

Problematika patogenů u lýkožroutů

Není mnoho zástupců hmyzu u laické i vědecké veřejnosti v současnosti skloňovaných tak často jako brouk lýkožrout, označovaný rovněž jako kůrovec (rod *Ips*, čeleď nosatcovití – *Curculionidae*, podčeleď kůrovci – *Scolytinae*). Předložený článek se zaměřuje na lesnicky významné druhy kůrovců vyskytujících se na jehličnanech. Ačkoli o jednotlivých druzích a jejich významu máme již mnoho informací, jejich nemocem, resp. patogenům, zatím nebyla věnována dostatečná pozornost. Kůrovci přitom patří k hlavním biotickým činitelům způsobujícím rozklad lesních porostů v České republice a dosud není znám efektivní způsob biologického boje, který by pomohl udržovat populační hustoty na nízkých hodnotách. Stále se argumentuje nedostatečnou regulací přirozenými nepřáteli (Wegensteiner 2004). Kdo vůbec jsou ti „nepřátelé“, jaké skupiny organismů mezi ně zahrnujeme?

Co se týče napadání populací kůrovců, bylo popsáno množství druhů predátorů, parazitoidů (především z čeledí lumčíkovití – *Braconidae* a kovověnkovití – *Pteromalidae*, blanokřídlí – *Hymenoptera*) a různých parazitů (mimo jiné např. hlístice). Patří sem ale i velmi povrchně, především faunisticky zkoumané patogeny, které mohou zapříčinit onemocnění hostitele. Jde o několik různorodých skupin, mezi něž řadíme viry, prvoky, mikrosporidie a další mikroorganismy (např. zelené řasy nebo entomopatogenní houby). Většina těchto druhů patogenů je velice malá, velikost jejich spor se pohybuje od několika až po zhruba 100 μm. Nejvíce osídlují střevo, gonády a tukové těleso, omezeně Malpighické trubice. Nejčastěji diskutované a neustále v laboratořích testované nespecifické entomopatogenní vřeckovýtusné houby rodu *Beauveria* (*Ascomycota*) nejsou obligátními patogeny kůrovců. V přírodě se tyto sapro-parazitické houby vyskytují výjimečně až na oslabených nebo umírajících jedincích.

Podobná situace existuje i u zimujících lýkožroutů, které saprofytické houby napadají až po jejich uhynutí v hrabance.

Některé zástupce těchto skupin najdeme v širokém spektru druhů kůrovců, jiní patří naopak mezi vzácné nebo specifické. Většina z nich byla nebo je považována za perspektivní pro biologickou kontrolu. Proti kůrovcům se aplikují obranná opatření využívající čerstvě pokácené zdravé stromy (lapáky) nebo metody používající feromony, případně insekticidy (lapače, trojnožky). Nejúčinnější je ovšem aktivní vyhledávání a odstraňování napadených stromů. Uplatnění mikroorganismů nabízí alternativu především v oblastech se zákazem kácení stromů či jiným managementovým omezením. Hlavní výhodou mikroorganismů používaných v biologické obraně obecně představuje vysoká specifita a v případě virů i vysoký stupeň virulence. Naopak jsou vysoce citlivé na UV záření, mají pomalé působení i reakční dobu a v neposlední řadě vyžadují značné náklady na produkci

a znamenají časovou náročnost, protože se musejí připravovat *in vivo*.

Běžné skupiny a druhy patogenů u kůrovců

Kůrovci jsou silně sklerotizovaní brouci tmavého zbarvení, tudíž se nákaza patogeny neprojevuje vnějšími příznaky a je potřeba vyšetřit vnitřní orgány (obr. 3).

• Viry

Tyto selektivní a druhově specifické patogeny způsobují lyzi (rozpad) buněk střevního epitelu v kalnou tekutinu. U lýkožroutů rodu *Ips* se ve střední Evropě vyskytuje entomopoxvirus ItEPV (*Ips typographus entomopoxvirus*, obr. 4). Infikovaný střevní epitel postupně zahltí množství sendvičovitých virových částic. Dochází k rozpadu střevních tkání a do tělní dutiny se uvolňují bílkovinné polyedry viru, které způsobují mléčné zbarvení hemolymfy. Vše končí protrhnutím střeva a úhynem hostitele. Virové částice se přenášejí trusem a předávají se tak až během zralostního žíru nedospělých brouků, kdy kůrovci pozřou při prokousání matečné chodby trus s virovými částicemi (o životním cyklu lýkožrouta viz také Živa 2013, 5: 229–230).

