



CHRADNUTIE BUKOVÝCH PORASTOV V STREDNEJ EURÓPE: VPLYV KLIMATICKÝCH ZMIEN, PATOGENOV A HMYZÍCH ŠKODCOV

Renata Artimová ▪ Marek Barta ▪ Miriam Kádasi-Horáková
Katarína Pastirčáková ▪ Christo Nikolov ▪ Juraj Galko

Artimová, R., Barta, M., Kádasi-Horáková, M., Pastirčáková, K., Nikolov, Ch., Galko, J.: Decline of beech stands in Central Europe: Impact of climate change, pathogens and insect pests. APOL, 2024, vol. 5, no. 1, p. 153–158.

Abstract: European beech (*Fagus sylvatica* L.) is a key tree species in Central European forests, but in recent years it has experienced increased decline, mainly due to warmer and drier weather conditions. This phenomenon increases the susceptibility of trees to various biotic stresses, including infection by pathogenic microorganisms and insect attack. Recent studies show that bacteria from the families Pectobacteriaceae and Enterobacteriaceae, which can act in synergy with bark insects such as the beech bark beetle (*Taphrorychus bicolor* Herbst), play an important role in beech dieback. This article summarises current knowledge on the aetiology of complex beech diseases and emphasises the need to integrate classical phytopathological approaches with modern sequencing technologies to identify pathogens and their relationship to ecological changes.

Key words: beech; pathogenic microorganisms; beech bark beetles

Buk lesný (*Fagus sylvatica* L.) je jednou z najdôležitejších drevín listnatých lesov v strednej Európe, pričom jeho rozsiahle porasty zohrávajú kľúčovú úlohu pri udržiavaní biodiverzity a ekologickej stability regiónu. Na Slovensku je najrozšírenejšou listnatou drevinou, pokrývajúcou 34,8 % lesnej plochy (Anonymous 2023). Buk bol donedávna považovaný za jednu z najodolnejších drevín voči chorobám a škodcom, avšak v posledných rokoch sa pozoruje zvýšené chradnutie bukových porastov (Mihál et al. 2015). Tento fenomén je obzvlášť výrazný v teplejších a suchších polohách. V dôsledku zvýšených teplôt, ktoré negatívne ovplyvňujú fyziologický stav stromov, sa zvyšuje ich zraniteľnosť voči biotickým stresom, ako sú napadnutie hmyzom a infekcie patogénnymi mikroorganizmami (Leuschner 2020).

Na niektorých bukoch pozorujeme častý výskyt charakteristických prasklín kôry, ktoré prekrývajú nekrotické pletivo vo vnútornej časti kôry. Z prasklín obyčajne vyteká tmavý exsudát (obr. 1). Stromy fyziologicky oslabené suchým a teplým počasím nedokážu odolávať infekcii, chradnú a odumierajú. Pri prvotnom skúmaní patogénov zodpovedných za odumieranie buka a výskyt typických nekrotických lézií kôry s výtokom miazgy boli v Nemecku identifikované huby *Neonectria coccinea*, *Diplodia corticola* a *Diplodia mutila* (Langer & Bußkamp 2023). Vlákňité mikroskopické huby však nemusia byť jedinými pôvodcami týchto príznakov. Zistilo sa, že sucho a teplo, ktoré je spájané s úhynom bukov podporuje oveľa viac progresiu bakteriálnych než hubových chorôb. Týka sa to predovšetkým baktérií z čeľade Pectobacteriaceae a Enterobacteriaceae, ktoré sa stali významnou hrozbou pre stromy na celom svete. Väčšina rodov z týchto čeľadí bolo izolovaných z drevín v rôznych lesných biotopoch (Denman et al. 2018; Ahmadi et al. 2020; Nones et al. 2022). Bola preukázaná deštruktívna schopnosť a príčinná súvislosť s ochorením stromov u baktérií *Brenneria goodwinii*, *Brenneria rosaea*, *Rahnella vicotriana*, *Gibsiella quecinecans*, *Brenneria nigrifluens* a iné. Ochorenie s podobnými symptómami bolo najviac preskúmané na duboch v rámci celej Európy, v Spojenom kráľovstve (Brady et al. 2017), Portugalsku (Fernandes et al. 2022), Poľsku (Tkaczyk et al. 2021), Lotyšsku (Zalkalns & Celma 2021), Slovensku (Tkaczyk et al. 2024), Španielsku (González & Ciordia 2020) a Taliansku (Carluccio et al. 2024). Zdá sa, že geografická oblasť, ktorá by mohla byť ovplyvnená týmito patogénmi je oveľa väčšia ako

sa doteraz uvádzalo (Tkaczyk 2023). Ochorenie dubov má rýchly a dynamický priebeh, ktorý môže viesť k úhynu stromov v priebehu 5 až 6 rokov (Denman et al. 2018). Okrem dubov, boli tieto patogény zistené na orechoch (Gašić et al. 2022), pagaštane konskom (Tenorio-Baigorria et al. 2022), figovníku (Basavand et al. 2021) a buku (Araeinejad et al. 2024).



