pak dochází k mrazovým trhlinám, po zhojení patrným jako mrazové kýly.

Častější je extracelulární zamrzání vody, kdy se krystaly ledu tvoří v protoplastech, ale v mezibuněčných prostorech nebo mezi buněčnou stěnou a protoplastem. Led, který se takto v pletivech vytvoří, působí obdobně jako suchý vzduch. Protože je tlak páry nad ledem nižší než tlak páry nad podchlazeným roztokem, odčerpává led vodu z protoplastů a ty se smršťují až na 2/3 svého původního objemu. Redistribuce volné a vázané vody a fáze ledu pokračuje tak dlouho, až v protoplastu nastane mezi ledem a vodou rovnovážný stav vodního potenciálu. Nízké teploty tedy mají při extracelulárním zamrzání na rostlinná pletiva v principu stejný účinek jako vysušení a mohou způsobit nekontrolované smrštění buněk. Naopak přežití takových situací napomáhá týmž pletivům překonávat vodní stres v letních suchých a horkých dnech. Starší ročníky jehličí a obecně vzrostlé dospělé stromy, mnohokrát vystavované nutností čelit takovým podmínkám, reagují rychle a adekvátně a poškození mrazem či horkem a suchem je u nich méně časté (tzv. mrazové paradoxon).



Obr. 3: Mladé výsadby trpí v průběhu roku různými kombinacemi stresů bez clony mateřského porostu. V zimním období jde mj. o mechanickou zátěž kombinací větru a těžkého sněhu.



Obr. 4: Při předjarních epizodách kolísavých teplot provázených táním a tuhnutím vody vznikají ledové krusty, pod jejichž příkrovem jehličí trpí nedostatkem kyslíku.

Interpretace závěrů histologických analýz

Histologické analýzy prokázaly, že poškození smrku ve vrcholových partiích Orlických hor po zimě 2001/2002 způsobil v první řadě mráz, který se vyskytl od podzimu do jara v několika vlnách, přerušovaných oteplením (viz LP 4/03). K mrazovému poškození celých prýtů nad sněhovou pokrývkou došlo roztrháním živých buněk (vč. kambiální zóny) při opakovaných objemových změnách vody, jež provázely tvorbu krystalů ledu (zamrzání) a jejich rozmrzání (tání) v rostlinných pletivech.

Poznatek pana Ing. M. Duška, že zimnímu poškození smrčín v Orlických horách předchází teplé počasí v měsíci říjnu předchozího roku, je pak možné interpretovat také jako problematický vstup dřevin do zimního klidového stavu (kviescence), oddálení fázi otužování stromů vůči chladu a mrazu a také jako získání nízké cytoplazmatické tolerance vůči účinkům mrazu.

Hypoxie pod sněhovou pokrývkou

Šetření z roku 2002 rovněž poukázala na kombinované působení mrazu s vysokou ozářeností za jasných zimních dnů a na další aspekty poškozování orlickohorských smrčín. Patří k nim i anaerobní stres (hypoxie) u pletiv pod sněhovou pokrývkou.

Sníh jako takový je tvořen malými krystalky ledu ve tvaru vloček; převážnou část objemu sněhu zaujímá vzduch. Když sníh začne při zahřívání tát, vzniklá voda se nasává nejprve do kapilár mezi vločkami. Odkapávat začne až v okamžiku, kdy je vzduch mezi vločkami zcela vytlačen vodou. Svrchní sněhová pokrýвка vlivem oteplení (za jasných zimních dnů) taje a přes noc opět zamrzá. Se střídáním teplot během dne, s delšími či kratšími obdobími oteplení a ochlazení a s novými sněhovými či smíšenými srážkami tak postupně během zimy dochází ke kompakci vrstev sněhu (vytlačování vzduchu ze sněhu) a k vytvoření zmrzlých krust,

kteří brání přístupu kyslíku (vzduchu) pod ulehlou vrstvou sněhu.