Virová nákaza se soustředí na původní populace lýkožrouta smrkového (*I. typographus*, obr. 1) na Šumavě, v Krkonoších a Jeseníkách, v nižších polohách České republiky se vyskytuje náhodně a ve velmi nízkých hladinách. Úspěšně provedená umělá nákaza pomocí ošetřených polen nepřinesla pozitivní výsledky v podobě snížení populace brouků (Pultar a Weiser 1999).

• Gregariny (výtrusovci – *Apicomplexa*)

Patří mezi patogeny většiny lesnický významných druhů kůrovců (rody *Ips*, *Pityogenes*, *Pityokteines*, *Dendroctonus*, *Scolytus* a další). Nejčastěji u nich nacházíme hromadinku *Gregarina typographi*. Infekce je lokalizována ve střední (trofozoiti – vegetativní forma prvoků) i zadní (gametocysty – kulovité cysty vzniklé sdružením trofozoitů, produkující gamety) části střeva (obr. 5). Přenášá se trusem během vývoje pozerku. Ačkoli infekční hladina tohoto patogenu bývá v populaci vysoká, nejde o virulentní druh – ovlivňuje zpracování metabolitů a zapříčiňuje poškození střevního epitelu, což usnadňuje přístup dalším patogenům (např. virům a entomopatogenním houbám). Všechna tato poškození jsou snadno kompenzována, a pokud nedojde k ucpání střeva, vliv *G. typographi* na hostitele zůstane minimální.

Běžně se vyskytují ještě dva druhy, *Menzbieria chalcographi* a *Mattesia schwenkei* (obr. 6), oba napadají tukové těleso hostitele. Během sporogonie (sexuální fáze rozmnožovacího cyklu prvoků) a merogonie (vegetativní forma sloužící k namožení parazita a šíření infekce) rozkládají buňky tukového tělesa, a tím zvyšují mortalitu přezimujících jedinců, či omezují opakovaný výlet již vykladených samic do tzv. sesterského rojení a s tím spojenou produkci dalších vajíček mimo původní místo kladení. Z tohoto důvodu oba patogeny náležejí u kůrovců mezi nejvýznamnější.



1 Jedinci lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*) odebrání z feromonových lapačů

● Měňavkoci (*Amoebozoa*)

U evropských druhů kůrovců byl popsán pouze jediný druh – *Malamoeba scolyti*. Ve střevě hostitele vytváří velké vejčité cysty, které jsou vylučovány a dále předávány s trusem. Pokud se v těle dostatečně namnoží, působí letálně a zkracují délku života hostitele na polovinu. Výskyt této měňavky je nejběžnější v sousedním Německu, v České republice zatím nikdy zaznamenána nebyla.

● Mikrosporidie

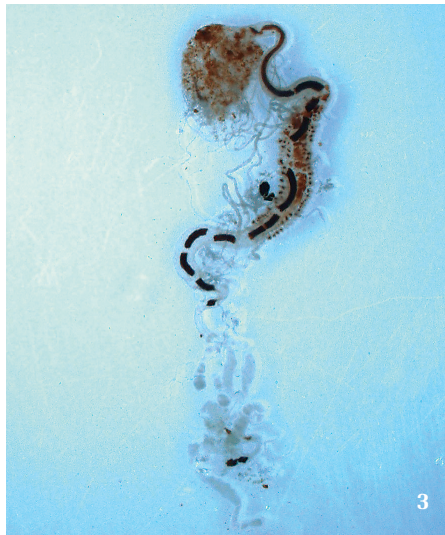
Patří mezi obligátní vnitrobuněčné patogeny s extrémně zjednodušenou buněčnou stavbou, vyvíjející se ve všech tkáních hostitelského organismu, především bezobratlých, ale i člověka. Některé z nich jsou dokonce hyperparazité (cizopasí na jiném parazitovi). Infekční stadia se šíří perorálně, méně často přenosem přes vajíčko. Taxonomické zařazení mikrosporidií stále zůstává předmětem diskuzí, ale dnes je řadíme mezi skupiny primitivních hub. Celkově jejich počet dosahuje asi 160 rodů a zhruba 1 300 známých druhů. U kůrovců máme popsáno několik druhů mikrosporidií, většina napadá střední střevo, přechází do pohlavních žláz a jsou předávány dceřině generaci. U larev se onemocnění nikdy neprojevuje, příznaky (nemoc ve formě spor a perforace střeva) začnou být patrné až u dospělých jedinců. Infekce je chronická a zřídka letální.