Obrázok 1. Nekrotické lézie kôry buka lesného (orig. M. Barta)
Figure 1. Necrotic lesions of European beech bark (orig. M. Barta)

Ochorenie buka lesného manifestujúce charakteristickými nekrotickými léziami kôry nebolo zatiaľ bakteriologicky skúmané. Pri pilotných analýzach nekroz na kmeňoch buka sa nám v rokoch 2023 a 2024 podarilo potvrdiť prítomnosť baktérií z rodu *Brenneria* (Artimová et al., nepublikované). Predpokladá sa, že nekrozu pletív nespôsobuje len jeden druh mikroorganizmu, ale polymikrobiálny komplex (patobióm), t. j. komplexné zoskupenie organizmov, ktoré v synergii spôsobujú ochorenie hostiteľských rastlín (Bass et al. 2019). Tento mikrobiálny komplex maceruje pektínové spojivové pletivo buniek, čo má za následok vnútorné kôrové lézie na kmeňoch (Denman et al. 2018). Napríklad, v prípade ochorenia dubov, boli ako základ patobiómu identifikované tri spolupôsobiace druhy baktérií: *B. goodwinii*, *G. quercinecans* a *R. victoriana* (Denman et al. 2018) a dve z nich boli nedávno popísané aj na území Slovenska (Tkaczyk et al. 2024). V súčasnosti sa izolácia a laboratórna kultivácia týchto baktérií spája s poškodeným pletivom, a len veľmi málo sa vie o tom či sú tieto baktérie prítomné aj ako endofyty/epifyty v zdravých stromoch (Brady et al. 2017). Je dôležité pochopiť, odkiaľ baktérie pochádzajú, ich zdroj v prostredí pred infikovaním hostiteľských pletív. Je známe, že niektoré baktérie menia svoj endofytický spôsob života na patogénny pokiaľ sa zmenia podmienky prostredia a majú možnosť hostiteľa infikovať. Napríklad baktérie rodu *Xanthomonas* sp. sú schopné prežívať v rastlinných zvyškoch alebo v pôde, kým neinfikujú svojho hostiteľa. Druhy z rodu *Liberibacter* sú fytopatogénne vo floéme a zároveň sú endofyty v rastlinnom pletive (Santander et al. 2020).

V prípade odumierania dubov sa ukázalo, že rozvoj ochorenia je výsledkom komplexnej interakcie medzi patobiómom, podkôrnym hmyzom a prostredím (Denman et al. 2018). Je pravdepodobné, že v prípade ochorenia buka sa jedná o podobný mechanizmus. Jedným z významných hmyzích škodcov buka je lykožrút bukový, *Taphrorychus bicolor* (Herbst 1793) z čelade Curculionidae. Je to bežný druh v európskych lesoch s prirodzeným rozšírením v západnej Palearktíde, ktoré siaha na juh až po južnú Európu a na východ až po európsku časť Ruska. *T. bicolor* je podkôrný hmyz, ktorý sa živi kambiom buka lesného (*F. sylvatica* L.) (Harz & Topp 1999). Larvy aj dospelí jedinci majú podobné potravné návyky, vytvárajú pod kôrou požerky, čím môžu spôsobiť značné škody na hostiteľskom strome (Lakatos & Molnár 2009). V minulosti sa tento druh nepovažoval za významného škodcu a neboli preň stanovené žiadne kontrolné opatrenia. Predpokladalo sa, že žije na zvyškoch po ťažbe dreva. Napríklad v Nemecku sa napriek občasnému masovému premnoženiu v bukových lesoch nezistil žiadny dôkaz o napadnutí stojacich bukov (Simon 1995). Nové výskumy po roku 2000 však naznačujú, že *T. bicolor* Herbst môže spôsobiť značné škody na bukových porastoch, ktoré boli