Souvislá sněhová pokrývka se na horách vytváří nejčastěji v listopadu a vytrvá až do března, v nejvyšších polohách až do dubna. Maximum v mocnosti sněhu dosahuje v nižších polohách v únoru, ve vyšších až v březnu, před nástupem hlavního jarního tání. Tehdy také vrcholí u stromů (nebo jejich částí - větví), nacházejících se pod uhlým sněhem, anaerobní stres, kdy v důsledku nedostatku kyslíku a trvalého chladu (i dalších stresorů) dochází k odumírání pletiv. Ještě dramatičtěji tento proces probíhá pod ledovkou.

Patologické vysychání na jaře pokračuje

Patologický účinek mrazového vysychání navozují v horských smrčínách rovněž mnohé meteorologické situace v závěru zimního období a na počátku jara. Jsou to i Ing. M. Duškem popisované nadnormální teploty vzduchu v měsíci dubnu. Tehdy smrk vystupuje z mrazuvzdornosti a relativně příznivé teplotní poměry spolu s prodlužující se délkou dne ukončují jeho zimní klidové období (kviescenci). Slunce, jehož paprsky již dopadají pod strmějším úhlem, více ohřívá větve stromů a při neschopnosti jehlic udržet vodu podporuje transpiraci. Ztráty vody vyvolané transpirací nemohou stromy doplnit z půdních zásob, pokud je půda při povrchu zmrzlá či jen chladná. Příjem vody z půdy je limitován jednak nedostatečnou aktivitou dýchání kořenů, jednak odporem pohybu vody v půdě (vyšší viskozita). Vodní bilance stromů se tak stává zápornou a obsah vody v pletivech se snižuje pod životní práh. V lesnické terminologii se popsaná situace označuje také jako „fyziologické sucho“. Výsledkem patologického vysychání je ztráta vody, nekontrolované smrštění objemu parenchymatických buněk, netěsnost pletiv, nasátí vzduchu a odumírání buněk, provázené oxidací fenolických látek včetně ligninu.

Mrazovému vysychání podléhají především ontogeneticky nejmladší jedinci, resp. u smrku nejmladší ročníky jehličí. Vizualním projevem působení mrazového vysychání (a víceméně i předchozích dvou stresorů - dehydratace pletiv mrazem a hypoxie) je zčervenání až zhnědnutí jehlic v jarním období a jejich rychlé odumření. Klíčovou úlohu přitom sehrává stav energetické bilance, resp. hladování jednotlivých stromů a jejich, zejména nejmladších, částí.

Závěr

Mladé porosty s obecně nízkou zásobou energeticky bohatých látek nemohou účinně čelit řadě stresových faktorů. Není to fyziologický stav, ale stav patologický. Jde o životní fázi, v níž se teprve postupně realizuje fenotypická plasticita a modifikační adaptace dřeviny na prostředí. Procesy přizpůsobování růstu a architektury stromů danému prostředí by asi probíhaly úspěšněji (tj. fyziologicky) pod clonou mateřského porostu. Tuto šanci jsme však mladým orlickohorským lesům již před dvaceti lety vzali.

Pozn.: Příspěvek vznikl v rámci řešení grantu GA ČR reg. č. 526/03/H036 a výzkumných záměrů MSM 6215648902 a MZE 0002070201 (Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností v měnících se podmínkách prostředí).

Citovaná literatura je k dispozici na <http://vulhm.opocno.cz/on-line/ce050211.html>.

Adresa autorů: Ing. Martin Čermák
RNDr. Milena Martinková, CSc.

LDF MZLU v Brně

Ústav lesnické botaniky,

dendrologie a geobiocenologie

e-mail: martcerm@seznam.cz; mart@mendelu.cz

Ing. Václav Nárovec, CSc.

VÚLHM – Výzkumná stanice Opočno

e-mail: narovec@vulhmop.cz

Foto: Martin Čermák



Obr. 5: Nejmladší ročníky jehličí mladých smrků nemají dostatečnou zásobu osmotik a energie. Během mrazového vysychání nedokáží fyziologicky řídit ani obsah vody, ani postupné odumírání.



Obr. 6: Protoplasty buněk jehlic se smršťují náhlou ztrátou vody a odumírají; do pletiv proniká vzdušný kyslík a oxiduje fenolické složky ligninu za vzniku červenohnědého zbarvení.