Nejčastěji se vyskytují mikrosporidie *Chytridiopsis typographi* (obr. 7, v všech druhů rodu *Ips* s výjimkou lýkožrouta borového – *I. sexdentatus*), které vytvářejí dva typy cyst (tenko- a tlustostěnné) se stabilním počtem spor pohybujícím se od 16 do 32. Tenkostěnné spory se šíří uvnitř hostitele a ve středním střevě tvoří vředovité nádory (při silné infekci dochází k protržení střeva). Tlustostěnné spory se uvolňují do vnějšího prostředí s trusem a předávají nákazu mezi další jedince. *C. typographi* je nespecifický patogen, široce rozšířený u různých druhů kůrovců a hladina infekce kolísá kolem 10–30 %. Ostatní druhy mikrosporidií, např. *Unikaryon montanum* a *Nosema typographi*, se vyskytují jen na několika lokalitách České republiky (Šumava, Jeseníky, Opavsko) a vždy ve velmi nízkých hladinách infekce.

Některé specifické druhy

● *Larsoniella duplicati*

Je nejnověji popsanou mikrosporidií u kůrovců z České republiky a Polska (Weiser, Holuša, Žizka 2006). Objevuje se jako jedina z mála druhově specificky, a to vázaná na lýkožrouta severského (*I. duplicatus*). Jde o chronicky rozšířený patogen přítomný zhruba u 30 % jedinců v českých i polských populacích. Nákaza je zřetelná v podélných a okružních svalech střeva nemocných jedinců, projevuje se přítomností drobných jednojaderných spor. Jako zajímavost u ní zaznamenáme vedle druhově specifičnosti také relativní stálost infekční hladiny v populaci, mezi generacemi před a po přezimování. Přenos probíhá pravděpodobně vertikálně z matečných brouků na potomky, ačkoli ve vajíčkách ani larvách nelze patogen pozorovat. Mezi druhově se nepřenáší na další druhy lýkožroutů ani v gradačních oblastech s vysokými populačními hustotami, kde dochází



k dlouhodobě pravidelnému napadání stejné hostitelské dřeviny více druhy kůrovců.

● *Helicosporidium* sp. (zelené řasy –

Chlorophyta, čeleď *Trebouxiophyceae*)

Zvláštní skupinu patogenů u kůrovců tvoří zelené řasy. Vyznačují se malými mnohobuněčnými cystami se třemi vejčitými sporami, které jsou uzavřeny helikálními vláknitými buňkami. Na kůrovce působí letálně, a to i v larválním stadiu. Zástupce rodu *Helicosporidium* je první entomopatogenní řasa popsána u hmyzu, resp. u bezobratlých živočichů. Prozatím byl tento rod zjištěn u jediného druhu – lýkohuba smrkového (*Dendroctonus micans*) v Turecku, s průměrnou infekční hladinou kolem 10 %. Larvy jsou k naze citlivější a hynou před kuklením. V přirozených podmínkách tento patogen redukuje populace lýkohuba spolu se specifickým predátorem – broukem lesklcem *Rhizophagus grandis*.

U nás byly v posledních pěti letech zaznamenány tři oblasti s výskytem lýkohuba smrkového na pěstovaném smrku pichlavém (*Picea pungens*), pocházejícím ze Severní Ameriky, často v intravilánech měst (Nové Město na Moravě, Horní Slavkov a v oblasti Krušných hor). Při testování však ani jeden ze 125 analyzovaných dospělců nevykazoval přítomnost onemocnění a v České republice tak zůstává tato řasa nepotvrzena.