riadne zdokumentované v juhozápadnom Maďarsku (Lakatos & Molnár 2009), v Srbsku (Mihajlović 2003), Čiernej Hore (Spaić & Stevanović 1991) a Nemecku (Delb 2005). Ohniská výskytu tohto druhu boli obzvlášť časté po teplých a suchých rokoch (Petercord 2008). Poškodenie zdravých stojacich stromov bolo zdokumentované v rôznych oblastiach Slovenska (Galko et al. 2023; Nikolov et al. 2023). Keď sú stromy atakované niekoľko rokov, lykožrút postupne prekonáva ich obranné mechanizmy, stromy chradnú a odumierajú. Lykožrút napáda porasty rôzneho veku, pričom začína od priemeru kmeňa 5 cm. V ranách kôry po zavrtaní lykožrúta sa miestami vytvárajú jazvy, ktoré umožňujú prienik patogénov do stromu. Následne je strom oslabený a zraniteľnejší voči útokom ďalších škodcov. Predpokladá sa, že *T. bicolor* Herbst ako samostatný škodca pravdepodobne neprekoná obranné mechanizmy stromu, ale ako prenášač rastlinných patogénnych mikroorganizmov môže významne prispieť k chradnutiu bukových porastov (Mihál et al. 2014; Corcobado et al. 2020). Zatiaľ nebol zdokumentovaný priamy dôkaz prenosu patogénneho mikrobiómu lykožrútom bukovým a výskytom nekrotických lézií kôry buka lesného. Lykožrút bukový však bol preukázaný ako vektor háďatka z rodu *Bursaphelenchus* (Tomalak et al. 2017).

Odhalenie zložitých interakcií medzi hositeľom, prostredím, hmyzom a patobiómom, ktoré sú základom etiológie komplexných chorôb drevín, je náročné, ale predstavuje veľkú medzeru v poznaní (Doonan et al. 2019). Procesy identifikácie pôvodcov ochorenia stromov si vyžadujú čas, od odberu vzoriek, mikrobiálnej izolácie, purifikácie, charakterizácie, identifikácie a opätovnej inokulácie až po splnenie Kochových postulátov. Tieto procesy sú potrebné a nevyhnutné pri fytopatologických prístupoch, ale spoliehajú sa najmä na kultivačné techniky, o ktorých je známe, že zachytávajú len malú časť mikrobiálnych spoločenstiev. Niektoré rastlinné patogény, dokonca aj dominantné, môžu byť prehliadnuté v závislosti od kultivačných médií a úsilia o izoláciu (Jayawardena et al. 2018). Technológie sekvenovania novej generácie (NGS) dosiahli veľký pokrok v detekcii a identifikácii rastlinných patogénnych mikróbov, ako aj iných funkčných skupín mikroorganizmov priamo v rôznych typoch environmentálnych vzoriek vrátane pôdy, koreňov, dreva a listov. Presnosť mikrobiálnej identifikácie je všeobecne akceptovaná na úrovni rodu, v závislosti od použitej techniky (typ sekvenátora, postup analýzy, primery atď.), bioinformatického spracovania a úplnosti použitých databáz je však možná aj identifikácia druhov z NGS (Aragona et al. 2022). Hoci výsledky zo samotného NGS nemožno použiť na splnenie Kochových postulátov, poskytujú rýchle a presné informácie o tom, ktoré mikróby sú prítomné a mohli by potenciálne spôsobiť ochorenia (Barba & Hadidi 2015). Kombinácia klasických a NGS prístupov umožní získať hlboký pohľad do trojstrannej interakcie medzi rastlinou, hmyzom a patogénnymi mikroorganizmami.

Literatúra

- Ahmadi, E., Kowsari, M., Azadfar, D., Jouzani, G. S., 2020: Cultivable bacteriome dynamics in different Persian oak tissues and soil during Oak Decline Syndrome development in Iran. *Authorea*. Dostupné na <https://doi.org/10.22541/au.158212881.12406420>.
- Anonymous, 2023: Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike za rok 2022 – Zelená správa. Bratislava, Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja vidieka Slovenskej republiky, Národné lesnícke centrum, 66 s.
- Araeinejhad, M.-H., Charkhabi, N. F., Brady, C., Rahimian, H., 2024: Reliable and specific detection and identification of *Brenneria goodwinii*, the causal agent of oak and oriental beech decline. *Frontiers in Forests and Global Change*, 7:1325897.
- Aragona, M., Haegi, A., Valente, M. T., Riccioni, L., Orzali, L., Vitale, S. et al., 2022: A. New-Generation Sequencing Technology in Diagnosis of Fungal Plant Pathogens: A Dream Comes True? *Journal of Fungi*, 8:737.
- Barba, M., Hadidi, A., 2015: An overview of plant pathology and application of next-generation sequencing technologies. *CABI Reviews*, 1–21.
- Basavand, E., Khodaygan, P., Rahimian, H., Doonan, J. M., Pakdin-Parizi, A., 2021: First report of bacterial canker of fig trees caused by *Brenneria nigrifluens*. *Journal of Phytopathology*, 169:429–437.