Možnosti přenosu

Od lokalizace patogenů v těle nebo postiženého orgánu se odvíjejí také možnosti přenosu těchto nemocí v rámci druhu. Za tímto v většiny patogenů kolonizujících střevo nebo obecně trávicí soustavu dochází k přenosu horizontálně trusem nakaže-

2 V terénu se kůrovci odebírají z požerků nejlépe nasáváním pomocí exhaustoru.

3 Trávicí soustava a pohlavní orgány lýkožrouta smrkového po disekci pod mikroskopem

4 U kůrovců byl popsán také entomopoxvirus (ITEPV) nápadný svými sendvičovými sporami ve střevě hostitele.

5 Hromadinka *Gregarina typographi* se vyznačuje přítomností trofozoitů (t) a gametocyst (g) ve střevě kůrovců.

Blíže v textu

6 Velké množství lodičkovitých spor rozkládajících tukové těleso kůrovců. Jde o typický příznak napadení prvokem *Mattesia schwenkei*.

7 *Chytridiopsis typographi* – nejběžnější zástupce mikrosporidií u kůrovců.

Je známa téměř u všech lýkožroutů rodu *Ips*. Snímky K. Lukášové

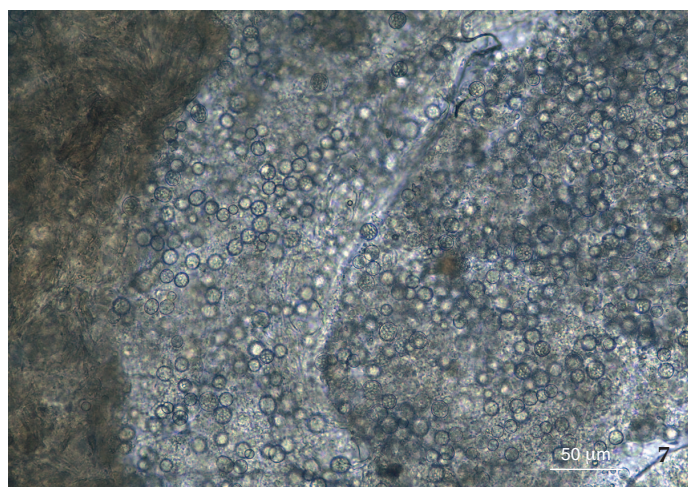
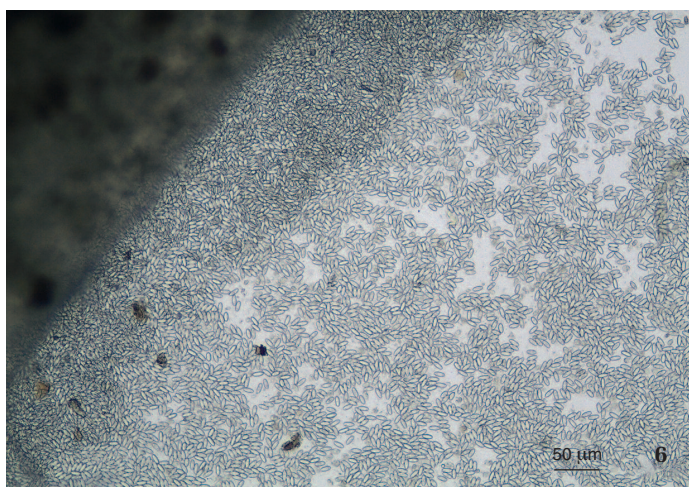
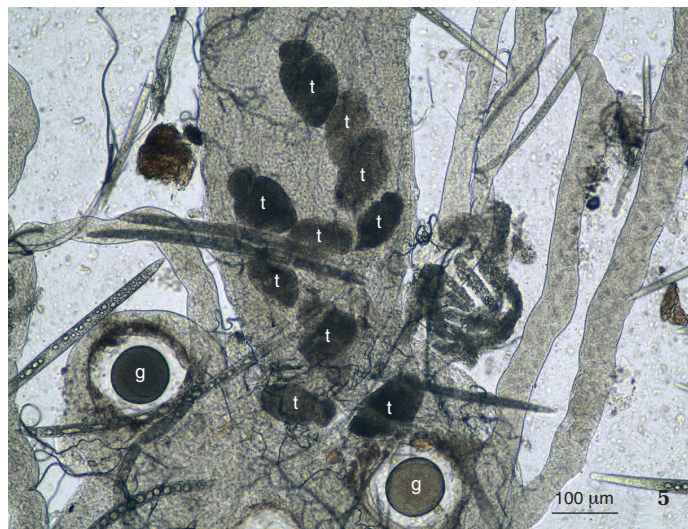
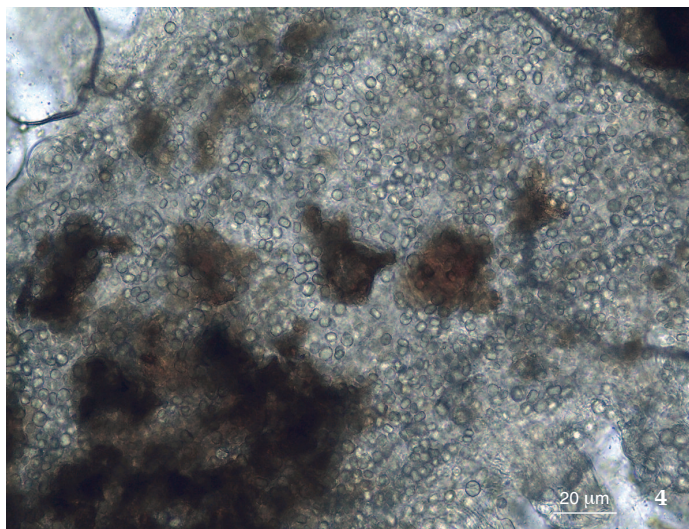
ných jedinců, v případě gonád vertikálně, přes rodičovskou generaci na potomky. Jinak se přenášejí i patogeny lokalizované v tukovém tělese, a to při rozpadu mrtvého nakaženého dospělého. Samotný přenos je pravděpodobnější až při velmi vysokých populačních hustotách, kdy se brouci mají větší šanci potkat. Tento jev bývá ještě umocněn u ambróziových brouků (živí se houbami rozkládajícími dřevo stromů, viz Živa 2004, 2: 73–75), kteří se s ostatními kůrovci setkávají pouze během rozmnožování – přenos patogenů je velmi nepravděpodobný a vede k absenci infekce v některých populacích. Tito kůrovci se totiž ani neprokousávají lýkem nebo dřevem, ale zůstávají na místě, kde se živí houbami zanesenými do vaječné niky.

Mezidruhový přenos nemocí u kůrovců, resp. lýkožroutů lze předpokládat především u druhů žijících na stejné hostitelské dřevině. Těto teorii napovídá i fakt, že řada běžných patogenů se vyskytuje u více druhů lýkožroutů. Podle předběžných výsledků molekulárních analýz se však zdá, že v určitých případech to budou samostatné druhy a dojde ke změně taxonomie (např. rodu *Chytridiopsis*). Některé druhy lýkožroutů tak budou hostit různé druhy patogenů, vzájemně podobných jak morfoloicky, tak životním cyklem.

Metodika odběru a analýzy

Donedávna neřešeným problémem byl správný odběr vzorků brouků pro reprezentativní zachycení infekčních nákaz patogenů. Teprve pak můžeme studovat jejich vliv na populační dynamiku kůrovců. Proto je důležité znát rozsah vzorků, které musíme odebrat, ale i čas odběru. U matečných brouků se totiž patogeny během vývoje předávají a namnožují. Např. u středních prvoků, jako je *Gregarina typographi*, se nákaza rodičovských brouků v požercích, které obývají společně, zvýší 2–3× během kladení vajíček (tedy za 6–10 týdnů). To znamená, že se stupeň infekce mění u skupiny brouků, která nalétla na strom ve stejné době.

Vzorky brouků odebíráme jednoduše pomocí exhaustoru (obr. 2). Potřebujeme získat alespoň 3–5 vzorků ze stanoviště (různé stromy) minimálně o 50 jedincích, pro dostatečné zmapování lokální variability populace. Mnozí autoři v minulosti odebírali brouky v různých obdobích, nebo



pouze jedince opouštějící napadené dříví, a tak mohla být řada patogenů přehlédnuta. Podobná situace nastává při odběru z feromonových lapačů, kdy musíme mít na paměti, že jedinci s endoparazitoidy a patogeny infikujícími tukové těleso mají sníženou schopnost mobility a zastoupení patogenů a těchto antagonistů bude prokazatelně nižší nebo mohou v lapačích chybět. Nejspolehlivější je odebrat brouky z napadených stromů, či je nalákat na stromové lapáky.