- Bass, D., Stentiford, G. D., Wang, H., Koskella, B., Tyler, Ch. R., 2019: The Pathobiome in Animal and Plant Diseases. *Trends in Ecology & Evolution*, 34:996–1008.
- Brady, C., Arnold, D., McDonald, J., Denman, S., 2017: Taxonomy and identification of bacteria associated with acute oak decline. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 33:143.
- Carluccio, G., Sabella, E., Greco, D., Vergine, M., Delle Donne, A. G., Nutricati, E. et al., 2024: Acute and Chronic Oak Decline in urban and forest ecosystems in Southern Italy. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, cpae011.
- Corcobado, T., Cech, T. L., Brandstetter, M., Daxer, A., Hüttler, C., Kudláček, T. et al., 2020: Decline of European Beech in Austria: Involvement of *Phytophthora* spp. and Contributing Biotic and Abiotic Factors. *Forests*, 11:895.
- Delb, H., 2005: Rindenbrüter an Buchen nach der trocken-heißen Witterung im Sommer 2003. In: Dujesiefken, D., Kockerbeck, P. (eds.): *Jahrbuch der Baumpflege 2005*. Braunschweig, Thalacker Verlag, p. 203–207.
- Denman, S., Doonan, J., Ransom-Jones, E., Broberg, M., Plummer, S., Kirk, S. et al., 2018: Microbiome and infectivity studies reveal complex polyspecies tree disease in Acute Oak Decline. *The ISME Journal*, 12:386–399.
- Doonan, J., Denman, S., Pachebat, J. A., McDonald, J. E., 2019: Genomic analysis of bacteria in the Acute Oak Decline pathobiome. *Microbial Genomics*, 5: e000240.
- Fernandes, C., Duarte, L., Naves, P., Sousa, E., Cruz, L., 2022: First report of *Brenneria goodwinii* causing acute oak decline on *Quercus suber* in Portugal. *Journal of Plant Pathology*, 104:837–838.
- Galko, J. et al., 2023: Výstupy NLC pre lesnícku prax V. Zvolen, Národné lesnícke centrum, 44 s.
- Gašić, K., Zlatković, N., Kuzmanović, N., 2022: Polyphasic study of phytopathogenic bacterial strains associated with deep bark canker of walnut in Serbia revealed a new species, *Brenneria izbisi* sp. nov. *Frontiers in Plant Science*, 13:1055186.
- González, A. J., Ciordia, M., 2020: *Brenneria goodwinii* and *Gibbsiella quercinecans* isolated from weeping cankers on *Quercus robur* L. in Spain. *European Journal of Plant Pathology*, 156:965–969.
- Harz, B., Topp, W., 1999: Totholz im Wirtschaftswald: eine Gefahrenquelle zur Massenvermehrung von Schadinsekten? *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 118:302–313.
- Jayawardena, R. S., Purahong, W., Zhang, W., Wubet, T., Li, X., Liu, M. et al., 2018: Biodiversity of fungi on *Vitis vinifera* L. revealed by traditional and high-resolution culture-independent approaches. *Fungal Diversity*, 90:1–84.
- Lakatos, F., Molnár, M., 2009: Mass mortality of beech (*Fagus sylvatica* L.) in South-West Hungary. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 5:75–82.
- Langer, G. J., Bußkamp, J., 2023: Vitality loss of beech: a serious threat to *Fagus sylvatica* in Germany in the context of global warming. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 130:1101–1115.
- Leuschner, C., 2020: Drought response of European beech (*Fagus sylvatica* L.) – A review. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 47:125576.
- Mihajlović, Lj., 2003: Insect Pests in Beech Forests in Serbia. *Šumarstvo*, 1–2:73–84.
- Mihál, I., Cicák, A., Tsakov, H., 2014: Selected biotic vectors transmitting beech bark necrotic disease in Central and South-Eastern Europe. *Folia Oecologica*, 41:62–74.
- Mihál, I., Cicák, A., Tsakov, H., 2015: Beech bark necrotic disease (*Fagus sylvatica* L.) of tracheomycotic type in Central and South-eastern Europe. *Journal of Forest Science*, 61:7–17.
- Nikolov, Ch., Galko, J., Barta, M., Pastirčáková, K., Kádasi-Horáková, M., Kunca, A. et al., 2023: A new pest in beech stands of Slovakia: Evaluation and proposal of control methods against *Taphrorychus bicolor* – project APVV-22-0545. *APOL*, 4:93–97.

- Nones, S., Fernandes, C., Duarte, L., Cruz, L., Sousa, E., 2022: Bacterial community associated with the ambrosia beetle *Platypus cylindrus* on declining *Quercus suber* trees in the Alentejo region of Portugal. *Plant Pathology*, 71:966–979.
- Petercord, R., 2008: Zukünftige Gefährdung der Rotbuche durch rinden- und holzbrütende Käfer in Baden-Württemberg (Future endangerment of the European beech by bark and wood boring beetles in Baden-Württemberg). *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie*, 16:247–250.
- Santander, R. D., Català-Senent, J. F., Figàs-Segura, À., Biosca, E. G., 2020: From the roots to the stem: unveiling pear root colonization and infection pathways by *Erwinia amylovora*. *FEMS Microbiology Ecology*, 96: faa210
- Simon, M., 1995: Investigations into bark beetles (Coleoptera, Scolytidae) living on beech (*Fagus sylvatica*). *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie*, 10:161–165.
- Spaić, I., Stevanović, M., 1991: Scolytidae (Insecta, Coleoptera). CANU, posebna izdanja: Fauna Durmitora, 4:161–179.
- Tenorio-Baigorria, I., Botyánszki, G., Gyuris, R., Zsigó, G., Palkovics, L., Végh, A., 2022: *Brenneria nigrifluens* Isolated from *Aesculus hippocastanum* L. Bark in Hungary. *Forests*, 13:227.
- Tkaczyk, M., Celma, L., Ruņģis, D. E., Bokuma, G., 2021: First report of *Brenneria goodwinii* and *Gibbsiella quercinecans* bacteria, detected on weaken oak trees in Poland. *Baltic Forestry*, 27:563.
- Tkaczyk, M., 2023: Bioclimatic variables and their impact on the potential distribution of *Brenneria goodwinii* in Europe. *Forest Pathology*, 53:e12820.
- Tkaczyk, M., Sikora, K., Galko, J., 2024: First report of bacteria causing Acute Oak Decline on *Quercus robur* in Slovakia. *European Journal of Plant Pathology*, 169:113–120.
- Tomalak, M., Malewski, T., Gu, J., Fa-Qiang, Z., 2017: Description of *Bursaphelenchus taphrorychi* sp. n. (Nematoda: Parasitaphelenchidae), the Second *Bursaphelenchus* Species from Larval Galleries of the Beech Bark Beetle, *Taphrorychus bicolor* (Herbst) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), in European Beech, *Fagus sylvatica* L. *Nematology*, 19:1217–1235.
- Zalkalns, O., Celma, L., 2021: The distribution of bacteria *Gibbsiella quercinecans* and *Brenneria goodwinii* in oak (*Quercus robur* L.) stands in Latvia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 875:012033.

Podakovanie

Tento článok vznikol vďaka podpore výskumného projektu Agentúry na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-22-0545 „Nový škodca v bučinách na Slovensku: Výskum metód ochrany lesa proti lykožrútovi bukóvemu (*Taphrorychus bicolor*)“

ADRESA

Ing. Renata Artimová, PhD., Ing. Marek Barta, PhD., Ing. Miriam Kádasi-Horáková, PhD.,
Mgr. Katarína Pastirčáková, PhD.
Ústav ekológie lesa SAV, v. v. i.
Oddelenie fytopatológie a mykológie
Akademická 2
SK-949 01 Nitra
e-mail: artimova@ife.sk

Ing. Christo Nikolov, PhD., Ing. Juraj Galko, PhD.
Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen
Lesnícka 11
SK-969 01 Banská Štiavnica
e-mail: christo.nikolov@nlcsk.org, juraj.galko@nlcsk.org