Jak už bylo uvedeno, vzhledem k silně chitinizovanému tělu a tmavému zbarvení kůrovců nemůžeme vidět vnější projevy onemocnění, jako je změna barvy a deformace, musíme vždy studovanou populaci analyzovat vyšetřením vnitřních orgánů, což představuje velice pracný proces. Dlouhodobě ale lze vzorky uchovat až po dobu několika let při teplotě -5 °C, aniž by došlo k poškození nebo zničení patogenů, a dále je analyzovat ve světelném mikroskopu.

Populační hustota hostitele a patogeny

Obecně se nejvíce patogenů vyskytuje v ohniscích se stabilně vyšší populační hustotou, což jsou horské oblasti České republiky. Na těchto místech bývá rozšířena např. virová nákaza ItePV, která se jinde objeví zřídka. Dokonce i mezi druhy na stejné hostitelské dřevině na stejných lokalitách se může hladina patogenů lišit, jak jsme zjistili např. u lýkožrouta smrkového a l. menšího (*I. amitinus*). Druhové spektrum patogenů bývá podobné, ale druhy lýkožroutů s nižšími populačními

hustotami a méně častými gradacemi mají také nižší infekční hladiny patogenů. Ovšem je nutno poznamenat, že i v dlouhodobě přemnožených populacích může některý z patogenů chybět, pokud absentoval v iničiální populaci a nebyl později vnesen migrujícími jedinci.

Lesnický management přispívá ke snižování početnosti kůrovců. Spolu s kůrovci jsou ale odvezením dřeva z biotopu rovněž odstraňováni i přirození nepřátelé. Právě snižování početnosti kůrovců vede k tomu, že se patogeny nemohou z ohnisek nákaz efektivně a dostatečně rychle šířit a v oblastech, kde se proti lýkožroutům zasahuje, se vyskytuje obecně méně druhů patogenů a často také v nižších infekčních hladinách. Při nižších populačních hustotách se jedinci stejné generace kůrovců potkávají mnohem méně, jednotlivé rodinné požerky jsou izolované a nekříží se ani při zralostním žíru dospívajících brouků. Infekční hladiny se udržují na poměrně stabilní úrovni nebo se dokonce snižují. V naší studii, kde jsme sledovali lýkožrouta smrkového a jeho populační růst (rozdíl populačních hustot dvou po sobě jdoucích generací) v závislosti na patogennosti (infekční hladina *Chytridiopsis typographi*), jsme při středních populačních hustotách nenalezli žádný prokazatelný vliv nemoci na populační růst kůrovců během 10 generací (Lukášová a kol. 2014).

Obdobné výsledky potvrzují i studie dlouho- a krátkodobých gradací ze Šumavy, kdy se infekční hladiny nemocí liší pouze u patogenů napadajících tukové

těleso, jako je prvek *Mattesia schwenkei*. Ale ani v tomto případě není vliv patogena na populaci zřejmý (včetně parazitoidů), vzhledem k tomu, že subpopulace v obou oblastech dosahují srovnatelného reprodukčního úspěchu. *M. schwenkei* se totiž rozvíjí až ke konci životního cyklu lýkožrouta a infikovaný brouk zůstává schopný se rozmnožit a založit novou generaci.

Závěrem

Do současnosti bylo u kůrovců popsáno jen několik desítek patogenů. Jejich použití v praktické ochraně lesa má mnohá úskalí. Vedle obtížné kultivace některých běžných patogenů je hlavním problémem komplikovaný přenos mezi jedinci stejné generace brouků i mezi generacemi. Lýkožrouti žijí izolovaným životem v rodinném požerku čítajícím jen málo jedinců a kontakt s dalšími brouky bývá pravidelný pouze v oblastech s přemnoženými populacemi. Neúčinnější patogeny navíc nepadají tukové těleso a gonády, přičemž ty jsou přenositelné až při rozpadu hostitelského těla a pozření novým hostitelem v rámci tvorby úživného žíru nebo nového požerku. Nejběžnější patogeny napadající trávicí soustavu a buňky střevního epitelu populační dynamiku kůrovců neovlivňují a jejich hladiny infekce jsou dlouhodobě stabilní. To je jeden z důvodů, proč současně známé patogeny zatím nebudou v tomto směru účinnými regulátory v ochraně lesa.

Použitá literatura uvedena na webu Živý.